

Sim. Rep. CABO-TT No. 6

Wageningen, 1985

Simulation Reports CABO-TT

Simulation Reports is a series of supplementary information concerning simulation models in agriculture which have been published elsewhere. Knowledge of those publications will in general be a prerequisite for studying the supplementary information in these reports.

Simulation Reports may contain improvements of simulation models, new applications, or translations of the programs into other computer languages.

Simulation Reports are issued by CABO-TT and available on request.

Announcements of Reports in this series will be issued regularly. Addresses of those who are interested in the announcements will be put on the mailing list on request.

CABO-TT
Bornsesteeg 65
P.O. Box 14
6700 AA WAGENINGEN
The NETHERLANDS

CENTRUM VOOR AGROBIOLOGISCH ONDERZOEK (CABO)
Centre for Agrobiological Research

VAKGROEP THEORETISCHE TEELTKUNDE (TT), Landbouwhogeschool
Department of Theoretical Production Ecology, Agricultural University.

<u>INHOUD</u>	<u>BLADZIJDE</u>
1. Inleiding	5
2. Materiaal en methoden	7
2.1 Veldonderzoek	7
2.2 Simulatietechniek	8
2.3 Gebruik van het model	9
3. Overzicht van het model	11
3.1 Het ontwikkelingsstadium	11
3.2 Het gewichtsverloop van de plante-organen	11
3.2.1 Het blad	12
3.2.2 De stengel	12
3.2.3 De bloem	13
3.2.4 De klisters	13
3.2.5 De moederbol	14
3.3 De koolstofbalans	14
3.3.1 De fotosynthese	14
3.3.2 De ademhaling	15
3.4 Temperatuur en straling	15
3.5 De uitvoer	15
4. Gedetailleerde beschrijving van het model	16
4.1 Het ontwikkelingsstadium van de plant	16
4.2 De ontwikkelingssnelheid	18
4.3 De groeiprocessen	19
4.3.1 De bladeren	20
4.3.2 De stengel	23
4.3.3 De bloem	24
4.3.4 De klisters	25
4.3.5 De moederbol	30
4.3.6 De wortels	31
4.4 De koolstofbalans	32
4.4.1 De fotosynthese	32
4.4.2 Het bladoppervlak	34
4.4.3 De respiratie	35
4.4.4 Toename drooggewicht	36
4.5 De omgevingsfactoren	36
4.5.1 De temperatuur	36
4.5.2 De globale straling	37

INHOUD

BLADZIJDE

4.6 Simulatie runs en output specificaties	38
4.6.1 De tijd en dagen van het jaar	38
4.6.2 De "print" en "output" opdrachten	38
5. Resultaten en bespreking	41
5.1 Oogstprognose voor 1984	41
5.2 Oogstprognoses voor 1980	43
5.3 Grafische weergave van de prognoses voor 1984 en 1980	44
5.4 Eindoogsten 1984 gespecificeerd	45
5.4.1 Plantgoed en leverbaar in kg	45
5.4.2 Het aantal leverbare bloembollen per ziftmaat	46
5.5 Het model als groeimodel voor het gehele seizoen	46
6. Conclusies en aanbevelingen	47
7. Literatuur	49
Tabellen	51
Figuren	68
Verklarende woordenlijst bij het model TUCROS	75
Het model TUCROS	79

1. INLEIDING

De te verwachten oogst aan tulpebollen is ieder jaar weer een bron van geruchten. In het ene jaar zijn de geruchten van een slechte opbrengst gedeeltelijk waar, terwijl in andere jaren het gerucht geheel bezijden de waarheid is. Deze geruchtenstroom heeft veel invloed op de in- en verkoopprijs van de tulpebollen. Ten einde de speculatie te verminderen is in de loop der jaren onderzoek verricht naar de groeipatronen van de tulp onder veldomstandigheden (Benschop, 1980a; Koster, 1980). Dit hield in, dat het eindoogstgewicht van de bollen gerelateerd werd aan de voorbehandeling, de temperatuur en de globale straling, terwijl andere factoren zoals de grondwaterstand, de bemesting en de grondsoort geheel buiten beschouwing gelaten werden.

Uit bestudering van de groeipatronen van de tulp kan ook de handelswaarde van een cultivar afgeleid worden. Het verdelingspatroon van de assimilaten speelt hierbij een belangrijke rol. Na april, als de klisters in de geplante bol beginnen te groeien, zal een steeds groter deel van de assimilaten naar de klisters gaan. Het aantal klisters is afhankelijk van de geplante bolmaat en van het aantal bolrokken in de bol. Gemiddeld zal in iedere bolrok een klister zitten, die kan uitgroeien tot een nieuwe bol. De grootte (omvang) van de nieuwe bol bepaalt de handelswaarde. Is de omvang kleiner dan 10 cm, dan wordt de bol gerekend tot het "plantgoed". Bollen groter dan 10 cm zijn "leverbaar" en worden op grootte gesorteerd in de maten 10-11 cm, 11-12 cm en in het algemeen 12 cm en groter. De handel brengt een zeer duidelijk onderscheid aan tussen "plantgoed" en "leverbaar". Het plantgoed wordt verkocht per kg en bestaat uit een mengsel van bolmaten tussen 6 en 10 cm. Het grootste gedeelte behoort tot de klasse 8-10 cm, waaruit leverbare bollen kunnen groeien. De leverbare bollen worden per stuk verhandeld. De prijsnotering is echter altijd per 100 stuks. De prijs van een bol met een bolmaat van 12 cm en groter is hoger dan van een bol van 10-11 cm. Een grote bol is bruikbaar van eind november tot laat in het voorjaar, terwijl de kleinere maten gebruikt kunnen worden vanaf later in het jaar tot in het voorjaar.

Schenk (1969) wijst erop, dat de bolontwikkeling een lagere temperatuur (12-15°C) vereist, terwijl de bovengrondse delen een hogere temperatuur verlangen, met een optimum tussen 15 - 20°C. Kraaijenga (1960) vond een positieve correlatie tussen de lucht- en bodemtemperatuur in het vroege voorjaar en de groei van het gewas. Na mei, bij temperaturen hoger dan 20°C werd een negatieve correlatie gevonden. Boven 20°C werd in die periode een

lagere fotosynthetische activiteit gevonden gepaard gaande met een verhoogde ademhalingsactiviteit (Benschop, 1980b).

Gezien de complexiteit van de samenhangen en de interactie van factoren die invloed hebben op de produktie hebben Rees en Thornley (1973) een eenvoudig simulatiemodel van een tulpgewas te velde ontwikkeld. Het model is gebaseerd op twee omgevingsfactoren namelijk de bodemtemperatuur op 0.1 m diepte en de fotosynthetisch actieve straling (PAR). Door slechts de bodemtemperatuur in de waarnemingen te betrekken, worden grote fluctuaties zoals die bij de luchttemperatuur voorkomen, buiten beschouwing gelaten.

Het is voor de handel dus belangrijk tijdig te weten hoeveel leverbare bollen er geoogst kunnen worden en hoe de verdeling over de diverse bolmaten is.

De vraagstelling is nu: Is het mogelijk de groei en ontwikkeling van de belangrijkste organen van de tulp te kwantificeren? Zo ja, is het mogelijk in de loop van het groeiseizoen een redelijke voorspelling te maken van de hoeveelheid plantgoed en het aantal stuks leverbare bollen in de diverse grootte-klassen, gebaseerd op globale straling en lucht- en bodemtemperaturen? Wegens de complexe achtergrond van de vraag is gekozen voor het ontwerpen van een simulatiemodel, omdat op geen andere wijze zoveel geïntegreerd kan worden. Het onderzoek richt zich op een veldgewas. Hierbij wordt de behandeling gedurende de zomermaanden vóór het planten als een constante beschouwd.

Het doel van deze modelmatige aanpak is de integratie van informatie over de relevante processen die zich afspelen in de plant en de invloed van de externe factoren op die processen. Daarnaast om te komen tot oogstvoorspellingen door extrapolatie van de resultaten verkregen met het model. De modelmatige benadering kan verlopen in verschillende fasen. De eerste fase is het uitwerken van de koolstofbalans. Dit zijn o.a. de gewichtsveranderingen die zich voordoen in de diverse organen. Deze veranderingen zijn te combineren met een grootteverdeling bij de oogst. Een volgende fase, die hier niet is uitgewerkt, zou kunnen zijn de stikstofbalans gevolgd door de waterhuishouding.

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1 Veldonderzoek.

Voor het onderzoek werd gebruik gemaakt van de tulpecultivar "Apeldoorn". Deze cultivar neemt in oppervlakte in ons land de eerste plaats in en op het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek te Lisse waren reeds gegevens voorhanden over deze cultivar. Voor de broeierij is "Apeldoorn" ook een van de belangrijkste cultivars.

Deze economische achtergronden waren een overweging om het onderzoek met bovengenoemde cultivar uit te voeren, waarbij bolmaat 9-10 cm als uitgangsmateriaal is gekozen. Deze bolmaat heeft gemiddeld 3 tot 4 bolrokken. In de oksel van iedere bolrok zit één of meer klisters, die kunnen uitgroeien tot nieuwe bollen. De klister naast de stengel groeit uit tot een nieuwe hoofdbol met een omvang van 10 cm of meer, d.w.z. een leverbare bol, terwijl de andere klisters uitgroeien tot een bol met een kleinere omvang, en dus behoren tot het plantgoed. De bollen werden in die jaren in de week 47 geplant op dwarsregels van 1.02 m. Per dwarsregel kwamen 15 bollen. Dit is de geadviseerde plantdichtheid voor deze cultivar. De afstand tussen de dwarsregels bedroeg 0.175 m. De plantdiepte bedroeg 0.10-0.15 m. De beplante oppervlakte per ha is 72%, de resterende 28% gaat verloren door paden, kopeinden, wendakkers etc. Ter voorkoming van bevrizing en ook ter voorkoming van stuiven werd een licht strodek aangebracht.

Afhankelijk van het winterseizoen kwamen de spruiten in februari-maart boven de grond. Eind april, begin mei bloeien de tulpen. De bloem werd verwijderd, als fyto-sanitaire maatregel.

De periode van sterke toename in gewicht van de klisters begint na de bloei. In de praktijk worden in juni-juli de clusters, gegroeid uit de geplante bol, geoogst. De restanten van de oude bol worden verwijderd. De klisters worden gesorteerd naar omvang en een scheiding wordt aangebracht tussen leverbaar en plantgoed. Het tijdstip van sorteren heeft een geringe invloed op de omvang. Na de oogst treedt altijd een geringe krimp op als gevolg van vochtverlies. Dit verschijnsel treedt op in het begin van de bewaarperiode.

Naast organische mest, eenmaal in de drie jaar, wordt ieder jaar ongeveer 200 kg stikstof (N) gegeven op de zandgronden in de bloembollenstreek. De gift wordt gesplitst gegeven. In het najaar 700 kg 7-14-28 mengmeststof ha⁻¹ en in het voorjaar 420 kg KAS ha⁻¹ in twee giften. Men gaat uit van een voorraadbemesting van 70 kg N ha⁻¹.

Ter evaluatie van het model werden iedere 14 dagen 30 bollen geoogst, gewogen en onderverdeeld in de diverse organen: stengel, blad, bloem, bolrokken, bolbodem, wortels, klisters en hoofdbol. Het drooggewicht van deze organen werd bepaald na 16 h 80°C en 48 h 105°C. De droging werd uitgevoerd in een goed geventileerde oven.

2.2 Simulatietechniek

Veranderingen in gewicht, lengte enz. kunnen weergegeven worden in vergelijkingen. Voor gewichtsveranderingen kan de volgende formule gebruikt worden:

$$Y_t = Y_{t-1} + \frac{\Delta Y}{\Delta t} \times \Delta t$$

waarin staat, dat het gewicht op tijdstip t gelijk is aan het gewicht op het voorgaande tijdstip ($t-1$), vermeerderd met de groeisnelheid ($\frac{\Delta Y}{\Delta t}$) gedurende het tijdsinterval Δt . Het is voortdurend opwaarderen en integreren. In de simulatietechniek wordt bovenstaande formule als volgt weergegeven:

$$WGT = \text{INTGRL} (IWGT, GR)$$

$$GR = WGT \times RGR$$

waarin INTGRL staat voor integraal, IWGT voor het gewicht als het proces start en GR de groeisnelheid is. De groeisnelheid GR wordt gedefinieerd als het gewicht WGT vermenigvuldigd met de relatieve groeisnelheid RGR. De RGR kan een constante zijn, wat betekent dat de groei exponentieel is. De geïntegreerde vorm wordt dan:

$$WGT = IWGT \times e^{RGR \times t}$$

Daarentegen kan de RGR ook afhankelijk zijn van het ontwikkelingsstadium van de plant, en is dan niet constant. Dat wordt in de simulatietechniek als volgt beschreven (in dit voorbeeld):


```
RGR = AFGEN(RGRTB,DVSP)
FUNCTION RGRTB = 0.0,0.0,0.7,0.3,1.0,0.7,1.2,0.4,1.7,0.0,2.0,0.0
```

De RGR is hierin afhankelijk van het ontwikkelingsstadium DVSP. AFGEN is een "Arbitrary Function GENERator". De groeisnelheid is weergegeven in een grafiek (fig. 1) als functie van het ontwikkelingsstadium. De FUNCTION geeft de tabel (RGRTB) waaruit de grafiek ontwikkeld is.

Zo is het mogelijk alle groeiprocessen, die bekend en relevant zijn, te simuleren. Gesimuleerd wordt het ontwikkelingsstadium en de groei en ontwikkeling van de diverse organen van de tulp. De twee belangrijkste processen, namelijk de fotosynthese en de ademhaling, zijn in het model verwerkt.

Het model werkt met tijdstappen van 1 dag. De veranderingen in het gewicht of in het stadium worden per 5 dagen opgevraagd en afgedrukt. De hierboven genoemde onderdelen en methoden zullen in de volgende hoofdstukken uitgewerkt worden.

2.3 Gebruik van het model

- Het simulatiemodel kan op tweeërlei wijzen gebruikt worden, namelijk
- a) voor het gehele groeiseizoen
 - b) voor prognoses over de opbrengst, in de loop van het groeiseizoen.

Bij gebruik voor het gehele groeiseizoen wordt het model geïnitieerd bij het planten met alle standaardgegevens die nodig zijn. Stralingsgegevens, lucht- en bodemtemperaturen van het betreffende seizoen worden ingevoerd, benevens de gegevens verkregen uit periodieke oogsten. Het model wordt op deze manier gebruikt als een evaluatiemodel.

Voor oogstprognoses worden gegevens van een deel van het groeiseizoen gebruikt. De nadruk ligt op de groei van de klusters en de verdeling van deze klusters over de diverse bolmaten. De belangrijkste gegevens, die ingevoerd moeten worden, zijn de straling en temperatuur. De groei en ontwikkeling van de bovengrondse organen zijn in dit geval van minder belang, maar het verschil tussen het berekende en het uiteindelijk te oogsten drooggewicht van de klusters moet minimaal zijn.

Voor de prognoses gedurende het groeiseizoen zijn de straling en de temperaturen van voorgaande jaren nodig, want de oogst van zowel een gemiddeld jaar als van een zeer goed of van een zeer slecht jaar moet berekend kunnen worden. Als basis voor de stralings- en temperatuurgegevens

gelden de decadecijfers van de jaren 1970-1983. Per jaar werd van iedere decade de gemiddelde straling en temperatuur berekend. Vervolgens werd per decade ook de gemiddelde straling en temperatuur van die 13 jaar berekend. Deze laatste cijfers werden de gemiddelde decaden. Het jaar dat de meeste gemiddelde decaden had werd het gemiddelde jaar (AVY).

Door deze berekeningen konden ook de extremen gevonden worden van zeer hoge straling en zeer hoge temperaturen en zeer lage temperaturen en zeer lage straling. Er werden combinaties gemaakt van hoge straling gecombineerd met hoge bodem- en luchttemperatuur (HIHI), hoge globale straling gecombineerd met lage bodem- en luchttemperatuur (HILO), lage globale straling en hoge bodem- en luchttemperatuur (LOHI) en lage globale straling en lage bodem- en luchttemperatuur (LOLO). Deze combinaties zijn gemaakt uit gegevens afkomstig uit 13 jaren. Het betekent, dat de straling afkomstig kan zijn uit het ene jaar, terwijl de bodem- en luchttemperatuur uit een ander jaar kunnen zijn. De bodem- en luchttemperatuur zijn aan elkaar gekoppeld.

De zo gemaakte combinaties zijn niet specifiek voor Nederland. De combinaties HIHI en HILO zullen zo goed als nooit in Nederland voorkomen. Toch is een combinatie zoals HILO nodig, omdat hiermede de minimumoogst voorspeld kan worden. De maximale oogst wordt voorspeld met de combinatie LOHI.

Bovenstaande combinaties vertonen geen afwisseling in temperatuur en straling. In werkelijkheid wisselen "koude" en "warme" dagen elkaar af net zoals "bewolkte" en "onbewolkte" dagen. Het gemiddelde jaar (AVY) geeft in principe de meest reële prognose voor een eindoogst, indien deze prognose vroeg in de maand mei gemaakt wordt.

Er wordt gesimuleerd vanaf de eerste proefoogstdag. Gedurende het groeiseizoen worden steeds meer de werkelijk waargenomen waarden van temperatuur en globale straling ingevoerd. Dit betekent, dat de prognose-uitkomsten meer de werkelijkheid zullen benaderen en ook aan elkaar gelijk worden.

Bij de eerste oogstprognose zal met de combinaties HIHI en HILO een zeer kort groeiseizoen voorspeld worden met als gevolg een lage opbrengst. Daarentegen zullen de combinaties LOHI en LOLO een lang groeiseizoen voorspellen met een goede eindopbrengst. Met een tweede proefoogst zal de oogstdatum in de combinaties HIHI en HILO verlegd worden en tot een hogere opbrengst leiden, terwijl de twee andere combinaties eventueel een korter groeiseizoen kunnen voorspellen met een verlaging in de eindopbrengst. Dit proces wordt verscheidene malen herhaald tijdens het seizoen. Het zal

uiteindelijk resulteren in een samenvallen van de prognoses van de combinaties HIHI en HILO met die van LOHI en LOLO.

Zodra de prognose van het eindgewicht bekend is, kan uit dit eindgewicht de verdeling van de klusters over de diverse bolmaten berekend worden en ook de aantallen bollen. Dit zal verder in het stuk uitgewerkt worden.

3. OVERZICHT VAN HET MODEL

In dit overzicht wordt in algemene lijnen het model beschreven om in een later stadium de gedetailleerde processen te behandelen.

Gesimuleerd worden:

het ontwikkelingsstadium

het gewichtsverloop van de plante-organen

de koolstofbalans

Andere onderdelen van het model, die niet gesimuleerd worden, zijn de stralings- en temperatuurgegevens.

3.1 Het ontwikkelingsstadium

Gedurende de levenscyclus van de tulp doorloopt de plant diverse stadia. Deze zijn gekozen als uitgangspunt voor het model. Sommige stadia zijn zeer duidelijk aan te geven zoals opkomst en de bloei van de tulp. Andere stadia zoals het gekozen planttijdstip, en het oogsttijdstip zijn gebaseerd op ervaring. De snelheid van de veranderingen, die zich voordoen in de diverse stadia, worden beïnvloed door zowel de bodem- als de luchttemperatuur. Het ontwikkelingsstadium is van belang voor de verdeling van de assimilaten (en redistributie) over de diverse organen van de tulp. Het ontwikkelingsstadium wordt gesimuleerd als functie van de temperatuur.

3.2. Het gewichtsverloop van de plante-organen

De gewichtsveranderingen van de belangrijkste organen van de tulp worden gesimuleerd. Deze zijn de bladeren, de stengel, de bloem, de klusters als één geheel en de oude bol (moederbol). De gewichtsveranderingen van deze organen zijn afhankelijk van de translocatie van assimilaten uit de moederbol in de periode van planten tot juist na opkomst, de verdeling van de assimilaten uit de fotosynthese en in een nog later

stadium de translocatie van koolhydraten vanuit de bladeren en de stengel naar de klisters.

3.2.1 Het blad

De bladeren worden als een eenheid gesimuleerd en niet als 3 of 4 afzonderlijke bladeren. De groeisnelheid van de jonge bladeren is afhankelijk van de aanvoersnelheid en de verdeling van de assimilaten over de diverse organen. De verdeling wordt bepaald door het ontwikkelingsstadium van de plant. Uit waarnemingen, verkregen uit groeianalyses, blijkt, dat het specifiek bladgewicht (gewicht / oppervlakte eenheid) gedurende de maanden april, mei en begin juni zo goed als constant is. Dit gegeven is gebruikt als basis voor het berekenen van het bladoppervlak. Iedere toename in drooggewicht gaat gepaard met een evenredige toename in oppervlakte. Aan het einde van het groeiseizoen neemt door translocatie van de koolhydraten het bladgewicht af. Er is aangenomen dat het oppervlak van de bladeren tot aan het einde van het groeiseizoen constant blijft en daardoor ook de "leaf area index" (LAI). Uit waarnemingen verkregen uit groeianalyses blijkt dat deze aanname niet geheel juist is. De translocatie van de koolhydraten vanuit de bladeren naar de klisters begint na het bereiken van een bepaald ontwikkelingsstadium van de plant en is temperatuurafhankelijk. Temperaturen van 20°C en hoger in juni verkorten de "leaf-duration" (Benschop, 1980^b; Kraaijenga, 1960). Uit waarnemingen is niet duidelijk of de afname in gewicht lineair of exponentieel verloopt. Er wordt aangenomen, dat de translocatie bij verhoging van de temperatuur met 10°C tweemaal zo snel verloopt. Door middel van een Q_{10} formule, gestandaardiseerd bij 15°C is de translocatie in het model ingebracht.

3.2.2 De stengel

Het gewicht van de stengel vertoont een sterke toename na de bloei tot eind mei-begin juni. Daarna vindt translocatie plaats van de koolhydraten naar de klisters. Daar de stengel ook deelneemt aan het fotosyntheseproces (Benschop en Van der Valk, 1984) wordt het specifiek stengeloppervlak ingevoerd. Er wordt verondersteld, dat dit specifiek stengeloppervlak, in tegenstelling tot dat van de bladeren, constant is gedurende het groeiseizoen vanaf half maart (opkomst) tot het oogsten.

3.2.3 De bloem

De kleur van de bloem van tulpecultivar "Apeldoorn" is rood. Bij opkomst is de knop nog groen en deze blijft groen tot 3-4 dagen voor de bloei. De kleuromslag is temperatuurafhankelijk. Zolang de knop groen is levert deze ook een bijdrage aan de fotosynthese.

Tijdens de kleurverandering vindt een sterke toename plaats in gewicht en in oppervlakte. Wegens het geringe oppervlak van de bloem ten opzichte van de bladeren en de stengel, wordt aangenomen dat de bijdrage van de bloem aan de fotosynthese niet vermindert tijdens de kleuromslag.

Van groter belang is het stadium waarin de bloem wordt verwijderd. Staat de bloem te lang op de stengel dan leidt dit tot beschaduwing en zo tot een verlaging in de produktie van assimilaten. Bij een globale straling van $700 \text{ J m}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ kan dit ongeveer 20% bedragen (Benschop, 1980^b). Het is tevens uit fyto-sanitair oogpunt geweest om de bloem te verwijderen. Gebeurt dit niet, dan is de kans op ziekten groter en daardoor een eerder afsterven van de spruit.

3.2.4 De klisters

In de geplante bolmaat, 9-10 cm omvang, van de tulpecultivar "Apeldoorn" zijn gemiddeld 3-4 klisters aanwezig. De klister naast de stengel groeit uit tot de hoofdbol.

De groeisnelheid van de klisters is aanvankelijk laag, maar neemt na half april sterk toe, als gevolg van de sterke verandering in de verdeling van de assimilaten ten gunste van de klisters en tevens door de translocatie van assimilaten vanuit de bladeren en de stengel.

De hoofdbol neemt na half april sterk in gewicht toe. Bij de oogst is het gewicht van de hoofdbol groter dan het totale gewicht van de overige klisters. Het totale gewicht van de bollen gezamenlijk wordt eerst gesimuleerd. Daarna wordt met behulp van een verdelingstabel, gebaseerd op het oogstgewicht per plant, een verdeling van de totale oogst over de diverse ziftmaten berekend (Tabel 2). Deze gegevens zijn specifiek voor de tulpecultivar "Apeldoorn". Geringe verschuivingen kunnen voorkomen, hoogstwaarschijnlijk door jaarinvloeden en het gebruikte plantmateriaal. Andere cultivars hebben een ander specifiek verdelingspatroon (Bruin, Van der Valk en Benschop, 1985).

3.2.5 De moederbol

Onder de moederbol wordt verstaan de bolrokken en de bolbodem van de geplante bol. Gedurende het groeiseizoen neemt het drooggewicht van de bolrokken af, terwijl het drooggewicht van de bolbodem bijna niet verandert. Hier is dus sprake van een negatieve groei. De leegloop van de moederbol is temperatuurafhankelijk. Uit berekeningen blijkt, dat de leegloop onder ideale omstandigheden $0.015 \text{ g g}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ is.

Uit de groeianalyses blijkt dat er een minimum drooggewicht van de bolrokken van ongeveer 0.20 g bol^{-1} is. Dit is reeds vanaf half juni waar te nemen.

Gedurende het groeiseizoen zal het aanbod koolhydraten vanuit de bolrokken van de moederbol steeds meer afnemen, terwijl het aanbod van koolhydraten afkomstig uit de fotosynthese steeds meer zal toenemen. Het vermoeden bestaat, dat het aanbod vanuit de moederbol tot een minimum gereduceerd wordt, zodra een bepaalde grens in de fotosynthese bereikt wordt. Aangenomen wordt dat dit gebeurt bij een bruto fotosynthese van $200 \text{ kg koolhydraten ha}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ of meer. Dit bedrag wordt bereikt bij een volgroeid gewas met een behoorlijke "leaf area index".

3.3 De koolstofbalans

De processen, die onderdeel zijn van de koolstofbalans zijn de fotosynthese en de ademhaling.

3.3.1 De fotosynthese

De bruto fotosynthese wordt uitgedrukt in $\text{kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ dag}^{-1}$. Zij wordt berekend uit de bladkarakteristieken, zoals de fotosynthese-lichtrespons-curve, de "leaf area index", de AMAX, dit is de maximale fotosynthese onder hoge lichtintensiteit, de efficiency, de gewasstructuur en de actuele dagelijkse globale straling.

Als basis geldt het door De Wit (1965) ontwikkelde model, met aanvullingen door Goudriaan en Van Laar (1978). Het fotosynthesemodel dat gebruikt wordt in het tulpegewasgroeimodel is te vinden bij Penning de Vries en Van Laar (1982). De AMAX van een tulpegewas zal in het algemeen iets hoger liggen dan van andere C_3 -gewassen. Uit vroeger onderzoek is namelijk gebleken, dat de huidmondjes geen regulerende invloed hebben (Kraaijenga, 1960; Loftfield, 1921). Alleen onder zeer extreme omstandigheden (droogte) zullen de huidmondjes zich sluiten.

3.3.2 De ademhaling

De ademhaling kan onderverdeeld worden in de groei- en de onderhoudsademhaling. De groeiademhaling wordt in het model niet apart berekend, maar is verdisconteerd in de berekeningen van de efficiency van de groei van de organen. De onderhoudsademhaling wordt berekend uit de som van de onderhoudsademhaling van de diverse organen. De onderhoudsademhaling wordt beïnvloed door de temperatuur.

3.4 Temperatuur en straling

In het model wordt ingevoerd de luchttemperatuur op 1.50 m hoogte. Deze luchttemperatuur is de gemiddelde luchttemperatuur over 24 h van het marinevliegveld Valkenburg. Dit is een officieel waarnemingsstation van het K.N.M.I. De verschillen tussen Lisse en Valkenburg zijn minimaal.

De dagelijkse globale straling wordt geregistreerd door het Proefstation voor de Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk.

~~De bodemtemperatuur wordt geregistreerd op 0.1 m diepte te Lisse. In~~
het model wordt gebruik gemaakt van de gemiddelde bodemtemperatuur over 24 h.

3.5 De uitvoer

Hoewel alles in de uitvoer opgevraagd kan worden is het van belang alleen datgene te laten afdrukken wat nuttig is voor de gebruiker. In het model worden de relevante gegevens van elke 5 dagen afgedrukt.

Naast de cijfermatige uitvoer is ook een grafische uitvoer mogelijk.

Sprekend zijn vooral de gewichtsveranderingen die zich voordoen in de organen. Voor de handel is vooral het aantal te oogsten bollen belangrijk.

In de uitvoer kan dit ook opgevraagd en afgedrukt worden naar maat en gewicht. Gegevens, die automatisch gegeven worden zijn het aantal dagen na planten bij gebruik als groeimodel voor het gehele groeiseizoen of de kalenderdag bij gebruik als prognosemodel.

4. GEDETAILLEERDE BESCHRIJVING VAN HET MODEL

4.1 Het ontwikkelingsstadium van de plant

Het ontwikkelingsstadium van de plant (DVSP) geeft zowel de fysiologische leeftijd als het morfologische aanzien van de plant. Door gebruik te maken van deze beschrijving worden de invloed van temperatuur en andere omgevingsfactoren duidelijk aangetoond.

Biologisch is de tulp een tweejarig gewas. In het eerste jaar vindt de bolinductie, de initiatie van de klisters en de aanleg van de bolrokken plaats. In de periode februari - juli worden de klisters van buiten naar binnen aangelegd. In juli worden de moederbollen geoogst en in de schuur bewaard. Gedurende deze periode wordt de aanleg van de bolrokken afgerond. In november wordt de bol met de aangelegde klisters geplant. In die periode is de apex in de klisters inactief tot ongeveer mei. De bolrokken worden ondertussen gevuld. De apex wordt in mei weer actief en de bladafsplitsing begint in de klisters. In juli worden deze klisters geoogst en in de schuur bewaard bij tenminste 20°C. ~~Hebben de klisters een dusdanige omvang of gewicht, dat een bloem aangelegd kan worden, dan zal dit gebeuren in de periode juli - augustus, dat wil zeggen tijdens de schuurbewaring, respectievelijk schuurbehandeling. Deze bol wordt in oktober - november geplant en bloeit in april - mei het daaropvolgende jaar en sterft in juni - juli af.~~

Er is sprake van een klister, zodra alle bolrokken aangelegd zijn, daarvoor is slechts sprake van veranderingen op cellulair niveau, die niet met het gewone oog zijn waar te nemen. Dit gebeurt in het eerste jaar. Schematisch heeft Rees (1972) dit gehele proces samengevat zoals weergegeven is in figuur 2.

In het model is de periode tot initiatie van het eerste blad, dat is de periode die ongeveer overeenkomt met het eerste jaar, verwaarloosd. De processen spelen zich af in de bol en hierop zijn geen kunstmatige ingrepen mogelijk. De perioden van bladvorming en bladafsplitsing spelen zich grotendeels op het veld af. De bloemvorming heeft tijdens de schuurbewaring plaats. Dit proces kan kunstmatig beïnvloed worden. Dit is voor het model het eerste stadium in de levensloop van de plant, omdat het zichtbaar is.

Zodra de bloem geheel compleet aangelegd is, wordt het ontwikkelingsstadium 0.0 genoemd (DVSP = 0.0).

Het stadium is vaak beschrijvend en gebaseerd op praktijkwaarnemingen. In tabel 1 zijn de diverse stadia weergegeven. Zeer duidelijk is het stadium van opkomst (DVSP = 0.7) en van de bloei (DVSP = 1.0). De waarden zijn

dimensieloos (o.a. Penning de Vries en Van Laar, 1982). Zoals uit tabel 1 blijkt zijn de diverse stadia volledig gebaseerd op een tulp die kan bloeien. Bij het planten is de tulp in een stadium tussen 0.3 en 0.4 afhankelijk van de temperatuur, die tijdens de schuurbewaring gegeven is. De opkomst is bij DVSP = 0.7. Dit ontwikkelingsstadium is gekozen op grond van vele veldwaarnemingen en gebaseerd op het aantal dagen tussen planten en opkomst en op de bodemtemperatuur. De stadia na opkomst zijn ook gebaseerd op een verband dat bestaat tussen de temperatuur en het aantal dagen, dat nodig is om een volgend stadium te bereiken.

Bij opkomst is de spruit ongeveer 1 cm boven de grond en roodbruin van kleur. In een week tijd kleurt de spruit van roodbruin naar groen en zal nu aan de fotosynthese gaan deelnemen. Het bereikte ontwikkelingsstadium van de tulp is dan DVSP = 0.75. De bloei is eind april, begin mei. Na de bloei gaat een groot gedeelte van de assimilaten nog naar de bladeren, totdat het ontwikkelingsstadium DVSP = 1.125 bereikt is. Op dat ogenblik vindt er naast fotosynthese ook herverdeling van de assimilaten plaats tot het stadium DVSP = 1.66 bereikt is. De plant wordt op dat tijdstip geoogst.

~~De ontwikkeling van de plant wordt weergegeven in de volgende formule:~~

$$DVSP = \text{INTGRL}(DVSP1, DVSP)$$

waarbij DVSP het ontwikkelingsstadium is, INTGRL de integraal, DVSP1 het ontwikkelingsstadium op het begintijdstip van onderzoek ($t=0$) en DVSP de ontwikkelingssnelheid.

Wordt het model voor de evaluatie van het groeiseizoen gebruikt dan wordt het model geïnitieerd bij het planten, dus bij DVSP = 0.3. Wordt echter het model gebruikt voor prognose doeleinden dan is het ontwikkelingsstadium meestal reeds DVSP = 1.0 (bloei) gepasseerd. Het stadium waarin de plant dan is, moet benaderd kunnen worden en wel door het model te initiëren volgens:

$$DVSPM = \text{AFGEN}(DVSPMT, \text{DAY})$$

FUNCTION DVSPMT = 0.,0.4, 70.,0.7, 125.,1., 190.,1.7, 204.,1.7,...
225.,0.0, 310.,0.3, 366.,0.4

waarin de waarde van DVSPM op vaste wijze gerelateerd is aan de datum (DAY), volgens een getabuleerde functie met de naam DVSPMT. De AFGEN functie vindt de waarde van DVSPM op de te onderzoeken dag (DAY) door lineaire

interpretatie van de getabuleerde waarden. De waarden van DVSPMT zijn gebaseerd op de standaardsituatie, waarbij op DAY = 70 (10 maart) de waarde gelijk is aan 0.7, dat wil zeggen het stadium van opkomst (tabel 1). Op dag 190 (9 juli) is de plant in stadium 1.7. De bollen zijn dan geoogst en liggen in de schuur. Kan de bol een bloem vormen, dan spelen zich de volgende processen af. De fase van bladafsplitsing wordt beëindigd en de bloemvorming begint. Gedurende die tijd blijft de plant in DVSP = 1.7. Op dag 225 is de bloemvorming voltooid en bevindt de nieuwe bol met bloem zich dus in DVSP = 0.0. Op dag 310 bevinden de nieuwe bollen zich in DVSP = 0.3 en worden ze geplant. Van belang gedurende het groeiseizoen zijn de dagen 70 en 125, dat wil zeggen opkomst en bloei. Deze dagen zijn gebaseerd op gemiddelden uit diverse groeiseizoenen. Door een proefoogst na opkomst kan met behulp van bovenstaande formule het juiste stadium gesimuleerd worden.

4.2 De ontwikkelingssnelheid

De ontwikkelingssnelheid van de plant is afhankelijk van de temperatuur in de omgeving van het groeipunt. Deze is aanvankelijk gelijk aan de bodemtemperatuur op 0.1 m diepte en wel tot DVSP = 0.8. Na opkomst krijgt de luchttemperatuur meer invloed. Na de bloei is de invloed van de lucht- en bodemtemperatuur op de ontwikkelingssnelheid gelijk. Dit wordt uitgedrukt door de effectieve temperatuur te berekenen:

$$EFFT = AFGEN(POSITB, DVSP) \times TA + (1. - AFGEN(POSITB, DVSP)) \times TS$$

waarin EFFT de effectieve temperatuur is. In figuur 3 is de effectieve temperatuur uitgezet tegen DVSP. De effectieve temperatuur is afhankelijk van het ontwikkelingsstadium DVSP volgens een in tabel gebrachte functie met de naam POSITB.

$$FUNCTION POSITB = 0.3, 0.0, 0.8, 0.0, 1.0, 0.5, 2.0, 0.5$$

Hier staat dat bij DVSP = 0.8 de invloed van de bodemtemperatuur nog steeds maximaal is nl. 1.0. Bij DVSP > 0.8 neemt de invloed van de bodemtemperatuur af om bij DVSP >> 1.0 gelijk te worden aan 0.5. Hieruit volgt, dat in de loop van het seizoen de luchttemperatuur steeds belangrijker wordt, omdat de luchttemperatuur meestal hoger is dan de bodemtemperatuur.

De ontwikkelingssnelheid wordt nu beschreven door

$$\text{DVRP} = \text{AFGEN}(\text{DVRPTB}, \text{EFFT})$$

waarin wordt uitgedrukt, dat de ontwikkelingssnelheid van de plant (DVRP) afhankelijk is van de effectieve temperatuur volgens een in tabel weergegeven functie van de groeisnelheid bij verschillende temperaturen (DVRPTB). Voor tussenliggende temperaturen wordt de groeisnelheid berekend door lineaire interpretatie.

```
FUNCTION DVRPTB = - 10.,0.0,0.,0.0020,5.,0.0040,10.,0.0070,...  
                  15.,0.010,20.,0.014,25.,0.020
```

De waarden in de functie DVRPTB zijn gebaseerd op celproeven. Hierbij zijn de bollen bewaard tot het planten bij de geadviseerde temperaturen van 20°C en 17°C. Daarna zijn ze geplant en opgegroeid bij constante temperaturen tussen 0°C en 9°C. Dit zijn bodemtemperaturen die in het vrije veld voorkomen. Deze "koude" periode hebben de bollen nodig zowel voor de strekking van de spruit als voor bolinductie (Le Nard, 1972).

~~Zou deze koudebehandeling niet worden gegeven, dan vindt na zeer korte tijd bijna geen groei meer plaats bij temperaturen hoger dan 15°C. De ontwikkelingssnelheid wordt berekend uit het verschil tussen de diverse waargenomen ontwikkelingsstadia en het aantal dagen dat daarvoor nodig is. De dimensie van DVRP is dan ook d^{-1} .~~

Zo is de groeisnelheid bij 5°C 0.0040 d^{-1} . De gemiddelde grondtemperatuur is ongeveer 5°C tussen planten en opkomst. De periode is ongeveer 100 dagen. Het verschil tussen de ontwikkelingsstadia is 0.4. De groeisnelheid zou volgens de berekening $0.4/0.0040 = 100$ dagen zijn.

4.3 De groeiprocessen

Onder groei wordt verstaan de veranderingen die zich voordoen in drooggewicht. Deze veranderingen kunnen zowel positief als negatief zijn. De snelheid van deze veranderingen, de groeisnelheid (GTW), wordt voor alle organen tezamen:

$$\text{GTW} = ((\text{GPHOT} - \text{MAINT}) + \text{RCHMB} \times 1.11) \times \text{CVF}$$

waarbij GPHOT de gewasfotosynthese is, MAINT de onderhoudsademhaling. De groeiademhaling is reeds verwerkt in de drogestofverdeling over de diverse organen (zie aldaar). RCHMB is de remobilisatie van de koolhydraten vanuit

de moederbol naar de diverse organen. De factor 1.11 is berekend uit de omzetting van 1 g zetmeel. Deze omzetting levert 1.11 g glucose op die geresmobiliseerd wordt (Penning de Vries, 1975^b).

Groeiefficiency (CVF) wijst op de omzetting van primaire assimilaten in structurele massa. De efficiency van deze omzetting hangt af van de chemische samenstelling van de gevormde biomassa. De groeiefficiency CVF wordt als volgt berekend:

$$CVF = (FLV \times 0.72 + (FST + FFL) \times 0.69 + FBU \times 0.75) \times FSH + \dots \\ (1. - FSH) \times 0.72$$

waarin FLV, FST, FFL en FBU respectievelijk de fracties zijn van de drogestofverdeling over de bladeren (FLV), de stengel (FST), de bloem (FFL) en de moederbol (FBU). FSH is de totale fractie voor de spruit. De factoren 0.72, 0.69 en 0.75 kg kg⁻¹ zijn gemiddelde omzettingsfactoren. Het resultaat is, dat CVF een "gewogen" gemiddelde is (Penning de Vries en Van Laar, 1982).

De groeisnelheid van alle organen tezamen is GTW, de groeisnelheid van de spruit is GSH

$$GSH = GTW \times FSH$$

waarin FSH het deel is van de drogestof, dat naar de spruit gaat. Deze fractie is afhankelijk van het ontwikkelingsstadium van de plant. Dit wordt als volgt weergegeven:

$$FSH = AFGEN(FSHTB, DVSP)$$

$$FUNCTION FSHTB = 0., 0.9, 0.875, 0.95, 1.125, 1., 2., 1.$$

Na DVSP = 1.125 is de fractie maximaal, dat wil zeggen 1 en verandert niet meer. Grafisch wordt dit weergegeven in figuur 4.

4.3.1 De bladeren

Het groeiproces van de bladeren laat zowel een toename als een afname in gewicht zien. Eind mei, begin juni wordt het maximale drooggewicht bereikt. Dit is bij ontwikkelingsstadium DVSP = 1.2. Na dit punt neemt het

bladgewicht af als gevolg van de remobilisatie van koolhydraten en door ademhalingsverliezen.

De veranderingen in gewicht, die zich in de afzonderlijke bladeren voordoen, worden als één geheel gesimuleerd. De bladgroei wordt berekend door:

$$WLV = \text{INTGRL} (WLVI, GLV - RTL V)$$

waarin WLV het te simuleren gewicht is op een zeker tijdstip. WLVI is het drooggewicht van de bladeren op de dag van de proefoogst. De groeisnelheid van de bladeren is $(GLV - RTL V)$, waarin wordt weergegeven zowel de toename in gewicht (GLV) als de afname in gewicht, de remobilisatie (RTL V).

Het initiële gewicht van het blad wordt gevonden door een proefoogst of door interpretatie van een drooggewichtstabel van de bladeren.

Het drooggewicht wordt in het laatste geval berekend door:

$$WLVI = \text{AFGEN}(MLVTB, DAY) \times PLD$$

De term MLVTB slaat op de gewichten in de tabel, DAY op een bepaalde dag. De tabel is opgebouwd uit drooggewichten van het lopende seizoen of uit gegevens van voorgaande groeiseizoenen. Bij deze tabel hoort de term AFGEN. In de tabel zijn de drooggewichten per plant gegeven, vandaar dat dit gewicht vermenigvuldigd moet worden met de plantdichtheid PLD.

De totale groeisnelheid van het blad bestaat uit 2 delen namelijk GLV, de groei van het jonge blad, en RTL V, de snelheid van translocatie van de drogestof vanuit het blad naar de zich ontwikkelende klisters.

De groeisnelheid van het jonge blad wordt berekend uit:

$$GLV = GSH \times FLV$$

Voor de berekening van de groeisnelheid van het jonge blad wordt de groeisnelheid van de gehele spruit (GSH) als één geheel genomen. De verdeling van de drogestof over diverse organen hangt samen met de leeftijd en/of het ontwikkelingsstadium van de plant. Er is bijna geen samenhang met de groeisnelheid als zodanig verondersteld en ook niet met de omgevingsfactoren (Van Heemst, CABO, 1983, pers. communicatie). Deze veronderstelling blijkt de verdelingspatronen van assimilaten bij verscheidene eenjarige gewassen, inclusief de tulp (voor het 2e jaar van de cyclus), opmerkelijk goed te beschrijven. FLV is het gedeelte van de drogestof dat naar het blad gaat.

Door de vele jaren uitgevoerde groeianalyses met de cv. "Apeldoorn" konden grafieken gemaakt worden met op de X-as het ontwikkelingsstadium en op de Y-as de relatieve verdeling van de toename in drogestof over de verschillende organen (fig.5). In formule werd deze grafiek:

$$FLV = AFGEN(FLVTB, DVSP)$$

waarin de fractie van de drogestof die naar het blad gaat, FLV, gevonden wordt door in een "Arbitrairy Function GENERator"(AFGEN) de grafiek af te lezen, waarin het ontwikkelingsstadium is uitgezet tegen de relatieve verdeling van de drogestof. De functie voor deze grafiek is:

$$\begin{aligned} \text{FUNCTION FLVTB} = & 0.0, 0.60, 0.3, 0.58, 0.65, 0.45, 0.80, 0.70, \dots \\ & 1.0, 0.15, 1.01, 0.15, 1.15, 0.0, 2.0, 0.0 \end{aligned}$$

waarin staat dat bij ontwikkelingsstadium DVSP = 0.0, het gedeelte van de drogestof dat naar het blad gaat 0.60 is. Bij DVSP = 1.0, de bloei, is dit reeds gedaald naar 0.15 en bij DVSP = 1.15 is het gedeelte van de drogestof naar het blad gereduceerd tot nul.

De remobilisatie van de drogestof uit de bladeren vindt in beperkte mate plaats. Deze remobilisatie, RTLVL, is terug te vinden als onderdeel van de netto groeisnelheid van de bladeren. De remobilisatie wordt berekend uit:

$$RTLVL = \text{INSW}(DVSP - 1.125, 0., 0.018 \times WLV \times \text{TEFF} \times \text{TEFF})$$

In deze formule staat, dat de remobilisatie niet eerder aanvangt dan bij het bereiken van stadium DVSP = 1.125. Dit wordt aangegeven door de term INSW ("inswitch"). Zolang het ontwikkelingsstadium DVSP = 1.125 nog niet bereikt is, is RTLVL gelijk aan 0. Wordt DVSP = 1.125 bereikt, dan is de remobilisatiesnelheid gelijk aan $(0.018 \times WLV \times \text{TEFF} \times \text{TEFF})$. De gewichtsafname, berekend uit proeven te Lisse, is ongeveer 1.8% (0.018) per dag bij 15°C. De invloed van de temperatuur is aanzienlijk op het remobilisatieproces, namelijk $\text{TEFF} \times \text{TEFF}$.

TEFF is het temperatuureffect op de ademhaling en wordt als volgt weergegeven:

$$\begin{aligned} \text{TEFF} &= Q_{10}^{xx} (0.1 \times TA - 1.5) \\ \text{PARAM } Q_{10} &= 2.5 \end{aligned}$$

Hierbij is TA de luchttemperatuur gestandaardiseerd bij 15°C. In het algemeen is een waarde van $Q_{10} = 2.5$ normaal, dus effectief is $Q_{10} = 6.25$. Naast deze remobilisatie is ook aangenomen dat het gewas afsterft, wanneer het bladgewicht daalt tot 50% van het maximale drooggewicht. Vanwege de grote invloed van de temperatuur leiden hoge temperaturen aan het einde van het groeiseizoen tot vroeg afsterven van de bovengrondse delen.

De "leaf area index" (LAI) behoort ook tot de bladeren, maar zal bij de fotosynthese behandeld worden. Wel moet worden opgemerkt, dat na DVSP = 1.125 het bladgewicht afneemt, maar in het model geen veranderingen optreden in de LAI. Dit laatste blijkt niet correct. De verhouding tussen gewichtsafname en de LAI zal nog verder onderzocht moeten worden.

4.3.2 De stengel

De stengel bestaat uit 4 - 5 internodiën. De lengtegroei van deze internodiën is niet uniform (De Hertogh en Breg, 1980). Ook de gewichten van deze leden zijn verschillend. In het huidige model wordt alleen het totale stengelgewicht gesimuleerd en wordt de lengtegroei verwaarloosd, want deze heeft geen rechtstreekse invloed op de gewasgroei. In formule wordt de toename in gewicht:

$$WST = \text{INTGRL}(WSTI, GST - RTLS)$$

WSTI is het begingewicht. Dit gewicht wordt waargenomen door een proefoogst of gesimuleerd. De groeisnelheid van de stengel is (GST - RTLS). Wordt het begingewicht gesimuleerd dan wordt de volgende formule gebruikt:

$$WSTI = \text{AFGEN}(MSTTB, \text{DAY}) \times \text{PLD}$$

De term MSTTB wijst op een tabel, waarin de drooggewichten op bepaalde dagen zijn weergegeven (DAY). De functievorm van deze tabel is:

$$\text{FUNCTION MSTTB} = 1., 0.0657, 59., 0.1837, 129., 2.5553, 184., 1.4617$$

~~Het gevonden gewicht wordt nog vermenigvuldigd met de plantdichtheid PLD.~~

De groeisnelheid van de stengel bestaat uit de groeisnelheid van de nog strekkende en in gewicht toenemende jonge stengel GST en uit de remobi-

lisatiesnelheid RTLS, nadat de stengel het maximale gewicht bereikt heeft. De jonge nog in gewicht toenemende stengel heeft een groeisnelheid van:

$$GST = GSH \times FST$$

De term GSH geeft de gewichtstoename van de gehele spruit aan en FST het gedeelte van de drogestof dat naar de stengel gaat. Dit gedeelte verandert gedurende het groeiseizoen en wordt samengevat in een functietabel.

$$FST = AFGEN(FSTTB, DVSP)$$

FUNCTION FSTTB = 0.0,0.17,0.3,0.20,0.65,0.45,0.85,0.15,1.0,0.30,...
1.01,0.30,1.15,0.0,2.0,0.0

Grafisch is de functie FSTTB weergegeven in figuur 5.

Bij het ontwikkelingsstadium DVSP = 0.85, is het gedeelte van de drogestof dat naar de stengel gaat 0.15. Dit loopt op tot 0.30 en wordt 0 bij DVSP = 1.15. Juist voor dit ontwikkelingsstadium bereikt wordt vindt er zowel toename als remobilisatie plaats zoals blijkt uit de volgende formule, waarmee de remobilisatiesnelheid berekend wordt:

$$RTLS = INSW(DVSP - 1.125, 0., 0.018 \times WST \times TEFF \times TEFF)$$

De termen zijn verklaard bij de bladeren (zie ook lijst blz. 64-67)

4.3.3 De bloem

De bloem wordt tijdens de zomerbewaring in de schuur aangelegd. In augustus is de bloem compleet aangelegd en neemt in gewicht toe. Na opkomst in maart heeft de bloem ten opzichte van de bladeren zeer weinig massa en de kleur is nog groen. Ongeveer een week voor de bloei treedt er een kleurverandering op. Dan wordt de bloem verwijderd. Het ontwikkelingsstadium DVSP = 1.0 is dan bereikt. Door het verwijderen van de bloem wordt de fotosynthese van het gewas verhoogd (Benschop, 1980^b). De toename in gewicht van de bloem wordt berekend met de volgende formule:

$$WFL = INTGRL(WFLI, GFL)$$

waarbij WFLI het gewicht van de bloem is op de dag van de proefoogst en GFL de groeisnelheid van de bloem. Door de cultuurmaatregel van het "koppen" is de groeisnelheid altijd positief en vindt er geen remobilisatie vanuit de bloem naar de klisters plaats. Dit betekent dat de bloem een belangrijke "sink" is en later niet als "source" fungeert zoals de bladeren en de stengel.

Het begingewicht WFLI wordt gevonden door een proefoogst of door simulatie vanaf de datum van de proefoogst. Hiervoor is dan een functietabel nodig (MFLTB). Het begingewicht wordt vermenigvuldigd met de plantdichtheid PLD voor het gewicht per oppervlakte:

$$WFLI = AFGEN(MFLTB, DAY) \times PLD$$

FUNCTION MFLTB zijn diverse gewichten op diverse dagen.

De groeisnelheid van de bloem wordt in formulevorm:

$$GFL = GSH \times FFL$$

$$FFL = AFGEN(FFLTB, DVSP)$$

$$\begin{aligned} \text{FUNCTION FFLT}B &= 0.0, 0.15, 0.30, 0.14, 0.65, 0.05, 0.80, 0.10, \dots \\ &1.0, 0.10, 1.01, 0.0, 2.0, 0.0 \end{aligned}$$

Bij DVSP = 0.65, dat wil zeggen juist voor opkomst, is de relatieve gewichtstoename van de bloem minimaal, na DVSP = 0.80 is deze constant. Grafisch is deze functie weergegeven in figuur 5.

4.3.4 De klisters

De klisters worden onderscheiden in de A-klist, de klist juist naast de stengel in de oksel van de binnenste bolrok, en de overige klisters. De A-klist groeit uit tot de hoofdbol. De overige klisters in het algemeen tot plantgoed. De grootte van de hoofdbol wordt bepaald door de maat van de bol die geplant is.

Gesimuleerd wordt het totaal gewicht van alle klisters. Het begingewicht wordt gevonden door een proefoogst of door simulatie uitgaande van een gewicht van een voorgaande proefoogst.

$$WBUI = (AFGEN(MABTB, DAY) + AFGEN(MBBTB, DAY)) \times PLD$$

De toename van het gewicht gedurende het groeiseizoen wordt berekend met behulp van de volgende formule:

$$WBU = INTGRL(WBUI, GBU+RTL)$$

waarbij (GBU+RTL) de totale groeisnelheid van de klisters is. De groeisnelheid is opgebouwd uit de groeisnelheid van de klisters door de aanvoer van assimilaten uit de fotosynthese (GBU) en de aanvoer van assimilaten door remobilisatie vanuit de bladeren en de stengel (RTL). De groeisnelheid GBU wordt als volgt berekend:

$$GBU = GSH \times FBU$$

De term GSH geeft de totale groeisnelheid van de spruit aan en FBU het gedeelte van de drogestof dat naar de klister gaat. FBU wordt berekend uit:

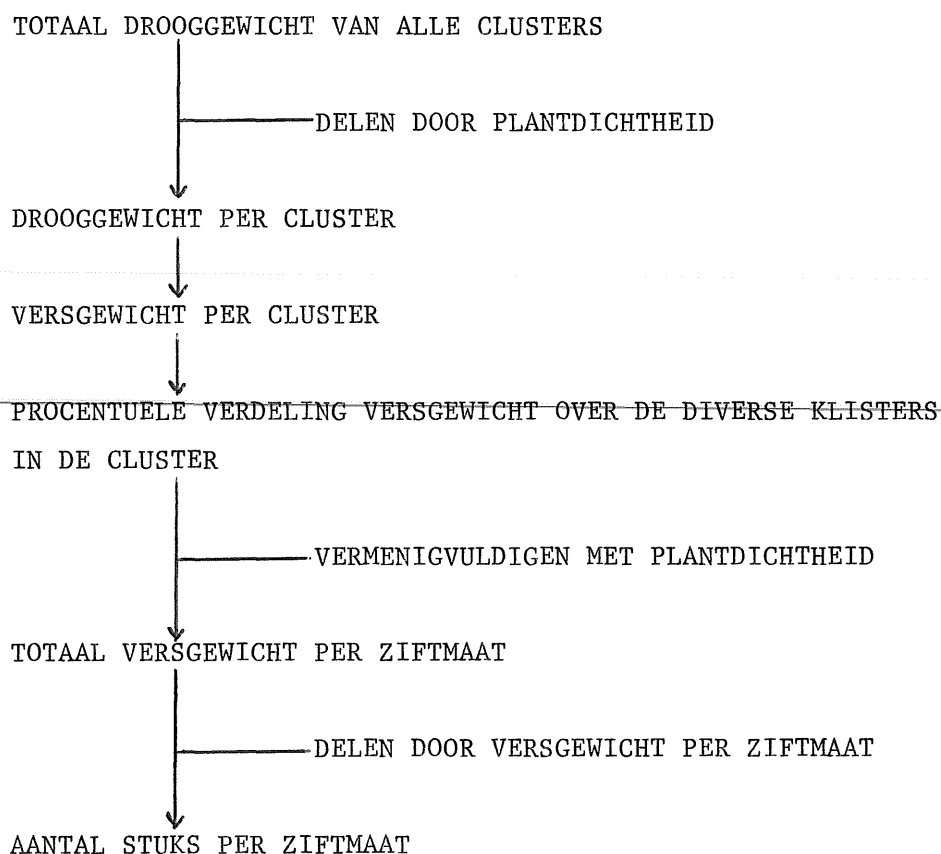
$$FBU = 1. - FLV - FST - FFL$$

Hier staat dat de som van de gedeelten van de drogestof, die naar de verschillende organen gaan, gelijk is aan 1. In het begin van het groeiseizoen is de som van (FLV + FST + FFL) bijna gelijk aan 1, waardoor er een geringe groei van de klisters is. Naarmate het seizoen voorschrijdt neemt de som van de gedeelten die naar bladeren, stengel en bloem gaan, steeds meer af en na een bepaald ontwikkelingsstadium (DVSP = 1.15) is de som gelijk aan nul. Dit betekent, dat vanaf dat ogenblik alle assimilaten afkomstig uit fotosynthese en al het geremobiliseerde materiaal naar de klisters gaan.

Gesimuleerd wordt het totale drooggewicht per oppervlakte. Dit komt tot uiting in de formule waarmee het totale drooggewicht wordt berekend en ook door het initiële drooggewicht van de klisters, dat verkregen wordt door het klistergewicht te vermenigvuldigen met de plantdichtheid (PLD). Gezien de variatie in plantdichtheid, die o.a. afhankelijk is van de grondsoort, verdient het de voorkeur te werken met het drooggewicht per plant (cluster). Het versgewicht per plant wordt berekend uit het drooggewicht.

De verhouding drooggewicht/versgewicht is een gewogen gemiddelde van de diverse bolmaten. De drogestof fractie in de bolmaten groter dan 12 cm, en 11-12 cm is 0.40; in de maten 9-10 cm en 10-11 cm is dit 0.37 en voor de bolmaten 8-9 cm of kleiner is dit 0.27.

Uit het versgewicht per plant wordt volgens een tabel de procentuele verdeling van het gewicht over de diverse bolmaten gevonden. Deze tabel is samengesteld uit gegevens verkregen uit plantdichtheidsproeven. Vermenigvuldigt men dit gevonden gewicht van een ziftmaat met het aantal geplante bollen per ha, dan wordt het totale versgewicht van de betreffende ziftmaat gevonden. Door deling van dit totale versgewicht van de bollen in deze ziftmaat wordt het aantal stuks berekend. In schema kan bovenstaand verhaal als volgt worden weergegeven:



In het model zijn bovenstaande berekeningen als volgt weergegeven:

$$DWP = (WBU/PLD)$$

waarbij DWP het drooggewicht per plant is, WBU het totale drooggewicht en PLD de plantdichtheid.

$$PARAM RSP = 0.72$$

De term RSP geeft het betaalde deel van het oppervlak aan, namelijk 72%.

De berekening van het drooggewicht naar versgewicht per plant wordt als volgt beschreven:

$$IFWP = AFGEN(FWTTB, DWP)$$

FUNCTION FWTTB = 3.30,11., 3.90,13., 4.65,15., 5.44,17., 6.27,19.,...
6.93,21., 7.82,23., 8.50,25., 9.18,27.,10.15,29.,...
10.85,31.,11.55,33.,12.60,35.,13.32,37.,14.04,39.,...
15.17,41.,15.91,43.,16.65,45.,17.39,47.,18.13,49.,...
24.79,67.

waarin staat dat de waarde van IFWP, het versgewicht per plant, gerelateerd is aan het drooggewicht DWP.

De functietabel FWTTB geeft een overzicht van de drooggewichten en de daarbij behorende versgewichten van de cluster. Bij een drooggewicht van 3.30 g is het versgewicht 11 g.

In de tabellen 2 en 3, die identiek zijn, zijn de versgewichten van de cluster en de procentuele verdeling van dit versgewicht over de diverse ziftmaten gegeven. In tabel 2 is het versgewicht van de cluster vermeld in de eerste kolom. In deze vorm is de tabel niet bruikbaar in het simulatiemodel. Tabel 3 geeft dezelfde tabel, maar dan in de vorm zoals deze voorkomt in het model. Is het gewicht 11 g, dan wordt de procentuele verdeling van de eerste regel gebruikt. Is het gewicht 13 g, dan moet de tweede regel uit de tabel gebruikt worden. Dit berekenen van de regel gaat volgens de volgende formule:

$$IRN = ((IFWP - 11)/2 + 1)$$

Bij oneven versgewichten groter dan 11 g, wordt steeds de juiste regel gevonden in tabel 3. Bij even gewichten, bijvoorbeeld 12 g, wordt IRN gelijk aan 1.5, dat wil zeggen, dat er geïnterpoleerd wordt tussen regel 1 en regel 2 in tabel 3.

In tabel 3 zijn 105 getallen weergegeven, verdeeld over 21 regels. Het eerste getal van iedere regel heeft betrekking op het procentuele gewicht van de ziftmaten 8-9 cm en kleiner, het tweede getal op de ziftmaat 9-10 cm, het derde getal op de ziftmaat 10-11 cm, het vierde getal op de ziftmaat 11-12 cm, het vijfde getal op de ziftmaat gelijk en groter dan 12 cm. Is de juiste rij gevonden, dan kan de verdeling over de diverse

ziftmaten gevonden worden door:

$$FS\ 8 = SIZE((IRN-1) \times 5 + 1)$$

$$FS\ 9 = SIZE((IRN-1) \times 5 + 2)$$

$$FS10 = SIZE((IRN-1) \times 5 + 3)$$

$$FS11 = SIZE((IRN-1) \times 5 + 4)$$

$$FS12 = SIZE((IRN-1) \times 5 + 5)$$

waarin FS de fractie is van het gewicht in de plant.

Als voorbeeld is gevonden $IRN = 10$, dat wil zeggen in tabel 3 zijn de getallen 46 tot en met 50 gevonden, zijnde 0.31, 0.08, 0.16, 0.29 en 0.16. Substitutie van $IRN = 10$ in FS8 geeft getal 46 zijnde 0.31. Zo worden ook de volgende fracties gevonden.

Het totale versgewicht per ziftmaat wordt berekend volgens

$$FW8 = IFWP \times PLD \times RSP \times FS8$$

$$FW9 = IFWP \times PLD \times RSP \times FS9$$

$$FW10 = IFWP \times PLD \times RSP \times FS10$$

$$FW11 = IFWP \times PLD \times RSP \times FS11$$

$$FW12 = IFWP \times PLD \times RSP \times FS12$$

Nu is het versgewicht per ziftmaat bekend. Hieruit kan dan het aantal bollen berekend worden. Om het versgewicht per ziftmaat te bepalen is een proef opgezet, waarin 432 clusters apart geoogst werden. De bollen van iedere cluster werden gemeten (ziftmaat), en het vers- en drooggewicht bepaald. De gemiddelde versgewichten voor de ziftmaten 9-10 cm, 10-11 cm, 11-12 cm en voor 12 cm en groter zijn respectievelijk 14.2 g, 21.1 g, 27.5 g, 38.3 g bol^{-1} . De maten 9-10 cm tot en met 11-12 cm zijn duidelijk begrensd. Voor de ziftmaat 12 cm en groter is het gemiddelde gewicht berekend van de ziftmaten 12-13 cm, 13-14 cm en van 14 cm en groter. Wel is het zo, dat hoe groter de maat, hoe geringer het aantal bollen. De meeste bollen waren in de ziftmaat 12-13 cm. Het aantal stuks in de diverse ziftmaten wordt berekend uit de volgende formules:

$$NB9 = FW9/0.0142$$

$$NB10 = FW10/0.0211$$

$$NB11 = FW11/0.0275$$

$$NB12 = FW12/0.0383$$

4.3.5 De moederbol

Het begingewicht van de moederbol wordt berekend uit:

$$WMBI = AFGEN(MOBTB, DAY) \times PLD$$

$$\begin{aligned} \text{FUNCTION MOBTB} = & 1., 3.5021, 85., 1.3527, 177., 0.3500, \dots \\ & 310., 4.5730, 365., 3.5100 \end{aligned}$$

waarin MOBTB de tabel is met gewichten van een bepaald jaar gevonden door groeianalyses. Dag 310 is de dag van het planten en dag 177 is de oogstdatum. Afhankelijk van het plantgoed zal het gewicht variëren.

De drooggewichten vermeld in de functie MOBTB zijn kenmerkend voor het gewichtsverloop van de cv. "Apeldoorn", ziftmaat 9-10 cm. Normaal bestaat het plantgoed uit een mengsel van de ziftmaten 8-10 cm.

Het drooggewicht op een ander tijdstip wordt berekend met behulp van de volgende formule:

$$WMB = \text{INTGRL}(WMBI, -RCHMB - 0.01 \times \text{TEFF} \times WMB)$$

Hier is sprake van een negatieve groeisnelheid. De moederbol neemt in gewicht af vanaf het ogenblik van planten. Deze negatieve groeisnelheid wordt weergegeven door de term $(-RCHMB - 0.01 \times \text{TEFF} \times WMB)$. Hierin is verdisconteerd de translocatie van koolhydraten vanuit de moederbol (RCHMB) en de onderhoudsademhaling $(0.01 \times \text{TEFF} \times WMB)$. De remobilisatie van de koolhydraten wordt als volgt gesimuleerd:

$$\begin{aligned} RCHMB = & \text{AND}(200. - \text{GPHOT}, WMB - WMBMIN \times \text{PLD}) \times (RCHMBC \times \text{PLD}) \times \dots \\ & AFGEN(ETRCHT, TS) \end{aligned}$$

$$\text{PARAM RCHMBC} = 0.015, WMBMIN = 0.20$$

Het remobilisatieproces speelt zich af binnen de twee randvoorwaarden die in bovenstaande formule gesteld zijn. Bij een fotosynthese van $200 \text{ kg CH}_2\text{O ha}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ stopt het transport. Dit is ook het geval zodra de moederbol een gewicht van 0.20 g heeft bereikt.

De wiskundige betekenis van AND is:

$$\text{"Statement" } Y = \text{AND}(X_1, X_2)$$

Dit betekent dat $Y = 1$ als $X_1 > 0$, $X_2 > 0$
 $Y = 0$ in alle andere gevallen

De X_1 komt hier overeen met (200.-GPHOT). De X_2 komt overeen met de term (WMB - WBMIN x PLD).

GPHOT is de gewasfotosynthese en deze zal onder de sectie fotosynthese behandeld worden. WBMIN = 0.20 dat wil zeggen, het minimum drooggewicht van de moederbol wordt 0.20 g bol^{-1} . Vandaar dat het gewicht nog vermenigvuldigd wordt met de plantdichtheid PLD.

Verder wordt gesteld, dat de remobilisatiesnelheid van de koolhydraten afhankelijk is van de bodemtemperatuur. Bij optimale temperaturen is de transportsnelheid gelijk aan $0.015 \text{ g bol}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ (PARAM RCHMBC = 0.015). Het effect van de bodemtemperatuur op deze remobilisatie wordt gegeven door de term ETRCHT.

Het geheel wordt geformuleerd in:

$$Z = \text{AFGEN}(\text{ETRCHT}, \text{TS})$$

FUNCTION ETRCHT = -10.,0.5,0.,0.75,10.,1.,20.,4.,30.,4.

Bij een bodemtemperatuur van 0°C is het relatieve effect van de bodemtemperatuur op de remobilisatie van koolhydraten gelijk aan 0.75 en wordt bij 20°C gelijk aan 4.

Het gewicht van de moederbol neemt nog af door onderhoudsademhalingsverliezen, die direct van de reserves afgetrokken worden. Wordt echter het minimum drooggewicht bereikt, dan stopt ook het proces van de onderhoudsademhaling en is het restant van de moederbol dood.

4.3.6 De wortels

Het wortelgewicht maakt slechts een gering percentage uit van het totale drooggewicht. De groei van de wortels en de invloed van de temperatuur op de groeisnelheid van de wortels is elders beschreven (Benschop, 1980^a).

Het begingewicht van de wortels wordt berekend met:

$$\text{WRTI} = 0.2 \times \text{PLD}$$

Gedurende het groeiseizoen wordt het worteldrooggewicht berekend met:

$$WRT = INTGRL(WRTI, GRT)$$

De groeisnelheid van de wortels wordt als volgt berekend:

$$GRT = GTW \times (1.-FSH)$$

waarin GTW de groeisnelheid is van alle organen. De term FSH geeft het deel van de drogestof aan, dat naar de spruit gaat. Het deel dat naar de spruit gaat, wordt na DVSP = 1.125 gelijk aan 1, waardoor de groeisnelheid van de wortels gereduceerd wordt tot nul en het gewicht van de wortels niet langer toeneemt.

4.4 De koolstofbalans

Het model is gebaseerd op de processen die de koolstofbalans bepalen. Het belangrijkste proces voor de koolstofbalans is de fotosynthese. Een ander proces is de ademhaling.

4.4.1 Fotosynthese

De dagelijkse bruto CO₂-assimilatie wordt berekend door middel van een groep "statements", die gebaseerd zijn op het model van De Wit (1965) en uitgebreid en samengevat door Goudriaan en Van Laar (1978). In plaats van de tabellen, die in het oorspronkelijke model voorkomen, wordt nu gebruik gemaakt van enkele formules die door middel van regressievergelijkingen uit die tabellen afgeleid zijn. De basis voor de drogestofproductie blijft de bruto CO₂-assimilatie van het gewas, de fotosynthese-licht-respons-curves van de individuele bladeren, het totale groene oppervlak etc. De beschrijving van dit onderdeel van het TUCROSmodel is te vinden in "Simulation of plant growth and crop production", van Penning de Vries en Van Laar (1982). Voor de tulpecultivar "Apeldoorn" zijn de volgende wijzigingen aangebracht. De extinctiecoëfficiënt is gesteld op 0.6 in plaats van 0.8 op grond van waarnemingen en berekeningen. Mogelijk is deze factor nog lager bij een opkomend gewas. Het effect van deze aanpassing is vrij gering bij waarden van een LAI boven 2.

De actuele bruto fotosynthese van de dag werd berekend uit de som van de gemiddelde bruto fotosynthese van het onbewolkte gedeelte van die dag (DGAC) en van het bewolkte gedeelte (DGAO). Hierbij werd ook rekening

gehouden met gereduceerde lichtinterceptie en een lagere fotosynthese als gevolg van onvolledige bodembedekking. De factoren DGAC en DGAO waren gebaseerd op waarnemingen en berekeningen uit een groter model (Goudriaan en Van Laar, 1978).

Toch kleefden er nadelen aan deze benaderingswijze van berekenen. In het algemeen waren de gesimuleerde uitkomsten voor de brutofotosynthese aan de lage kant.

Goudriaan et al, (Vakgroep Theoretische Teeltkunde, LH, 1983, persoonlijke mededeling) hebben de verdeling van diffuus en indirect licht nader bestudeerd. In plaats van uit te gaan van een lineair verband tussen een reductiefactor en het bewolkte gedeelte van de dag, werd gekozen voor een kromme. Deze relatie is in het programma als volgt beschreven:

$$RLA = AFGEN(RLATB, FOV)$$

$$FUNCTION RLATB = 0.0, 1.0, 0.25, 0.92, 0.50, 0.80, 0.75, 0.47, 1.0, 0.0$$

Grafisch is deze functie gegeven in figuur 6.

De actuele bruto fotosynthese wordt berekend door:

$$DTGA = DGAO + (DGAC - DGAO) \times AFGEN(RLATB, FOV)$$

Hoewel de tulp een C_3 -plant is (Benschop, 1980^b) is de AMAX van de blad-fotosynthese gesteld op $40 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ in plaats van 30 wat normaal is voor een C_3 -plant. Een argument voor deze hoge AMAX is, dat de huidmondjes van de tulp voortdurend openstaan en alleen onder zeer extreme omstandigheden sluiten. Er is hoogstwaarschijnlijk geen regeling van de stomataire weerstand.

Aan het eind van het groeiseizoen neemt de toename in gewicht af. Het bladgewicht neemt af, gedeeltelijk als gevolg van remobilisatie van koolhydraten vanuit de bladeren naar de nieuwe bollen. Deze remobilisatie heeft hoogstwaarschijnlijk invloed op het fotosyntheseapparaat (o.a. geelkleuring van het blad). Het gevolg hiervan is een afname in de AMAX. Duidelijke gegevens zijn niet voorhanden, maar aannemelijk is, dat zodra 75% van het oorspronkelijke gewicht van het blad aanwezig is de AMAX minder begint te worden en bij 50% van het oorspronkelijke bladgewicht de AMAX gereduceerd is tot nul. In formule is dit:

AMAX= AMAXP x AFGEN(AMXTB,RWL)

FUNCTION AMTXB = 0.,0.01,0.5,0.01,0.75,1.,1.,1.

PARAM AMAXP = 40.

RWL = INSW(DVSP - 0.75, 1.,WLV/(LAI/SLFA))

De factor RWL zal na opkomst steeds groter dan 1 zijn. Is echter het maximum gewicht voor dat jaar bereikt, dan zal de term $WLV/(LAI/SLFA)$ kleiner worden. Deze laatste term zal verderop uitgewerkt worden.

4.4.2 Het bladoppervlak

Voor de fotosynthese is de aanwezigheid van een bladoppervlak belangrijk. Dit is de reden, dat het bladoppervlak hier behandeld wordt. Het bladoppervlak van de stengelbladeren van de tulp wordt als volgt berekend:

$LAI = INSW(DVSP-0.75, 1E-6, LA)$

$LA = INTGRL(LAII, GLV \times SLFA + GST/2900. + GFL/10000.)$

De "leaf area index" (LAI) is uitgedrukt in $ha\ ha^{-1}$. Het totale groene oppervlak, dat blootgesteld wordt aan het daglicht is LA. Het groene oppervlak is te verwaarlozen voor ontwikkelingsstadium $DVSP = 0.75$. Het begin oppervlak LAII wordt gevonden uit:

$LAII = WLVI \times AFGEN(SLFATB, DVSPI)$

Met de term SFLA wordt het specifiek bladoppervlak in $ha\ kg^{-1}$ blad weergegeven. Dit specifiek bladoppervlak is in een tabel samengevat.

FUNCTION SLFATB = 0.,0.001,0.5,0.001,1.,0.0014,2.,0.0014

Er wordt aangenomen, dat het specifiek stengel- en bloemoppervlak constant is gedurende het groeiseizoen, namelijk $1/2900$ en $1/10000\ ha\ kg^{-1}$.

Bij de bladeren is reeds een opmerking gemaakt over de LAI. In het model wordt de LAI op een bepaald ogenblik als een constante opgevat en blijft deze waarde behouden tot het oogsten. In werkelijkheid neemt de LAI af met de tijd, gelijktijdig met de afname in gewicht van de bladeren. Dit

betekent, dat de fotosynthese ook afneemt. Dit is te ondervangen met een afname in de AMAX (zie hiervoor).

4.4.3 De respiratie

De respiratie is de som van de groei- en onderhoudsademhaling. De groeiademhaling wordt niet expliciet berekend, maar is verdisconteerd in de verdeling van de drogestof. De onderhoudsademhaling wordt als volgt berekend:

$$\text{MAINT} = 0.2 \times \text{MAINTS} \times \text{TEFF}$$

De factor 0.2 is gebaseerd op de analyse van de proefresultaten, waarbij de onderhoudsademhaling wordt weergegeven door de term (MAINTS x TEFF). Uit de proefresultaten bleek, dat de verdeling van de assimilaten goed was, het bladoppervlak goed gesimuleerd werd, maar de bolgewichten van de clusters allemaal te laag waren. Dit betekende dat in het model alle verdelingsfactoren, constanten etc. goed berekend of gekozen waren, maar dat door een te hoge onderhoudsademhaling verliezen optraden. Door deze nu te verlagen tot een vijfde van de veronderstelde onderhoudsademhaling, kwamen de resultaten overeen met de gevonden waarden.

MAINTS is de som van de onderhoudsademhaling van de diverse organen van de tulp. TEFF is het temperatuurseffect.

MAINTS wordt als volgt berekend:

$$\begin{aligned} \text{MAINTS} = & \text{WLV} \times 0.02 + (\text{WST} + \text{WFL}) \times 0.015 + \text{WBU} \times 0.005 + \dots \\ & \text{WRT} \times 0.01 \end{aligned}$$

De intensiteit van de onderhoudsademhaling is gesteld op $0.02 \text{ g g}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ voor de bladeren, $0.015 \text{ g g}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ voor de stengel en de bloem, $0.005 \text{ g g}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ voor de klisters en $0.01 \text{ g g}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ voor de wortels. Deze cijfers zijn gedeeltelijk gebaseerd op de gemiddelde metabolische activiteit van een gewas. Penning de Vries (1975^a) concludeerde uit zijn waarnemingen dat organen die een hoge activiteit hadden, ook een hoge onderhoudsademhaling hadden. De bladeren zijn het actiefst, en hebben dus een hogere onderhoudsademhaling. De klisters en de wortels zijn niet zo actief, wat tot uiting komt in de onderhoudsademhalingcoëfficiënt.

4.4.4 Toename drooggewicht

De toename in drooggewicht wordt berekend uit de toename van de afzonderlijke organen, verminderd met het begingewicht.

$$\text{STDI} = \text{WRT} + \text{WLV} + \text{WFL} + \text{WST} + \text{WMB} + \text{WBU} - (\text{WRTI} + \text{WLVI} + \text{WFLI} + \text{WSTI} + \text{WMBI} + \text{WBUI})$$

Hierdoor is er controle op de toename van het gewicht van de gehele plant. Vaak wordt alleen naar de afzonderlijke organen gekeken en zelden naar het gehele drooggewicht. Men kan ook constateren hoe de fotosynthese in het model werkt. De berekende toename kan weer vergeleken worden met de waargenomen toename. In formule vorm wordt dit:

$$\text{MTDI} = \text{MLV} + \text{MFL} + \text{MST} + \text{MBU} + \text{MOB} + \text{MRT} - (\text{WLVI} + \text{WFLI} + \text{WSTI} + \dots + \text{WBUI} + \text{WMBI} + \text{WRTI})$$

4.5 De omgevingsfactoren

De belangrijkste omgevingsfactoren zijn de bodemtemperatuur op 0.1 m diepte, de luchttemperatuur en de dagelijkse globale straling. De grondsoort en de grondwaterstand worden niet behandeld, omdat aangenomen wordt, dat deze factoren optimaal zijn en een optimale invloed hebben op de groei en ontwikkeling van de plant.

4.5.1 De temperatuur

De bodemtemperatuur wordt in een tabel ingebracht in het model. De gemiddelde bodemtemperatuur per dag op 0.1 m diepte wordt op de volgende wijze genoteerd:

$$\text{TS} = \text{AFGEN}(\text{TSTB}, \text{DAY})$$

$$\text{FUNCTION TSTB} = 1., -0.2, 2., 0.0, 3., 0.1, 4., 0.4, \dots, 327., 9.3, 328., 9.2, \dots \text{ enz}$$

Dag 1 is 1 januari, dag 327 is 23 november. De plantdatum wordt halverwege de tabel gevonden. De grondtemperatuur na het oogsten is niet in de tabel opgenomen: De tabel moet altijd met dag 1 beginnen, eventueel met dag 0 (zie verder in dit stuk).

De gemiddelde luchttemperatuur wordt ook per dag gegeven. Vanwege de ligging van Lisse op enkele km van het marinevliegveld Valkenburg worden de gemiddelde luchttemperaturen van dit KNMI-station gebruikt. De verschillen tussen Lisse en Valkenburg zijn gering (Timmer et al, 1976). De gemiddelde luchttemperatuur wordt per dag in tabelvorm ingevoerd in het model en wel als volgt:

TA = AFGEN(TATB, DAY)

FUNCTION TATB = 0., 5.1, ...
60., 5.1, 61., 5.3, 62., 5.0, enz

De luchttemperatuur wordt vanaf 1 maart ingevoerd. De keuze van 1 maart berust op de geringe invloed van de luchttemperatuur op de plant voor die datum. In alle jaren, waarvan proefgegevens bekend waren, is het stadium DVSP = 0.7, dat wil zeggen opkomst, nog niet bereikt op 1 maart.

Het groeiproces van de plant wordt voor opkomst volledig bepaald door de bodemtemperatuur. Komt de spruit echter boven de grond, dan wordt de invloed van de luchttemperatuur steeds belangrijker, wat tot uitdrukking komt door de formulering van de effectieve temperatuur (EFFT). Dit staat vermeld in de subsectie 4.2 over de ontwikkelingssnelheid.

4.5.2 Globale straling

In het model worden de globale stralingsgegevens vanaf 1 maart (dag 60) ingevoerd. De gegevens zijn afkomstig van het Proefstation voor de Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk.

AVRAD = AFGEN(DTRT, DAY) x CFR

PARAM CFR = 5000.

FUNCTION DTRT = 0., 395., ...
60., 395., 61., 184., 62., 346., enz

De term AVRAD duidt op de dagelijkse totale straling in het gebied van 400 - 700 nm. De term DTRT is de dagelijkse gemeten totale globale straling. De straling is gegeven vanaf dag 60. De term CFR (conversion factor radiation) is de factor voor de omrekening van de waargenomen straling in $\text{J cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$

naar fotosynthetisch actieve straling (PAR) in $\text{J m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$. De helft van de gemeten globale straling is fotosynthetisch actief.

4.6 Simulatie "runs" en "output" specificaties

4.6.1 De tijd en dagen van het jaar

Bij de stralings- en temperatuurgegevens is het van belang dat het dagnummer goed berekend wordt. Hiervoor wordt de volgende "modulo"-functie gebruikt.

$$\text{DAY} = 1. + \text{AMOD}(\text{TIME}, 365.)$$

waarin DAY gelijk is aan TIME tot dag 365, daarna is DAY gelijk aan $\text{TIME} - 365$. Dit wordt bereikt door een AMOD-functie.

Het programma stopt, als er nog niet voldaan is aan andere eisen, (zie hieronder) op tijdstip $\text{TIME} = 1000$. door de opdracht:

$$\text{TIMER FINTIM} = 1000.$$

Andere mogelijkheden om het programma te stoppen zijn een bepaald ontwikkelingsstadium van de plant, het bereiken van een bepaald gewicht etc. Bij het ontwikkelingsstadium $\text{DVSP} = 1.66$ stopt het programma en worden de bollen geoogst. Als $\text{RWL} = 0.5$ (zie 4.3.1) of $\text{WBU} = 0$ zal het programma ook stoppen.

4.6.2 De "print" en "output" opdrachten

In de print opdrachten kan in principe zo goed als alles opgevraagd worden om afgedrukt te worden. Daarom is het van belang te weten wat belangrijk is voor het onderzoek of wat relevant is voor de gebruiker van het model. Gezien de belangrijkheid van het ontwikkelingsstadium van de plant (DVSP) wordt dit opgevraagd, evenals de LAI en het relatieve bladgewicht (RWL). Daarbij komen de gesimuleerde drooggewichten van de diverse organen. Ter vergelijking worden ook de waargenomen drooggewichten van de diverse organen opgevraagd. Deze kunnen voor iedere dag afgedrukt worden, maar

meestal wordt een tijdspanne van 5 dagen genomen. Dit wordt aangegeven met de opdracht.

PRDEL = 5.

Een voorbeeld van een printopdracht kan zijn:

```
PRINT DAY,WLV, WST,WBU,WFL,WMB,MLV,MST,MBU,MFL,LAI,...  
DVSP,STDI,MTDI,RWL
```

Hierdoor geeft het model in de uitvoer de dag van het jaar, de gesimuleerde drooggewichten van de diverse organen (alle termen beginnend met een W), de waargenomen drooggewichten van de organen (alle termen beginnend met een M), de bladoppervlakte index (LAI), het ontwikkelingsstadium (DVSP), de totale en waargenomen toename in het totale drooggewicht en het relatieve bladgewicht. Door de term DAY krijgt de gebruiker ook de oogstdag, die te vertalen is naar de oogstdatum.

Is de gebruiker alleen benieuwd naar het aantal bollen op de oogstdag, dan kan hij veel minder opvragen. Dit wordt gedaan als volgt:

```
WRITE (6,1) FS8,FS9,FS10,FS11,FS12  
1  FORMAT (5 F10.2)  
WRITE (6,2) FWS,FW9,FW10,FW11,FW12,FWT  
2  FORMAT (6 F10.2)  
WRITE (6,3) NB9,NB10,NB11,NB12  
3  FORMAT (4 F10.0)
```

Naast de gegevens van de printopdracht, verschijnen ook de procentuele verdeling van het clustergewicht over de diverse ziftmaten (tabel 3), het versgewicht van de bollen in de diverse ziftmaten, met het totale versgewicht (FWT) en het aantal bollen in de ziftmaten (NB). Het nadeel van deze methode is, dat alleen voor de eindoogstdag deze gegevens gedrukt worden.

Vaak worden bollen eerder geoogst in verband met een speciale ~~behandeling. Vooral in Zeeland en op de Zuidhollandse eilanden is dit het ge-~~
~~val.~~ Dit betekent, dat er meestal oogstverlies optreedt, wat leidt tot een verschuiving in de diverse ziftmaten. Voor de teler is het van belang te weten hoeveel bollen hij per ziftmaat kan verwachten. Voor deze gebruiker is het nodig, dat in de printopdracht ook komt te staan NB9, NB10, NB11 en NB12, dat wil zeggen, het aantal bollen per ziftmaat gedurende het

groeiseizoen en niet op gesimuleerde oogstdatum. Op bladzijde "28", "29" en "30" is de methode beschreven hoe het aantal stuks berekend wordt. In het programma moeten de volgende regels toegevoegd worden.

Boven de regel $DWP = (WBU/PLD)$ komt nu

```
PROCED NB9,NB10,NB11,NB12 = SIZES(WBU)
```

```
    DWP = (WBU/PLD)
```

```
    ...
```

```
    ...
```

```
    ...
```

```
    NB11 = FW11/0.0275
```

```
    NB12 = FW12/0.0383
```

```
ENDPRO
```

Door deze procedure wordt per 5 dagen het aantal bollen afgedrukt.

In de "output" opdrachten kunnen grafieken opgevraagd worden. De belangrijkste grafieken zijn die van de veranderingen in drooggewicht van de bladeren en stengel en die van de toename in drooggewicht van de klisters. In de grafieken kunnen de veranderingen per 2.5 of per 5 dagen afgedrukt worden. In het geval van 5 dagen wordt de opdracht.

OUTDEL = 5.

De opdrachten voor een grafiek worden:

```
OUTPUT WLV,MLV,WST,MST,DAY
```

```
PAGE GROUP=4,NPLOT=4
```

```
OUTPUT WBU,MBU,WMB,MOB,DAY
```

```
PAGE GROUP=4,NPLOT=4
```

In de eerste grafiek worden gegeven de gewichten van de bladeren (WLV en MLV) en de stengel (WST en MST), zowel de gesimuleerde als de waargenomen drooggewichten en de dag. In de tweede grafiek worden toenames in drooggewicht gegeven van de klisters (WBU en MBU) en de afname in drooggewicht van de moederbol (WMB en MOB).

5. RESULTATEN EN BESPREKING

Zoals reeds vermeld kan het model gebruikt worden voor prognose, maar ook voor evaluatie.

5.1 Oogstprognose voor 1984

In 1984 zijn oogstprognoses gedaan aan de hand van proefoogsten. De eerste proefoogst werd verricht op dag 139 in dat jaar. De gemiddelde bodemtemperatuur werd ingevoerd vanaf de dag van planten. De gemiddelde luchttemperatuur en de globale straling werden geregistreerd en ingevoerd vanaf dag 60, d.w.z. vanaf 1 maart.

Vanaf dag 140 werden de gegevens van temperatuur en straling gebruikt van het gemiddelde jaar (AVG), de hoge lucht- en bodemtemperatuur en hoge globale straling (HIHI), dezelfde temperaturen en lage globale straling (HILO), lage bodem- en luchttemperaturen en hoge globale straling (LOHI) en als laatste combinatie lage bodem- en luchttemperaturen en lage globale straling (LOLO). Deze gegevens zijn vermeld in de tabellen 13 tot en met 19. In tabel 20 zijn de gegevens voor het groeiseizoen 1983/1984 vermeld.

De proefoogstdata waren dag 139, 156, 170 en 184 (tevens eindoogst). De resultaten van de diverse prognoses zijn samengevat in tabel 4, waarbij steeds wordt uitgegaan van het begin drooggewicht op dag 139. Opvallend is, dat bij de eerste prognose op dag 139 het berekende resterende groeiseizoen slechts 20 dagen was bij de combinaties HIHI en HILO. Dit komt tot uiting in de drogestof en het aantal leverbare bollen. Bij de latere oogstdata is in de combinaties HIHI en HILO een verschuiving te zien in de eindoogstdatum, maar ook in het aantal kg drogestof, als gevolg van het invoeren van de actuele straling en temperaturen van de dagen tussen de proefoogsten, dat wil zeggen vanaf dag 139. In de combinatie LOHI daarentegen is een verlaging te zien in het aantal kg drogestof ha^{-1} . Een geringe schommeling in kg drogestof ha^{-1} is waar te nemen in de combinatie LOLO.

De eindoogstdatum zou volgens de simulatie vallen op dag 192-193, d.w.z. op 11 of 12 juli. Dit tijdstip is voor de cultivar "Apeldoorn" aan de late kant. Door deze late oogstdatum ging de fotosynthese te lang door, omdat de vereiste $\text{RWL} = 0.5$ en/of $\text{DVSP} = 1.66$ nog niet bereikt was. Er zit tussen de werkelijke oogstdatum en de gesimuleerde datum een verschil van 8-9 dagen (184 in plaats van 192-193). Het waargenomen eindoogstgewicht is 16542 kg, het gesimuleerde eindoogstgewicht 19278 kg drogestof ha^{-1} op dag 192.

Een verschil van 9 dagen tussen de werkelijke en gesimuleerde datum is te groot. Dit verschil kan veroorzaakt zijn door het ontwikkelingsstadium (DVSP), de afname in bladgewicht of het tijdstip van het stoppen van de fotosynthese (RWL) of door de hoogte van de fotosynthese (AMAX). Bij de ontwikkeling van het model was reeds gebleken, dat het ontwikkelingsstadium waarop het model stopt, juist gekozen was, d.w.z. DVSP = 1.66. Dit betekende, dat hieraan niets veranderd hoefde te worden. De AMAX van $40 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ was wel iets hoger dan de $30 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ die normaal gesteld wordt voor een C_3 -gewas (Goudriaan en Van Laar, 1978). Daar de huidmondjes zelden dicht gaan is een hogere fotosynthesesnelheid te verwachten. Dit betekent dat alleen de gewichtsafname van het blad en daarmee de fotosynthese nader bekeken moesten worden.

Over het verband tussen het bladgewicht, d.w.z. de hoeveelheid groen oppervlak en de fotosynthese bij de tulp is bijna niets bekend. Benschop (1980b) deed fotosynthesewaarnemingen bij een afnemend bladgewicht, maar de bladeren waren nog groen en vertoonden nog geen verkleuringen. Het relatieve bladgewicht (RWL) lag in die proeven tussen de 0.85 en 0.90. Van der Valk (Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen, persoonlijke mededeling) neemt aan, dat de fotosynthese stopt bij een afstervingsgraad tussen de 25 en 50%. Uit berekeningen van bladegegevens bleek, dat het bladgewicht aan het einde van het groeiseizoen 0.50 ± 0.02 was van het maximale drooggewicht voor dat seizoen. De keuze RWL = 0.5 om het fotosyntheseproces te stoppen bleek juist gekozen te zijn. De afname in fotosynthese was eerst gesteld op RWL = 0.65, maar werd veranderd in RWL = 0.75. De verandering van RWL is grafisch weergegeven in figuur 7. De reductiefactor daalt van 1.0 naar 0.6, dus een daling van 40%.

In tabel 5 zijn de resultaten van de diverse combinaties vermeld. Vergeleken is RWL = 0.65 en RWL = 0.75, op proefoogstdag (eindoogstdag) 184. Duidelijk is dat de resultaten nu gemiddeld ongeveer $1200 - 1300 \text{ kg drogestof ha}^{-1}$ lager liggen. De eindoogst ligt nu rond de $18000 \text{ kg drogestof ha}^{-1}$.

Met deze verandering in RWL zijn alle prognoses nogmaals doorgerekend. De resultaten zijn samengevat in tabel 6. Alle eindprognoses liggen nu lager. Opvallend was, dat het model niet langer meer stopte op het ontwikkelingsstadium DVSP = 1.66 maar steeds stopte op RWL = 0.5. Het stadium DVSP = 1.66 werd zelden bereikt.

De oogstdatum voor 1984 was dag 184. Gekeken is naar de oogstprognoses van de combinaties LOHI en LOLO op de verschillende proefoogstdata en naar de gesimuleerde eindprognoses op dag 184 volgens deze programma's. De

resultaten zijn weergegeven in tabel 7. Zoals te verwachten is, is een oogstdaling te zien in de combinatie LOHI in de loop van het seizoen. De combinatie LOLO blijkt daarentegen kleine schommelingen te vertonen. Op proefoogstdag 170 ligt de voorspelling dicht bij wat gevonden werd op dag 184 namelijk $16542 \text{ kg drogestof ha}^{-1}$. De gesimuleerde oogstprognose was 16870 kg ha^{-1} . Voor de praktijk is van belang de voorspelling ongeveer 14 dagen voor de oogst. Dit in verband met de te verwachten opbrengst en ook met de "planning" van de schuurwerkzaamheden, zoals het pellen van de clusters en het voldoen aan de leveringsvoorwaarden van de bollen. Deze prognose kan een redelijk beeld geven van de te verwachten grenzen in de extremen LOHI en LOLO. Een eventuele verandering in het weer, speciaal temperaturen van boven de 20°C gedurende enkele dagen, zal de oogstdatum beïnvloeden maar de oogstmarges zijn bekend.

Uit de tabellen 4 t/m 7 blijkt, dat de luchttemperatuur een belangrijke rol speelt bij de groeiduur van de bovengrondse delen. Een te hoge gemiddelde etmaaltemperatuur stimuleert de veroudering van de bovengrondse delen van de tulp, wat duidelijk te zien is bij de combinaties HIHI en HILO. Bij deze twee combinaties blijkt ook de invloed van hoge globale straling, op kort termijn, gering te zijn vergeleken met de twee andere combinaties. Bij de combinaties LOHI en LOLO blijkt duidelijk dat een lage temperatuur (dat wil zeggen beneden 20°C) gecombineerd met hoge globale straling een grotere oogst geeft dan de combinatie met lagere globale straling. Door de combinatie LOHI wordt de bovengrens van de te verwachten oogst gegeven.

5.2 Oogstprognoses voor 1980

Bij de ontwikkeling van het groeimodel voor de tulpecultivar "Apeldoorn" werden gedurende het gehele groeiseizoen, van planten tot oogsten, om de 14 dagen proefoogsten verricht. Het groeiseizoen 1979-1980 werd gebruikt als controle van het prognosemodel. In tabel 21 zijn alle gegevens van dit groeiseizoen vermeld. Enige proefoogstdata kwamen redelijk overeen met die van 1984. In 1980 waren dat dag 140, 154, 168 en dag 182 (eindoogst). De resultaten zijn samengevat in tabel 8. Weer blijkt dat de combinaties LOHI en LOLO, wat de eindoogstdag betreft, redelijk in de buurt kwamen van de werkelijke eindoogstdag. In de loop van het seizoen zien we weer een daling in opbrengst (LOHI), respectievelijk schommeling in de $\text{kg drogestof ha}^{-1}$ optreden (LOLO).

Opvallend is de sterke daling in gewicht in de periode dag 154- dag 168. Een daling van ongeveer 4000 kg in de combinatie LOHI en 1000 kg in de LOLO combinatie. Dit betekent dat die periode gekenmerkt wordt door een lage temperatuur en een lage globale straling.

De waargenomen eind oogst op de dag 182 was 18953 kg drogestof ha^{-1} , terwijl de gesimuleerde oogst op dag 182 ongeveer 18138 kg drogestof ha^{-1} bedroeg. Een verschil van ongeveer 4%.

Het verschil tussen de eind oogstdag van 182 en de gesimuleerde dag 184 is acceptabel. Een verschil van 2 tot 3 dagen is veel voorkomend in de praktijk.

De prognoses van het seizoen 1979-1980 liggen hoger dan van het seizoen 1983-1984. Naast een betere weersgesteldheid speelde ook een hoger begingewicht op de eerste proef oogstdag een rol. Dit begingewicht was 600 kg drogestof ha^{-1} hoger dan dat van het seizoen 1983-1984.

5.3 Grafische weergave van de prognose voor 1984 en 1980.

Grafisch zijn sommige prognoses weergegeven in de figuren 8 en 9. Worden in de tabellen meestal de eind oogst gewichten vermeld, in de grafieken is het verloop van de gewichten weergegeven van de eerste prognosedatum tot en met de laatste prognosedatum.

Van belang zijn de grafieken van de combinaties LOHI en LOLO. De twee andere combinaties komen niet in Nederland voor. Voor een universeler gebruik van het model zijn deze combinaties wel van belang. Opvallend in de grafieken (fig. 8) van 1984 zijn de lage gesimuleerde produkties tussen dag 140 en dag 160. De waargenomen produktie is ongeveer 10% hoger dan de gesimuleerde produktie. Is de waargenomen produktie tussen dag 140 en dag 170 bijna lineair, de gesimuleerde produktie laat na dag 160 een verhoogde toename in gewicht zien. Dit is het gevolg van een iets betere temperatuur en een hogere globale straling.

Uit de laatste grafiek van figuur 8 is duidelijk te zien, dat het groeiseizoen 1984 behoort tot de combinatie LOLO.

In figuur 10 is te zien, dat het groeiseizoen 1980 ligt tussen de combinaties LOHI en LOLO. De groei van de klusters lag tussen dag 140 en dag 168 op de lijn van de prognose van dag 154. Na dag 168 trad er een verval op van de bladeren, met als gevolg een afname in de fotosynthese. Zoals reeds opgemerkt bij de bespreking van de tabellen, is de gesimuleerde eind oogst binnen de gestelde afwijking van 10 procent.

Een tweede manier van grafisch weergeven is alleen die combinaties te gebruiken, die respectievelijk de hoogste en de laagste produktie zouden hebben. In dit geval zijn dit de combinaties LOHI en HILO. In deze grafiek komen ook de waargenomen gewichten van de proefoogsten te staan en de gewichten gebaseerd op de werkelijke temperaturen en straling in de periode tussen de eerste en laatste proefoogst. Door de twee extreme combinaties te nemen wordt er een kelk gecreëerd, waarvan de randen wel ongelijk zijn als gevolg van ongelijke gesimuleerde eind oogst data. In de loop van het seizoen worden steeds meer gegevens verzameld en ingevoerd in het model. Dit heeft tot gevolg dat de kelk opening steeds kleiner wordt en ook de randen steeds dichter bij elkaar komen te liggen. Dit laatste wordt veroorzaakt door een verschuiving in de eind oogst datum. Dit geldt speciaal voor de combinatie HILO. In de figuren 10 en 11 is deze methode weergegeven voor de jaren 1984 en 1980. In figuur 10 van het jaar 1984 is de lage opbrengst van de combinatie HILO duidelijk te zien. In de loop van het seizoen wordt de kelk opening kleiner. In figuur 11 voor het jaar 1980 liggen de opbrengsten meer op een lijn, waardoor de verschuiving in opbrengsten bij de combinatie HILO iets onduidelijker wordt.

5.4 Eind oogst en 1984 gespecificeerd.

Eind oogst en kunnen verdeeld worden in kg plantgoed en kg leverbaar, maar ook in aantal stuks leverbaar verdeeld in diverse ziftmaten.

5.4.1 Plantgoed en leverbaar in kg

In het voorgaande is steeds sprake van het totale drooggewicht. Voor onderzoekers is dit van belang, maar voor de praktijk is het versgewicht belangrijker. Het versgewicht wordt verdeeld in plantgoed en leverbaar (verkoopbare bollen).

In tabel 9 is de prognose van dag 139 uitgesplitst naar gewicht aan plantgoed en leverbaar per ha. Het gewicht aan plantgoed varieert tussen de 6866 kg ha⁻¹ (HILO) en 8412 kg ha⁻¹ (LOHI). Het gewicht aan leverbaar varieert in deze prognose tussen de 15283 kg ha⁻¹ en 31647 kg ha⁻¹. Een verkorting van het groeiseizoen, zoals te zien is in de combinaties HIHI en HILO, levert een geringer gewicht leverbaar en plantgoed op. Vergelijking van deze twee laatstgenoemde combinaties, alleen verschillend in globale straling, levert een verschil van ongeveer 200 kg ha⁻¹ plantgoed op, terwijl het verschil bij het leverbaar ongeveer 2000 kg ha⁻¹ bedraagt. Hier

zit een factor 10 tussen. De verschillen bij de combinaties LOHI en LOLO zijn groter, namelijk 1500 en 5500 kg ha⁻¹. Hier zit slechts een factor 3.5 tussen.

In de loop van het groeiseizoen verandert de verhouding tussen plantgoed en leverbaar. In tabel 9 zijn de extremen gegeven, namelijk 6866 kg ha⁻¹ plantgoed en 31647 kg ha⁻¹ leverbaar. In tabel 10 is de eind oogst op dag 184 gegeven. Deze eind oogst komt goed overeen met de prognoses van de combinatie LOLO op dag 139.

5.2 Het aantal leverbare bloembollen per ziftmaat

Het aantal bloembollen per ziftmaat is berekend volgens de beschreven methode. In tabel 11 zijn deze prognoses samengevat met de verdeling over de diverse ziftmaten op de gesimuleerde oogstdag behorende bij de diverse combinaties. Een korter groeiseizoen resulteert niet alleen in een kleiner aantal leverbare bollen, maar ook in een geringer aantal bollen met een omvang van 12 cm en meer (combinaties HIHI, HILO versus LOHI, LOLO). De combinaties HIHI versus HILO en LOHI versus LOLO laten zien dat een hogere globale straling resulteert in een groter aantal bollen met een omvang van 12 cm en meer.

In tabel 12 zijn de gesimuleerde en waargenomen aantallen bloembollen in de diverse ziftmaten samengevat op de definitieve eind oogstdag, dag 184. De aantallen komen goed met elkaar overeen.

5.5 Het model als groeimodel voor het gehele seizoen

Het model kan behalve voor prognoses ook gebruikt worden als groeimodel voor het gehele seizoen, ter evaluatie van een bepaald groeiseizoen. Nagegaan kan worden of het gewas goed gereageerd heeft op de omgevingsfactoren. Van belang zijn dan de plantdatum, de lucht- en bodemtemperaturen en de globale straling. Uit de eerste resultaten met het model bleek, dat de groeisnelheden gevonden onder geconditioneerde omstandigheden niet direct vertaald konden worden naar het veld. Dit kwam vooral tot uiting in DVRP (ontwikkelingssnelheid van de plant), die in het algemeen te hoog was bij hogere temperaturen. De snelheden nu gegeven in de tabel DVRPTB komen goed met de werkelijkheid overeen en kunnen zowel gebruikt worden in het prognose- als in het groeimodel. Het tijdstip van oogsten komt nu in beide modellen goed met elkaar overeen. In het algemeen is het groeimodel enkele dagen eerder dan het prognosemodel. Een reden hiervan kan zijn, dat in het

groeimodel alles meegenomen wordt vanaf het planten, terwijl in het prognosemodel de gegevens worden meegenomen vanaf de eerste proefoogst begin mei.

6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Een eerste vereiste is, dat het gewas groeit onder optimale omstandigheden, d.w.z. een goede bemesting, een goede waterhuishouding en een goede fyto-sanitaire verzorging. Een verkeerde bemesting leidt doorgaans tot een eerder afsterven en een schraler gewas (minder bladoppervlak). De waterhuishouding van het gewas is vooral in de maanden mei en begin juni van belang als de klisters hun periode van sterke groei beginnen. Fyto-sanitaire maatregelen zijn nodig om het gewas zolang mogelijk gezond en groen te houden en zodoende het groeiseizoen te verlengen.

Uit de combinatie HIHI en HILO blijkt dat de luchttemperatuur een zeer belangrijke factor is voor de groeiduur van het gewas. Zolang de bovengrondse delen van het gewas nog groeien, d.w.z. in gewicht toenemen, zijn temperaturen boven de 20°C niet nadelig voor het gewas. Is echter de bovengrondse groei gestopt dan zijn temperaturen boven de 20°C nadelig. Het verouderingsproces wordt gestimuleerd bij die temperaturen. Eind mei - begin juni moet de temperatuur liefst onder de 20°C blijven met een hoge globale straling. In mei 1985 (Pinksteren) werden overdag temperaturen gemeten van bijna 30°C. De simulatie van begin juni gaf als gesimuleerde oogstdatum 25 juni aan. De werkelijke oogstdatum viel in die week. Het model reageerde alert op deze 3 dagen hoge temperaturen. Toch kan de vraag gesteld worden of het niet beter is om in plaats van de gemiddelde dagtemperatuur de minimale en maximale temperatuur te gebruiken. Hierdoor zouden alle hoge temperaturen, speciaal in mei en juni, die invloed hebben op het gewas op hun waarde geschat worden en niet door een daggemiddelde genivelleerd.

Het model geldt voor tulpen geteeld op bedden of op de lange regel. Het model kan nog niet gebruikt worden voor de zogenaamde ruggenteelt. Enig onderzoek zal moeten worden verricht over de opbouw van het gewas in de rug, die afwijkt van de opbouw op lange regels. Integratie van het model van Van der Valk (Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen) zou een andere mogelijkheid zijn.

Zowel in 1984 als in 1985 kwamen de voorspellingen goed overeen met de werkelijkheid. Begin juni 1985 voorspelde het model een lagere opbrengst aan leverbare bollen, speciaal in de grote maten. Nu het oogstseizoen afgelopen is, blijkt dat het aantal bollen in de grote ziftmaten inderdaad kleiner is dan in voorgaande jaren.

Belangrijk is het tijdstip van bloei. Dit kan verschillen van gebied tot gebied. Tussen Zeeland en de kop van Noord-Holland ligt minstens 10 dagen verschil. Dit betekent, dat het model aangepast moet worden voor het bloeitijdstip voor dat gebied. Verdere aanpassingen zijn niet nodig.

Zoals reeds hierboven gezegd is het bloeitijdstip van belang. Een testuitdraai voor Zuid-Frankrijk waar de bloei ongeveer half maart is, leverde zeer duidelijke uitkomsten op. De gesimuleerde eind oogstdatum kwam zeer goed overeen met de werkelijkheid (eind mei). Zo kwam ook tot uiting, dat voor Zuid-Frankrijk geen ziftmaat 9 cm opgeplant moet worden, omdat de aangroei te gering is. Er waren voldoende leverbare bollen, alleen de ziftmaat was in het algemeen 10 - 11 cm en 11 - 12 cm. Grotere maten waren een uitzondering. (De uitkomsten zijn gecontroleerd door Franse onderzoekers en voorlichters).

Het model kan gebruikt worden voor die gebieden waar vroeg geoogst wordt, bijvoorbeeld Zeeland. De oogstverliezen kunnen nu door de teler zelf berekend worden.

TUCROS is speciaal ontwikkeld voor de cultivar Apeldoorn. De verdelingsstabellen (tabel 2 en 3) gelden voor deze cultivar. Ander cultivars vertonen een ander verdelingspatroon. Het is onmogelijk om voor iedere cultivar of handelssort zo'n tabel te ontwikkelen. Gestreefd zal moeten worden naar tabellen, die representatief zijn voor een bepaalde groep van cultivars. Reeds aanwezig zijn op het LBO te Lisse verdelingspatronen van de cultivars Prominence, Gander, Kees Nelis en Madame Lefebvre.

Bepaalde onderdelen van het model, zoals de onderhoudsademhaling, en sommige groeisnelheden vereisen nog verder onderzoek. Dit is geen reden om het model nu niet te gebruiken.

Het model zoals het er nu is, kan gebruikt worden door de teler en de voorlichter. Zelf zullen zij de gegevens moeten invoeren van bodem- en luchttemperaturen, globale straling en een proefvoogst.

Literatuur

- Benschop, M., 1980a. Growth and development of tulip cv. Apeldoorn from planting until emergence. *Acta Hort.* 109: 189-196.
- Benschop, M., 1980b. Photosynthesis and respiration of Tulipa sp. Apeldoorn. *Scientia Hort.* 12: 361-375.
- Benschop, M. & G.G.M. van der Valk, 1984: The effect of defoliation on bulb production of tulip cultivar Apeldoorn. *Scientia Hort.* 24: 83-91.
- Bruin, P.N.A., G.G.M. van der Valk & M. Benschop, 1985. Clustergewicht en sorteringen hebben vaste relatie. *Bloembollencultuur* 96(59): 10-11.
- De Hertogh, A.A. & T. Breg, 1980. Internodal growth of the tulip during greenhouse phase of standard forcing. *Acta Hort.* 109: 157-162.
- ~~De Wit, C.T., 1965. Photosynthesis of leaf canopies. *Agric. Res. Rep.*, no. 663, 57 pp.~~
- Goudriaan, J. & H.H. van Laar, 1978. Calculation of daily totals of the gross CO₂-assimilation of leaf canopies. *Neth. J. Agric. Sci.* 26: 373-382.
- Koster, J., 1980. Storage of tulip planting stock in relation to growth and yield, *Acta Hort.* 109: 49-56.
- Kraaijenga, D.A., 1960. Groeimetingen bij de tulpebol. *Meded. Landbouwhogeschool, Wageningen* 60: 1-53.
- Le Nard, M., 1972. Incidence de séquence de hautes et basses températures sur la différenciation des bourgeons, l'enracinement et la bulbification chez la tulipe. *Ann. Amélior. Plantes* 22: 39-59.
- Loftfield, J.V.G., 1921. The behaviour of stomata. *Carnegie Inst.* Washington, publ. 314, 104 pp + 16 plates.
- Penning de Vries, F.W.T., 1975a. The cost of maintenance processes in plant cells. *Ann. Bot.* 39: 77-92.
- Penning de Vries, F.W.T., 1975b. The use of assimilates in higher plants. ~~In: Photosynthesis and productivity in different environments. Ed. J.P. Cooper, Cambridge Univ. Press., 459-480.~~
- Penning de Vries, F.W.T. & H.H. van Laar (Eds.), 1982. Simulation of plant growth and crop production. *Simulation Monographs*, PUDOC, Wageningen, 308 pp.

- Rees, A.R., 1972. The growth of bulbs. Applied aspects of the physiology of ornamental bulbous crop plants. Academic Press, London and New York, XI + 311 pp.
- Rees, A.R. & J.H.M. Thornley, 1973. A simulation of tulip growth in the field. Ann. Bot. 37: 121-131.
- Schenk, P.K., 1969. Geschiktheid van verschillende geografische gebieden voor de bloembollencultuur. Meded. Dir. Tuinbouw 32: 293-300.
- Timmer, M.J.G., J.P. van Tongeren & P.J. Jakobs, 1976. Simulatie van de groei van de tulpecultivar Lustige Witwe. Rapport 32 LBO.
-
-
-

Tabel 1. Ontwikkelingsstadia van een tulpegewas.

Ontwikkelings- stadium (DVSP)	Omschrijving
0.3	planten
0.7	opkomst
0.75	begin fotosynthese
1.0	bloei
1.125	fotosynthese en herverdeling assimilaten
1.66	oogsten

Tabel 2. Procentuele verdeling van het clustergewicht over verschillende ziftmaten bij cv. "Apeldoorn".

Totaal gewicht cluster in g	≤ 8-9	9-10	ziftmaten 10-11	11-12	≥ 12
11	78	20	2	0	0
13	65	27	6	2	0
15	53	33	11	3	0
17	45	30	16	8	1
19	37	27	22	12	2
21	34	21	24	18	3
23	33	17	23	22	5
25	32	14	21	25	8
27	31	11	19	27	12
29	31	8	16	29	16
31	31	6	14	28	21
33	29	5	12	27	27
35	26	5	10	25	34
37	25	4	8	22	41
39	24	4	6	18	48
41	22	4	4	16	54
43	21	4	4	13	58
45	20	4	3	11	62
47	19	3	3	10	65
49	18	3	3	9	67
67	18	3	3	8	68

Tabel 3. Procentuele verdeling van het clustergewicht over verschillende ziftmaten bij cv "Apeldoorn", zoals opgenomen in het model TUCROS.

**

TABLE SIZE(1-105)= 0.78,0.20,0.02,0.00,0.00,...
0.65,0.27,0.06,0.02,0.00,...
0.53,0.33,0.11,0.03,0.00,...
0.45,0.30,0.16,0.08,0.01,...
0.37,0.27,0.22,0.12,0.02,...
0.34,0.21,0.24,0.18,0.03,...
0.33,0.17,0.23,0.22,0.05,...
0.32,0.14,0.21,0.25,0.08,...
0.31,0.11,0.19,0.27,0.12,...
0.31,0.08,0.16,0.29,0.16,...
0.31,0.06,0.14,0.28,0.21,...
0.29,0.05,0.12,0.27,0.27,...
0.26,0.05,0.10,0.25,0.34,...
0.25,0.04,0.08,0.22,0.41,...
0.24,0.04,0.06,0.18,0.48,...
0.22,0.04,0.04,0.16,0.54,...
0.21,0.04,0.04,0.13,0.58,...
0.20,0.04,0.03,0.11,0.62,...
0.19,0.03,0.03,0.10,0.65,...
0.18,0.03,0.03,0.09,0.67,...
0.18,0.03,0.03,0.08,0.68

** TABLE PRESENTS THE DISTRIBUTION OF THE BULBWEIGHT IN A

** NUMBER OF SIZECLASSES AS PERCENTAGES OF TOTAL BULB

** PRODUCTION

** COLUMN 1 SMALLER OR EQUAL SIZE 8

** COLUMN 2 SIZE 9, 3 SIZE 10, 4 SIZE 11, 5 SIZE 12 UP

**

Tabel 4. Oogstprognose 1984.

Gesimuleerde eind oogsten ($\text{kg drogestof ha}^{-1}$) met oogstdag, gebaseerd op het begingewicht op dag 139, op verschillende proefoogstdata waarbij na dag 139 de temperatuur- en stralingsgegevens van het lopend seizoen ingevuld werden (RWL = 0.65, DVSP = 1.66).

Dag van de proefoogst	139		156		170		184	
Combinaties*	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha^{-1})	Oogstdag	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha^{-1})	Oogstdag	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha^{-1})	Oogstdag	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha^{-1})	Oogstdag
AVG	18256	182						
HIHI	12537	159	13447	174	16284	178	19270	192
HILO	11075	159	12669	174	15478	178	19305	193
LOHI	21736	188	19371	189	19237	189	19259	192
LOLO	17602	188	17461	189	17774	189	19280	193

Tabel 5. Vergelijking van de gesimuleerde eind oogsten ($\text{kg drogestof ha}^{-1}$) op proefoogstdag 184 in 1984, onder verschillende omstandigheden, namelijk RWL = 0.65 en RWL = 0.75.

Combinaties*	RWL = 0.65		RWL = 0.75	
	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha^{-1})	Oogstdag	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha^{-1})	Oogstdag
HIHI	19270	192	18029	192
HILO	19305	193	17961	193
LOHI	19259	192	18025	192
LOLO	19280	193	17940	193

*zie tekst

Tabel 6. Oogstprognose 1984.

Gesimuleerde eind oogsten (kg drogestof ha⁻¹) met oogstdag, gebaseerd op het begingewicht op dag 139, op verschillende proefoogstdata waarbij na dag 139 de temperatuur- en stralingsgevens van het lopend seizoen ingevuld werden (RWL = 0.75; DVSP = 1.66).

Dag van de proefoogst	139		156		170		184	
Combinaties*	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha ⁻¹)	Oogstdag	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha ⁻¹)	Oogstdag	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha ⁻¹)	Oogstdag	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha ⁻¹)	Oogstdag
AVG	17235	182						
HIHI	12212	159	13839	175	15897	178		
HILO	11075	159	12986	175	15472	178	18080	192
LOHI	20586	188	18881	189	18318	189		
LOLO	17082	188	16450	189	17038	189		

*zie tekst

Tabel 7. Oogstprognose 1984.

Gesimuleerde oogsten op dag 184, eind oogstdag seizoen 1984, gebaseerd op het begingewicht op dag 139, op verschillende proefoogstdata waarbij na dag 139 de temperatuur- en stralingsgegevens van het lopend seizoen ingevuld zijn (RWL = 0.75; DVSP = 1.66).

Dag van de proefoogst	139	156	170	184
Combinaties*	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha ⁻¹)	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha ⁻¹)	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha ⁻¹)	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha ⁻¹)
LOHI	19919	18068	17447	16870
LOLO	16443	15674	16218	

Tabel 8. Oogstprognose 1980.

Gesimuleerde eind oogsten (kg drogestof ha⁻¹) met oogstdag, gebaseerd op het begingewicht op dag 140, op verschillende proefoogstdata waarbij na dag 140 de temperatuur- en stralingsgegevens van het lopend seizoen ingevuld werden (RWL = 0.75; DVSP = 1.66).

Dag van de proefoogst	140		154		168		182	
Combinaties*	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha ⁻¹)	Oogstdag	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha ⁻¹)	Oogstdag	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha ⁻¹)	Oogstdag	Gesimuleerde eind oogst (kg ds ha ⁻¹)	Oogstdag
HIHI	14028	159	14994	166	17806	176	18258	184
HILO	12671	159	14234	166	17669	176		
LOHI	23634	189	22663	188	18688	184		
LOLO	19456	189	19538	188	18416	184		

*zie tekst

Tabel 9. Prognose 1984.

Prognose van de hoeveelheid (kg ha^{-1}) leverbare bollen en plantgoed op de oogstdag. De prognoses zijn uitgevoerd met de gegevens van dag 139.

Combinaties*	Oogstdag	Leverbaar	Plantgoed
AVG	184	26634	7080
HIHI	159	17342	7083
HILO	159	15283	6866
LOHI	188	31647	8412
LOLO	188	26261	6981

*zie tekst

Tabel 10. Prognose 1984.

Gesimuleerde hoeveelheid (kg ha^{-1}) leverbare bollen en plantgoed op de officiële oogstdag, dag 184.

Oogstdag	Leverbaar	Plantgoed
184	25734	6916

Tabel 11. Prognose 1984.

Gesimuleerde aantal bollen in de diverse ziftmaten, gegroeid uit ziftmaat 9-10 cm van de cv. Apeldoorn.

Combinaties*		HIHI						HILO						LOHI						LOLO					
Ziftmaat		10-11	11-12	12	10-11	11-12	12		10-11	11-12	12	10-11	11-12	12		10-11	11-12	12	10-11	11-12	12				
Prognosedag	Oogstdag	cm	cm	cm	cm	cm	cm	Oogstdag	cm	cm	cm	cm	cm	cm	Oogstdag	cm	cm	cm	cm	cm	cm				
139	159	92606	195398	261466	104974	201359	199628	188	56957	116537	711239	47263	96702	590185											
156	175	51052	156684	379692	72379	166602	318995	189	52240	106887	652344	45514	104765	559993											
170	178	43983	101240	541151	42808	109483	510682	189	50682	103698	632884	47141	96453	588664											
184	192	50025	102354	624681	50025	102354	624681	192	50025	102354	624681	50025	102354	624681											

* zie tekst

Tabel 12. Prognose 1984.

Gesimuleerde en waargenomen aantal bollen in de diverse ziftmaten op de definitieve oogstdag, dag 184.

Ziftmaat	10-11 cm	11-12 cm	12 cm
Gesimuleerd	46824	95805	584709
Waargenomen	45764	93634	571478

Tabel 13. Bodemtemperatuur, luchttemperatuur en globale straling in het gemiddelde jaar (AVG).

**

TITLE SEASON 1974-1975, AVERAGE SEASON

**

FUNCTION TSTB = 1., 7.4,...

2., 5.6, 3., 5.1, 4., 5.4, 5., 7.0, 6., 7.7, 7., 6.3, ...
8., 4.8, 9., 6.7, 10., 6.7, 11., 7.0, 12., 6.7, 13., 5.6, ...
14., 6.8, 15., 8.0, 16., 7.8, 17., 6.3, 18., 5.4, 19., 4.6, ...
20., 4.2, 21., 4.6, 22., 5.1, 23., 5.3, 24., 5.2, 25., 5.2, ...
26., 4.2, 27., 5.3, 28., 5.0, 29., 4.6, 30., 7.6, 31., 7.5, ...
32., 6.7, 33., 6.8, 34., 5.6, 35., 3.8, 36., 2.2, 37., 2.0, ...
38., 2.1, 39., 2.2, 40., 1.6, 41., 2.6, 42., 4.3, 43., 5.5, ...
44., 5.7, 45., 4.0, 46., 2.1, 47., 1.0, 48., 3.5, 49., 4.7, ...
50., 3.5, 51., 2.3, 52., 2.3, 53., 2.1, 54., 2.5, 55., 3.8, ...
56., 3.3, 57., 2.8, 58., 2.8, 59., 2.7, 60., 3.3, 61., 5.2, ...
62., 6.8, 63., 6.3, 64., 6.1, 65., 6.0, 66., 6.5, 67., 6.3, ...
68., 6.5, 69., 6.8, 70., 6.4, 71., 5.5, 72., 5.0, 73., 5.0, ...
74., 4.9, 75., 4.2, 76., 4.3, 77., 4.0, 78., 4.2, 79., 4.2, ...
80., 4.8, 81., 4.6, 82., 5.7, 83., 5.7, 84., 5.5, 85., 5.3, ...
86., 5.0, 87., 5.0, 88., 4.5, 89., 4.3, 90., 5.0, 91., 5.5, ...
92., 5.0, 93., 5.0, 94., 4.6, 95., 4.8, 96., 4.8, 97., 5.9, ...
98., 5.0, 99., 5.1, 100., 5.3, 101., 5.3, 102., 5.7, 103., 7.0, ...
104., 7.4, 105., 7.4, 106., 6.8, 107., 7.3, 108., 8.6, 109., 7.9, ...
110., 8.3, 111., 9.8, 112., 10.5, 113., 9.9, 114., 9.7, 115., 10.5, ...
116., 10.2, 117., 10.5, 118., 11.6, 119., 11.8, 120., 11.8, 121., 11.3, ...
122., 10.5, 123., 10.5, 124., 10.6, 125., 11.4, 126., 12.1, 127., 11.2, ...
128., 12.6, 129., 13.5, 130., 12.3, 131., 11.7, 132., 13.3, 133., 12.2, ...
134., 13.3, 135., 13.3, 136., 14.4, 137., 14.8, 139., 15.3, 140., 13.9, ...
141., 13.3, 142., 12.7, 143., 12.6, 144., 12.8, 145., 13.5, 146., 14.1, ...
147., 14.5, 148., 15.2, 149., 13.7, 150., 13.5, 151., 13.4, 152., 13.3, ...
153., 12.5, 154., 12.5, 155., 13.3, 156., 13.9, 157., 15.6, 158., 15.6, ...
159., 15.7, 160., 15.4, 161., 16.1, 162., 16.3, 163., 16.6, 164., 16.3, ...
165., 15.6, 166., 14.2, 167., 16.7, 168., 16.1, 169., 17.1, 170., 17.0, ...
171., 17.3, 172., 17.3, 173., 16.6, 174., 18.4, 175., 17.8, 176., 16.8, ...
177., 18.0, 178., 16.3, 179., 15.6, 180., 16.2, 181., 16.1, 182., 16.7, ...
183., 17.6, 184., 17.0, 185., 16.3, 186., 16.3, 187., 17.4, 188., 18.4, ...
189., 18.8, 190., 18.7, 191., 18.8, 192., 18.0, 193., 18.2, 194., 17.8, ...
195., 18.7, 196., 17.7, 197., 17.4, 198., 17.9, 199., 17.8, 200., 18.7, ...
201., 18.2, 202., 18.5, 203., 16.7, 204., 16.1, 205., 15.9, 206., 16.2, ...
207., 17.0, 208., 17.4, 209., 18.3, 210., 19.2, 211., 19.8, 212., 19.6, ...
274., 10.8, 275., 10.6, 276., 10.6, 277., 10.5, 278., 10.0, 279., 10.6, ...
280., 9.7, 281., 9.9, 282., 9.8, 283., 9.9, 284., 9.8, 285., 8.9, ...
286., 8.7, 287., 8.8, 288., 8.8, 289., 8.7, 290., 8.2, 291., 8.5, ...
292., 8.5, 293., 8.5, 294., 8.2, 295., 8.8, 296., 9.3, 297., 9.2, ...
298., 8.9, 299., 9.2, 300., 8.4, 301., 8.1, 302., 7.5, 303., 6.5, ...
304., 5.5, 305., 5.7, 306., 6.0, 307., 6.5, 308., 6.8, 309., 6.4, ...
310., 6.3, 311., 5.8, 312., 5.8, 313., 7.4, 314., 7.0, 315., 6.9, ...
316., 6.3, 317., 6.5, 318., 7.5, 319., 7.6, 320., 6.8, 321., 6.3, ...
322., 7.0, 323., 6.9, 324., 6.3, 325., 6.9, 326., 7.3, 327., 7.6, ...
328., 7.1, 329., 6.0, 330., 5.7, 331., 5.6, 332., 5.7, 333., 5.4, ...
334., 5.7, 335., 7.2, 336., 8.9, 337., 8.9, 338., 7.6, 339., 6.9, ...
340., 7.7, 341., 8.5, 342., 8.7, 343., 7.5, 344., 6.4, 345., 5.1, ...
346., 4.7, 347., 4.7, 348., 5.7, 349., 5.5, 350., 6.0, 351., 5.3, ...
352., 4.8, 353., 6.3, 354., 7.0, 355., 7.0, 356., 6.9, 357., 7.8, ...
358., 6.6, 359., 7.1, 360., 7.9, 361., 7.6, 362., 8.5, 363., 7.3, ...
364., 5.9, 365., 7.0

**

**

** AIR TEMPERATURE (AVERAGE), VALKENBURG, K.N.M.I. LISTING

**

**

Tabel 13. (Vervolg)

FUNCTION TATB = 0., 7.4,...

32., 7.4, 33., 9.6, 34., 4.6, 35., 2.4, 36., -0.4, 37., 0.7, ...
38., 0.3, 39., 0.5, 40., 1.1, 41., 2.2, 42., 5.2, 43., 6.6, ...
44., 6.9, 45., 3.9, 46., -0.5, 47., -0.7, 48., 3.5, 49., 5.9, ...
50., 3.7, 51., 1.5, 52., 2.2, 53., 0.9, 54., 2.8, 55., 3.2, ...
56., 2.8, 57., 3.7, 58., 3.0, 59., 1.9, 60., 3.9, 61., 6.4, ...
62., 9.2, 63., 6.6, 64., 6.3, 65., 5.9, 66., 7.6, 67., 6.9, ...
68., 6.5, 69., 6.3, 70., 5.9, 71., 4.8, 72., 3.9, 73., 4.4, ...
74., 4.5, 75., 4.3, 76., 2.5, 77., 1.7, 78., 3.0, 79., 4.6, ...
80., 3.5, 81., 3.5, 82., 4.8, 83., 5.0, 84., 4.7, 85., 4.4, ...
86., 2.0, 87., 3.9, 88., 3.9, 89., 2.9, 90., 3.4, 91., 4.7, ...
92., 5.1, 93., 3.9, 94., 2.9, 95., 3.1, 96., 3.8, 97., 4.0, ...
98., 4.7, 99., 4.6, 100., 4.0, 101., 5.0, 102., 6.8, 103., 8.0, ...
104., 8.4, 105., 7.9, 106., 6.5, 107., 7.3, 108., 12.3, 109., 10.0, ...
110., 7.7, 111., 9.6, 112., 11.2, 113., 8.4, 114., 7.2, 115., 7.9, ...
116., 7.9, 117., 8.4, 118., 11.3, 119., 11.3, 120., 8.7, 121., 9.8, ...
122., 8.9, 123., 8.1, 124., 8.1, 125., 10.1, 126., 12.2, 127., 11.1, ...
128., 11.6, 129., 10.3, 130., 10.5, 131., 8.7, 132., 9.8, 133., 11.4, ...
134., 11.3, 135., 10.7, 136., 12.8, 137., 13.5, 138., 10.4, 139., 9.8, ...
140., 11.0, 141., 9.3, 142., 8.2, 143., 7.7, 144., 8.4, 145., 11.8, ...
146., 13.5, 147., 14.3, 148., 13.0, 149., 9.7, 150., 7.8, 151., 8.7, ...
152., 7.9, 153., 7.2, 154., 7.7, 155., 8.9, 156., 12.3, 157., 16.6, ...
158., 17.7, 159., 17.3, 160., 16.9, 161., 16.6, 162., 19.4, 163., 18.0, ...
164., 14.9, 165., 14.8, 166., 12.6, 167., 12.2, 168., 13.1, 169., 13.9, ...
170., 13.5, 171., 15.6, 172., 18.6, 173., 17.2, 174., 18.0, 175., 16.4, ...
176., 13.4, 177., 13.5, 178., 13.3, 179., 12.3, 180., 14.0, 181., 14.2, ...
182., 14.0, 183., 15.8, 184., 16.6, 185., 16.2, 186., 14.9, 187., 16.7, ...
188., 18.6, 189., 19.5, 190., 17.8, 191., 17.6, 192., 17.1, 193., 16.7, ...
194., 17.7, 195., 19.8, 196., 17.4, 197., 16.7, 198., 17.1, 199., 16.5, ...
200., 16.7, 201., 16.6, 202., 15.9, 203., 15.9, 204., 15.9, 205., 14.8, ...
206., 14.1, 207., 15.2, 208., 17.1, 209., 16.8, 210., 17.5, 211., 20.1, ...
212., 20.4

**

**

** GLOBAL RADIATION, GIVEN BY NAALDWIJK

**

FUNCTION DTRT = 0., 504.,...

32., 504., 33., 527., 34., 401., 35., 593., 36., 544., ...
37., 662., 38., 659., 39., 456., 40., 767., 41., 603., ...
42., 251., 43., 273., 44., 229., 45., 616., 46., 497., ...
47., 823., 48., 155., 49., 564., 50., 644., 51., 906., ...
52., 936., 53., 832., 54., 911., 55., 797., 56., 469., ...
57., 987., 58., 1068., 59., 962., 60., 652., 61., 401., ...
62., 549., 63., 445., 64., 527., 65., 425., 66., 265., ...
67., 587., 68., 262., 69., 790., 70., 66., 71., 189., ...
72., 158., 73., 174., 74., 284., 75., 1114., 76., 1021., ...
77., 1187., 78., 154., 79., 118., 80., 1577., 81., 200., ...
82., 1459., 83., 1454., 84., 961., 85., 550., 86., 385., ...
87., 1175., 88., 828., 89., 707., 90., 1519., 91., 985., ...
92., 761., 93., 1474., 94., 1103., 95., 802., 96., 409., ...
97., 853., 98., 1371., 99., 1689., 100., 1629., 101., 489., ...
102., 469., 103., 1061., 104., 494., 105., 635., 106., 479., ...
107., 663., 108., 991., 109., 472., 110., 2169., 111., 1994., ...
112., 1990., 113., 891., 114., 1105., 115., 1606., 116., 990., ...
117., 1009., 118., 1259., 119., 1811., 120., 2331., 121., 1960., ...
122., 899., 123., 1809., 124., 2053., 125., 2167., 126., 2078., ...
127., 637., 128., 1923., 129., 2114., 130., 1078., 131., 1064., ...
132., 2418., 133., 482., 134., 1809., 135., 1322., 136., 1971., ...
137., 1378., 138., 796., 139., 2337., 140., 2737., 141., 2522., ...
142., 1837., 143., 1837., 144., 1728., 145., 2241., 146., 2301., ...

Tabel 13. (Vervolg)

147.,2226.,148.,2590.,149.,1221.,150.,2159.,151.,2520.,...
152.,2232.,153.,1033.,154.,1078.,155.,2437.,156.,1876.,...
157.,2666.,158.,2668.,159.,2710.,160.,2777.,161.,2521.,...
162.,2858.,163.,2716.,164.,2632.,165.,2082.,166., 589.,...
167.,2821.,168.,1027.,169.,2662.,170.,2689.,171.,2777.,...
172.,1919.,173.,1319.,174.,1836.,175.,1145.,176.,2154.,...
177.,2821.,178.,1513.,179.,1707.,180.,2055.,181.,2682.,...
182.,2939.,183.,2586.,184., 718.,185., 724.,186.,1549.,...
187.,2750.,188.,2719.,189.,1799.,190.,2241.,191.,2177.,...
192.,1379.,193.,2241.,194.,1377.,195.,2241.,196.,2096.,...
197.,1675.,198.,1252.,199.,1468.,200.,2136.,201.,1010.,...
202.,2162.,203.,1218.,204., 701.,205.,2130.,206.,2144.,...
207.,1879.,208.,1392.,209.,2331.,210.,2538.,211.,2461.,...
212.,1921.

Tabel 14. Gegevens van hoge bodemtemperaturen, voor oogstprognose.

** HISO.DAT (HOGE BODEMTEMPERATUREN)

131.,12.9,132.,13.2,133.,13.0,134.,12.8,135.,12.9,136.,12.7,...
137.,12.5,138.,12.7,139.,13.2,140.,13.9,141.,13.6,142.,13.1,...
143.,13.0,144.,13.0,145.,13.0,146.,13.7,147.,14.0,148.,13.8,...
149.,14.0,150.,14.5,151.,15.4,152.,15.5,153.,16.4,154.,17.1,...
155.,16.8,156.,17.2,157.,17.7,158.,17.3,159.,17.2,160.,16.7,...
161.,16.2,162.,15.6,163.,16.5,164.,17.5,165.,17.3,166.,16.8,...
167.,15.7,168.,15.5,169.,16.3,170.,15.4,171.,14.9,172.,17.0,...
173.,17.8,174.,18.1,175.,19.0,176.,19.5,177.,20.0,178.,20.5,...
179.,20.0,180.,19.9,181.,19.8,...

Tabel 15. Gegevens van lage bodemtemperaturen, voor oogstprognose.

** LOSO.DAT (LAGE BODEMTEMPERATUREN)

131.,13.7,132.,12.3,133.,11.1,134.,11.2,135.,11.7,136.,11.8,...
137., 9.8,138.,10.4,139.,13.5,140.,15.0,141.,14.3,142.,14.2,...
143.,14.2,144.,13.8,145.,13.7,146.,14.2,147.,15.0,148.,15.0,...
149.,14.2,150.,14.6,151.,13.8,152.,14.3,153.,12.3,154.,12.7,...
155.,14.8,156.,14.7,157.,15.9,158.,16.3,159.,16.9,160.,17.5,...
161.,15.5,162.,17.0,163.,17.1,164.,17.0,165.,14.5,166.,12.3,...
167.,14.4,168.,15.2,169.,14.5,170.,14.4,171.,13.4,172.,15.7,...
173.,15.2,174.,14.8,175.,14.6,176.,14.5,177.,14.0,178.,13.9,...
179.,13.8,180.,14.2,181.,14.6,...

Tabel 16. Gegevens van hoge luchttemperaturen, voor oogstprognose.

** HIAI.DAT (HOGE LUCHTTEMPERATUREN)

131.,19.8,132.,16.0,133.,14.8,134.,12.8,135.,14.3,136.,11.8,...
137., 9.8,138.,13.0,139.,15.5,140.,19.3,141.,14.5,142.,13.6,...
143.,12.6,144.,12.8,145.,14.3,146.,19.1,147.,16.1,148.,13.3,...
149.,15.0,150.,17.5,151.,20.0,152.,20.6,153.,22.1,154.,22.0,...
155.,20.7,156.,22.0,157.,21.4,158.,20.8,159.,17.8,160.,14.9,...
161.,16.0,162.,14.8,163.,15.8,164.,18.7,165.,21.0,166.,16.3,...
167.,14.5,168.,13.4,169.,14.1,170.,13.9,171.,13.2,172.,14.6,...
173.,17.7,174.,21.4,175.,22.2,176.,23.3,177.,24.6,178.,24.7,...
179.,23.7,180.,20.4,181.,21.8

Tabel 17. Gegevens van lage luchttemperaturen, voor oogstprognose.

** LOAI.DAT (LAGE LUCHTTEMPERATUREN)

131.,10.6,132., 9.1,133., 8.4,134., 9.4,135., 9.0,136.,10.3,...
137., 7.4,138., 8.6,139.,11.5,140.,13.0,141.,12.3,142.,11.5,...
143.,10.8,144.,11.1,145.,11.1,146.,11.0,147.,12.8,148.,12.5,...
149.,10.0,150.,11.2,151.,10.4,152.,11.6,153.,10.1,154.,11.1,...
155.,11.8,156.,11.0,157.,12.0,158.,13.4,159.,12.3,160.,14.6,...
161.,13.4,162.,14.0,163.,12.7,164.,11.9,165.,12.2,166., 9.7,...
167.,11.8,168.,12.0,169.,11.5,170.,12.3,171.,12.5,172.,15.0,...
173.,14.8,174.,13.3,175.,11.8,176.,11.6,177.,11.5,178.,11.2,...
179.,11.4,180.,13.2,181.,14.4

Tabel 18. Gegevens van hoge globale straling, voor oogstprognose.

```
** H1DT.DAT (HOGE GLOBALE STRALING)
131.,2690.,132.,2582.,133.,2632.,134.,2726.,135.,2679.,...
136.,2403.,137.,2299.,138.,2482.,139.,2693.,140.,2202.,...
141.,1493.,142.,2708.,143.,2240.,144.,2580.,145.,2603.,...
146.,2757.,147.,2796.,148.,2711.,149.,2776.,150.,2501.,...
151.,2766.,152.,2600.,153.,2576.,154.,2448.,155.,2140.,...
156.,2537.,157.,1903.,158.,2426.,159.,2429.,160.,2954.,...
161.,2625.,162.,2531.,163.,2447.,164.,2402.,165.,2906.,...
166.,2841.,167.,2832.,168.,1475.,169.,2465.,170.,2644.,...
171.,1241.,172.,2464.,173.,2638.,174.,2533.,175.,2353.,...
176.,2266.,177.,2521.,178.,2436.,179.,2620.,180.,2791.,...
181.,2798.
```

Tabel 19. Gegevens van lage globale straling, voor oogstprognose.

```
** L0DT.DAT (LAGE GLOBALE STRALING)
131.,1064.,132.,2418.,133., 482.,134.,1809.,135.,1322.,...
136.,1971.,137.,1378.,138., 796.,139.,2337.,140.,2737.,...
141.,1344.,142.,1708.,143., 750.,144.,1240.,145.,1613.,...
146.,1026.,147.,1200.,148., 838.,149.,1546.,150.,1546.,...
151.,2002.,152.,2595.,153.,1015.,154.,1137.,155.,1456.,...
156., 831.,157., 988.,158.,1568.,159.,2592.,160., 850.,...
161.,1012.,162.,1753.,163.,1280.,164.,1252.,165., 833.,...
166., 262.,167.,1919.,168.,2318.,169.,1791.,170.,1243.,...
171., 405.,172.,1512.,173.,1137.,174.,2408.,175.,2492.,...
176.,1981.,177.,1078.,178., 319.,179., 295.,180., 320.,...
181., 598.
```

Tabel 20. Drooggewichten, temperatuur-en stralingsgevens van 1983-1984.

```

TIMER TIME=138.
** DATA FOR HARVEST UP TO DAY 138. ESTIMATED
FUNCTION MLVTB= 95., 0.821, 123.,2.358, 139., 2.4513, 156.,2.6060, ...
170.,2.3835,184.,1.5795
FUNCTION MSTTB= 95.,0.301, 123.,2.009, 139.,1.3201, 156.,1.1645, ...
170.,1.3530,184.,0.9089
FUNCTION MFLTB= 95.,0.110, 123.,0.7184, 184., 0.7184
FUNCTION MABTB=95.,0.047, 123.,0.642, 139.,3.8104, 156.,7.9661, ...
170.,11.6328,184.,14.2659
FUNCTION MBBTB= 95.,0.047, 123.,0.404, 139.,2.6562, 156.,3.9222, ...
170.,4.4202,184.,4.6605
FUNCTION MOBTB=95.,0.423, 123.,0.282, 139., 0.2469, 156.,0.2089, ...
170.,0.2642,184.,0.1980
**
FUNCTION TSTB= 1., 5.3, 2., 5.0, 3., 4.5, 4., 3.6, 5., 3.4,...
6., 3.6, 7., 3.9, 8., 3.0, 9., 2.8, 10., 2.7,...
11., 4.5, 12., 3.9, 13., 3.7, 14., 3.2, 15., 2.0,...
16., 2.6, 17., 2.9, 18., 2.4, 19., 1.9, 20., 0.9,...
21.,-0.1, 22.,-0.7, 23.,-0.3, 24.,-0.3, 25., 0.3,...
26., 0.2, 27., 0.4, 28., 1.3, 29., 1.6, 30., 1.8,...
31., 1.9, 32., 1.3, 33., 2.5, 34., 2.9, 35., 2.8,...
36., 3.5, 37., 3.5, 38., 2.8, 39., 2.3, 40., 2.4,...
41., 2.1, 42., 3.1, 43., 1.9, 44., 1.0, 45., 0.3,...
46., 0.3, 47.,-0.3, 48.,-0.4, 49.,-0.7, 50.,-1.2,...
51.,-1.5, 52.,-0.1, 53., 0.4, 54., 0.1, 55., 0.2,...
56., 0.0, 57., 0.1, 58., 0.3, 59., 0.4, 60., 1.0,...
61., 1.3, 62., 1.8, 63., 1.6, 64., 1.8, 65., 2.6,...
66., 3.1, 67., 3.4, 68., 2.5, 69., 1.4, 70., 1.9,...
71., 3.2, 72., 3.0, 73., 2.1, 74., 2.2, 75., 2.0,...
76., 2.0, 77., 1.5, 78., 1.5, 79., 1.6, 80., 1.8,...
81., 1.8, 82., 1.9, 83., 2.0, 84., 2.3, 85., 2.7,...
86., 3.5, 87., 4.0, 88., 4.7, 89., 4.0, 90., 3.7,...
91., 3.3, 92., 2.5, 93., 1.6, 94., 1.5, 95., 2.3,...
96., 2.7, 97., 3.3, 98., 4.0, 99., 3.5,100., 4.0,...
101., 4.6,102., 4.2,103., 5.2,104., 4.6,105., 5.3,...
106., 5.7,107., 5.5,108., 5.2,109., 5.4,110., 6.3,...
111., 6.5,112., 7.3,113., 8.0,114., 7.7,115., 8.5,...
116., 9.2,117., 9.1,118., 9.4,119., 8.9,120., 8.8,...
121., 8.8,122., 8.9,123., 9.2,124.,10.2,125.,10.7,...
126.,11.0,127., 9.4,128., 9.5,129., 9.8,130.,10.1,...
131.,10.3,132.,10.2,133.,10.1,134.,10.3,135.,10.3,...
136.,10.6,137.,11.4,138.,10.9,139.,11.7,140.,11.5,...
141.,10.4,142., 9.1,143., 9.8,144., 9.8,145.,11.6,...
146.,10.8,147.,11.6,148.,12.0,149.,11.6,150.,10.9,...
151.,11.2,152.,13.3,153.,13.3,154.,12.7,155.,13.6,...
156.,12.2,157.,13.1,158.,13.2,159.,13.2,160.,12.3,...
161.,12.4,162.,12.7,163.,13.4,164.,14.1,165.,14.2,...
166.,14.0,167.,14.3,168.,14.9,169.,15.0,170.,17.4,...
171.,17.6,172.,18.2,173.,17.7,174.,15.2,175.,14.8,...
176.,14.5,177.,14.3,178.,15.7,179.,16.3,180.,15.3,...
181.,14.9,182.,14.8,...
322., 3.7,323., 5.4,324., 5.3,325., 4.5,326., 4.2,...
327., 3.8,328., 2.6,329., 5.7,330., 8.0,331., 7.9,...
332., 7.0,333., 6.0,334., 4.8,335., 2.7,336., 1.8,...
337., 1.3,338., 1.2,339., 2.0,340., 2.9,341., 2.8,...
342., 3.0,343., 3.8,344., 3.2,345., 1.8,346., 1.2,...
347., 1.0,348., 0.9,349., 0.7,350., 1.0,351., 0.9,...
352., 1.7,353., 2.5,354., 3.5,355., 3.7,356., 4.1,...
357., 4.8,358., 4.8,359., 6.1,360., 5.2,361., 4.9,...
362., 5.9,363., 5.9,364., 4.8,365., 4.4

```

Tabel 20. (Vervolg)

**

**

FUNCTION TATB = 0.0, 2.7,...

61., 2.7, 62., 4.2, 63., 3.6, 64., 3.2, 65., 5.6,...
66., 5.6, 67., 5.2, 68., 3.3, 69., 1.9, 70., 4.0,...
71., 4.8, 72., 4.9, 73., 2.9, 74., 3.2, 75., 3.3,...
76., 2.1, 77., 2.4, 78., 2.3, 79., 2.6, 80., 2.8,...
81., 2.4, 82., 2.7, 83., 4.0, 84., 5.6, 85., 6.6,...
86., 6.9, 87., 7.3, 88., 7.5, 89., 4.7, 90., 4.5,...
91., 3.9, 92., 2.2, 93., 3.0, 94., 3.3, 95., 3.6,...
96., 4.1, 97., 4.8, 98., 4.9, 99., 5.1, 100., 5.4,...
101., 4.7, 102., 5.4, 103., 5.8, 104., 5.6, 105., 9.4,...
106., 9.1, 107., 5.7, 108., 5.7, 109., 7.2, 110., 8.9,...
111., 9.5, 112., 12.4, 113., 11.8, 114., 10.0, 115., 13.1,...
116., 13.1, 117., 9.9, 118., 9.5, 119., 9.7, 120., 9.3,...
121., 11.0, 122., 9.3, 123., 9.5, 124., 10.8, 125., 9.6,...
126., 10.7, 127., 8.5, 128., 7.7, 129., 7.2, 130., 7.0,...
131., 6.8, 132., 8.1, 133., 9.2, 134., 11.1, 135., 12.5,...
136., 12.7, 137., 11.4, 138., 10.1, 139., 10.4, 140., 9.7,...
141., 9.2, 142., 8.9, 143., 10.8, 144., 9.6, 145., 10.7,...
146., 9.0, 147., 10.6, 148., 11.8, 149., 10.4, 150., 10.0,...
151., 10.5, 152., 12.7, 153., 12.3, 154., 13.1, 155., 13.3,...
156., 10.5, 157., 11.7, 158., 11.7, 159., 12.3, 160., 10.9,...
161., 10.8, 162., 12.3, 163., 11.8, 164., 12.7, 165., 14.8,...
166., 12.3, 167., 12.1, 168., 12.3, 169., 13.8, 170., 16.9,...
171., 17.0, 172., 19.3, 173., 13.9, 174., 13.7, 175., 11.7,...
176., 11.5, 177., 13.5, 178., 13.9, 179., 14.2, 180., 11.6,...
181., 11.8, 182., 11.5, 183., 12.6, 184., 12.5, 185., 11.7,...
186., 12.3, 187., 12.8, 188., 12.4, 189., 17.5

**

**

FUNCTION DTRT = 0.0, 253.,...

61., 253., 62., 456., 63., 350., 64., 987., 65., 347.,...
66., 309., 67., 862., 68., 1231., 69., 1296., 70., 295.,...
71., 644., 72., 1107., 73., 596., 74., 1209., 75., 1254.,...
76., 768., 77., 1075., 78., 1257., 79., 1172., 80., 1257.,...
81., 1414., 82., 1272., 83., 1240., 84., 272., 85., 858.,...
86., 325., 87., 878., 88., 763., 89., 711., 90., 1495.,...
91., 1067., 92., 1146., 93., 1311., 94., 1082., 95., 351.,...
96., 183., 97., 336., 98., 1016., 99., 583., 100., 1159.,...
101., 948., 102., 1338., 103., 2166., 104., 1932., 105., 1970.,...
106., 1236., 107., 1996., 108., 2132., 109., 1691., 110., 1438.,...
111., 1595., 112., 2041., 113., 1374., 114., 2416., 115., 2271.,...
116., 2275., 117., 2338., 118., 2492., 119., 2398., 120., 2427.,...
121., 1960., 122., 953., 123., 1182., 124., 1424., 125., 1359.,...
126., 1574., 127., 319., 128., 2319., 129., 2113., 130., 1468.,...
131., 865., 132., 1945., 133., 2510., 134., 2101., 135., 2106.,...
136., 835., 137., 1010., 138., 938., 139., 2025., 140., 2234.,...
141., 557., 142., 499., 143., 792., 144., 914., 145., 1329.,...
146., 390., 147., 1511., 148., 820., 149., 761., 150., 287.,...
151., 584., 152., 1812., 153., 1232., 154., 2289., 155., 735.,...
156., 765., 157., 1839., 158., 2011., 159., 493., 160., 799.,...
161., 1995., 162., 2554., 163., 2121., 164., 2571., 165., 1452.,...
166., 1326., 167., 2184., 168., 2658., 169., 2216., 170., 2191.,...
171., 2715., 172., 2311., 173., 2455., 174., 784., 175., 2066.,...
176., 1963., 177., 1664., 178., 2881., 179., 2039., 180., 1812.,...
181., 2058., 182., 2387., 183., 2781., 184., 1258., 185., 1233.,...
186., 1323., 187., 1970.

END

STOP

Tabel 21. Drooggewicht, temperatuur- en stralingsgegevens seizoen
1979-1980.

```
**
**
TIMER TIME = 323.
**
FUNCTION MSTTB= ...
  1.,0.0943, 2.,0.0959, 15.,0.1132, 29.,0.1235, 43.,0.1507,...
  57.,0.2178, 70.,0.2962, 84.,0.3290, 98.,0.3533,112.,1.0750,...
  126.,2.6257,140.,3.1595,154.,2.6108,168.,1.8196,182.,1.4991,...
  324.,0.0413,338.,0.0559,352.,0.0729,365.,0.0927
**
FUNCTION MLVTB= ...
  1.,0.2561, 2.,0.2598, 15.,0.2981, 29.,0.3303, 43.,0.3539,...
  57.,0.4167, 70.,0.5077, 84.,0.6235, 98.,1.0700,112.,2.1519,...
  126.,2.7250,140.,3.2790,154.,3.1427,168.,2.4563,182.,1.5743,...
  324.,0.1181,338.,0.1602,352.,0.2087,365.,0.2574
**
FUNCTION MFLTb= ...
  1.,0.0512, 2.,0.0513, 15.,0.0580, 29.,0.0611, 43.,0.0636,...
  57.,0.0705, 70.,0.0841, 84.,0.0999, 98.,0.1594,112.,0.4284,...
  126.,0.9941,182.,0.9941,...
  324.,0.0281,338.,0.0381,352.,0.0497,365.,0.0510
**
FUNCTION MABTB= ...
  1.,0.0088, 2.,0.0089, 15.,0.0119, 29.,0.0111, 43.,0.0130,...
  57.,0.0161, 70.,0.0220, 84.,0.0294, 98.,0.0666,112.,0.4422,...
  126.,1.3739,140.,4.4143,154.,9.5240,168.,14.3860,182.,15.8932,...
  324.,0.0036,338.,0.0059,352.,0.0077,365.,0.0087
**
FUNCTION MBBTB= ...
  1.,0.0567, 2.,0.0587, 15.,0.0463, 29.,0.0501, 43.,0.0881,...
  57.,0.0873, 70.,0.0987, 84.,0.0921, 98.,0.0867,112.,0.2416,...
  126.,1.0316,140.,2.6818,154.,3.6244,168.,4.6792,182.,5.7928,...
  324.,0.0128,338.,0.0204,352.,0.0314,365.,0.0547
**
FUNCTION MOBTB= ...
  1.,2.8399, 2.,2.8748, 15.,2.7223, 29.,2.5043, 43.,2.1376,...
  57.,1.9768, 70.,1.7160, 84.,1.0106, 98.,0.5007,112.,0.3538,...
  126.,0.2856,140.,0.2387,154.,0.2257,168.,0.2213,182.,0.1864,...
  324.,4.1108,338.,3.7152,352.,3.3631,365.,2.8050
**
**SOIL TEMPERATURE, SEASON 1979-1980 AT LISSE
**
FUNCTION TSTB= 1., 3.0, 2., 3.0, 3., 3.2, 4., 2.7, 5., 4.1,...
               6., 4.9, 7., 4.6, 8., 4.2, 9., 3.7, 10., 3.2,...
               11., 2.5, 12., 1.7, 13., 1.3, 14., 0.4, 15., 0.4,...
               16., 0.6, 17., 0.7, 18., 0.5, 19., 0.6, 20., 0.8,...
               21., 0.8, 22., 1.8, 23., 2.0, 24., 2.5, 25., 2.7,...
               26., 2.5, 27., 2.7, 28., 2.2, 29., 2.6, 30., 3.8,...
               31., 4.2, 32., 3.1, 33., 3.4, 34., 3.8, 35., 3.3,...
               36., 3.5, 37., 3.3, 38., 3.0, 39., 3.7, 40., 3.8,...
               41., 4.0, 42., 4.0, 43., 4.1, 44., 4.3, 45., 4.2,...
               46., 4.2, 47., 4.3, 48., 4.3, 49., 4.6, 50., 4.6,...
               51., 4.8, 52., 4.9, 53., 5.0, 54., 5.3, 55., 4.4,...
               56., 4.2, 57., 4.2, 58., 4.4, 59., 4.8, 60., 4.9,...
               61., 4.7, 62., 4.4, 63., 4.5, 64., 4.7, 65., 5.3,...
               66., 5.2, 67., 4.8, 68., 4.6, 69., 4.6, 70., 4.7,...
               71., 4.8, 72., 6.1, 73., 5.5, 74., 5.5, 75., 5.3,...
               76., 5.7, 77., 5.7, 78., 5.8, 79., 6.1, 80., 5.5,...
               81., 5.0, 82., 5.6, 83., 5.8, 84., 5.7, 85., 4.9,...
               86., 4.3, 87., 4.3, 88., 3.9, 89., 3.3, 90., 4.6,...
```

Tabel 21. (Vervolg)

91.	5.5, 92.	5.9, 93.	7.2, 94.	7.3, 95.	6.3,...
96.	6.8, 97.	7.2, 98.	7.7, 99.	7.4, 100.	7.2,...
101.	6.5, 102.	7.6, 103.	8.2, 104.	7.5, 105.	7.0,...
106.	7.1, 107.	7.5, 108.	8.3, 109.	8.9, 110.	9.7,...
111.	10.1, 112.	10.0, 113.	9.9, 114.	9.7, 115.	9.5,...
116.	9.2, 117.	9.0, 118.	8.9, 119.	8.5, 120.	9.2,...
121.	9.6, 122.	9.3, 123.	9.5, 124.	10.2, 125.	9.1,...
126.	9.2, 127.	10.5, 128.	11.1, 129.	11.1, 130.	10.7,...
131.	10.8, 132.	10.7, 133.	10.6, 134.	11.4, 135.	10.7,...
136.	11.2, 137.	11.9, 138.	12.7, 139.	13.4, 140.	13.5,...
141.	13.7, 142.	13.0, 143.	12.5, 144.	12.4, 145.	12.6,...
146.	12.9, 147.	13.2, 148.	14.0, 149.	13.5, 150.	13.7,...
151.	13.4, 152.	13.9, 153.	14.6, 154.	14.8, 155.	15.7,...
156.	16.6, 157.	16.1, 158.	15.6, 159.	15.5, 160.	15.0,...
161.	15.3, 162.	15.6, 163.	16.5, 164.	17.5, 165.	17.3,...
166.	16.8, 167.	15.7, 168.	15.5, 169.	16.3, 170.	15.4,...
171.	14.9, 172.	15.0, 173.	15.4, 174.	14.9, 175.	14.8,...
176.	15.8, 177.	16.1, 178.	16.0, 179.	15.2, 180.	15.6,...
181.	15.3, 182.	15.5, 183.	15.4, 184.	15.2, 185.	15.0,...
186.	15.7, 187.	16.7,...			
324.	6.7, 325.	6.7, 326.	6.8, 327.	6.8, 328.	6.3,...
329.	6.6, 330.	7.3, 331.	7.7, 332.	7.8, 333.	7.0,...
334.	8.0, 335.	8.4, 336.	9.0, 337.	9.0, 338.	8.8,...
339.	8.4, 340.	7.9, 341.	8.7, 342.	9.2, 343.	8.9,...
344.	8.8, 345.	8.3, 346.	7.3, 347.	7.9, 348.	7.5,...
349.	7.4, 350.	7.5, 351.	7.0, 352.	6.5, 353.	6.5,...
354.	5.2, 355.	5.0, 356.	4.0, 357.	3.9, 358.	4.6,...
359.	4.5, 360.	4.1, 361.	3.7, 362.	4.0, 363.	4.1,...
364.	4.1, 365.	4.1			

**

*AIR TEMPERATURE AT 1.50M, SEASON 1979-1980, VALKENBURG

**

FUNCTION TATB = 0., 6.1,...

60.	6.1, 61.	4.7, 62.	4.2, 63.	4.2, 64.	3.0,...
65.	6.0, 66.	6.4, 67.	6.3, 68.	5.2, 69.	5.9,...
70.	5.5, 71.	6.4, 72.	6.3, 73.	4.7, 74.	2.8,...
75.	4.4, 76.	5.7, 77.	4.4, 78.	1.0, 79.	-0.5,...
80.	-0.2, 81.	1.6, 82.	2.3, 83.	5.2, 84.	5.6,...
85.	6.5, 86.	10.0, 87.	9.7, 88.	6.8, 89.	6.5,...
90.	7.7, 91.	8.7, 92.	7.2, 93.	6.4, 94.	5.0,...
95.	5.4, 96.	6.6, 97.	5.7, 98.	6.1, 99.	6.0,...
100.	6.6, 101.	7.7, 102.	9.4, 103.	12.0, 104.	12.9,...
105.	15.0, 106.	13.3, 107.	8.6, 108.	7.7, 109.	7.1,...
110.	5.9, 111.	6.4, 112.	5.6, 113.	5.9, 114.	7.1,...
115.	6.3, 116.	7.5, 117.	6.3, 118.	6.9, 119.	7.0,...
120.	10.8, 121.	12.7, 122.	10.3, 123.	8.3, 124.	8.5,...
125.	7.5, 126.	8.9, 127.	9.0, 128.	7.5, 129.	7.6,...
130.	10.1, 131.	13.7, 132.	16.1, 133.	15.2, 134.	13.9,...
135.	11.8, 136.	13.3, 137.	14.2, 138.	16.0, 139.	14.1,...
140.	14.0, 141.	14.2, 142.	9.9, 143.	9.6, 144.	10.4,...
145.	11.1, 146.	12.4, 147.	13.0, 148.	13.4, 149.	11.3,...
150.	10.1, 151.	10.3, 152.	12.0, 153.	12.6, 154.	13.4,...
155.	16.2, 156.	19.2, 157.	15.6, 158.	13.9, 159.	13.6,...
160.	16.9, 161.	16.0, 162.	14.8, 163.	15.8, 164.	18.7,...
165.	21.0, 166.	16.3, 167.	14.5, 168.	13.4, 169.	14.1,...
170.	13.9, 171.	13.2, 172.	13.8, 173.	12.8, 174.	12.6,...
175.	12.6, 176.	13.3, 177.	13.0, 178.	13.4, 179.	12.2,...
180.	13.5, 181.	14.1, 182.	13.6, 183.	14.5, 184.	13.4,...
185.	13.6, 186.	15.3, 187.	14.8, 188.	15.0, 189.	14.8

**

Tabel 21. (Vervolg)

**RADIATION, SEASON 1979-1980, GIVEN IN J/CM2/DAY

** DTR TABLE IS TOTAL GLOBAL RADIATION

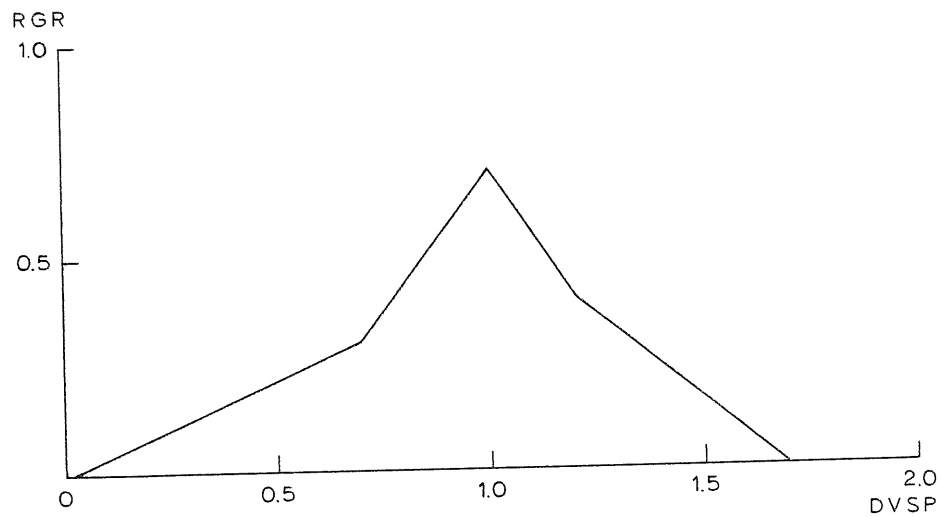
FUNCTION DTRT= 0., 381.,...

60., 381., 61., 702., 62., 702., 63., 907., 64., 265.,...
65., 1031., 66., 183., 67., 326., 68., 326., 69., 326.,...
70., 612., 71., 423., 72., 134., 73., 351., 74., 395.,...
75., 395., 76., 395., 77., 481., 78., 922., 79., 957.,...
80., 1540., 81., 1137., 82., 1318., 83., 872., 84., 1242.,...
85., 1119., 86., 856., 87., 344., 88., 966., 89., 966.,...
90., 321., 91., 843., 92., 541., 93., 1313., 94., 1367.,...
95., 980., 96., 1731., 97., 1487., 98., 793., 99., 1084.,...
100., 1234., 101., 942., 102., 1244., 103., 2038., 104., 2020.,...
105., 1972., 106., 1939., 107., 1966., 108., 1808., 109., 461.,...
110., 1429., 111., 1259., 112., 1901., 113., 848., 114., 1672.,...
115., 1515., 116., 412., 117., 877., 118., 1407., 119., 508.,...
120., 1055., 121., 1951., 122., 2047., 123., 2246., 124., 2344.,...
125., 2389., 126., 2419., 127., 1375., 128., 1793., 129., 1185.,...
130., 1714., 131., 2161., 132., 2643., 133., 2777., 134., 2776.,...
135., 2692., 136., 4249., 137., 2286., 138., 2244., 139., 2342.,...
140., 2466., 141., 2258., 142., 2628., 143., 2714., 144., 1656.,...
145., 950., 146., 1697., 147., 1673., 148., 961., 149., 1964.,...
150., 745., 151., 2350., 152., 1337., 153., 1655., 154., 2775.,...
155., 1257., 156., 2134., 157., 2647., 158., 2197., 159., 2562.,...
160., 2159., 161., 1063., 162., 801., 163., 1626., 164., 2744.,...
165., 2410., 166., 1777., 167., 1960., 168., 801., 169., 1626.,...
170., 2744., 171., 2410., 172., 1777., 173., 1960., 174., 801.,...
175., 1364., 176., 2148., 177., 913., 178., 1529., 179., 1740.,...
180., 1722., 181., 1394., 182., 1089., 183., 2182., 184., 2165.,...
185., 1978., 186., 672., 187., 1840., 188., 1510., 189., 1119.

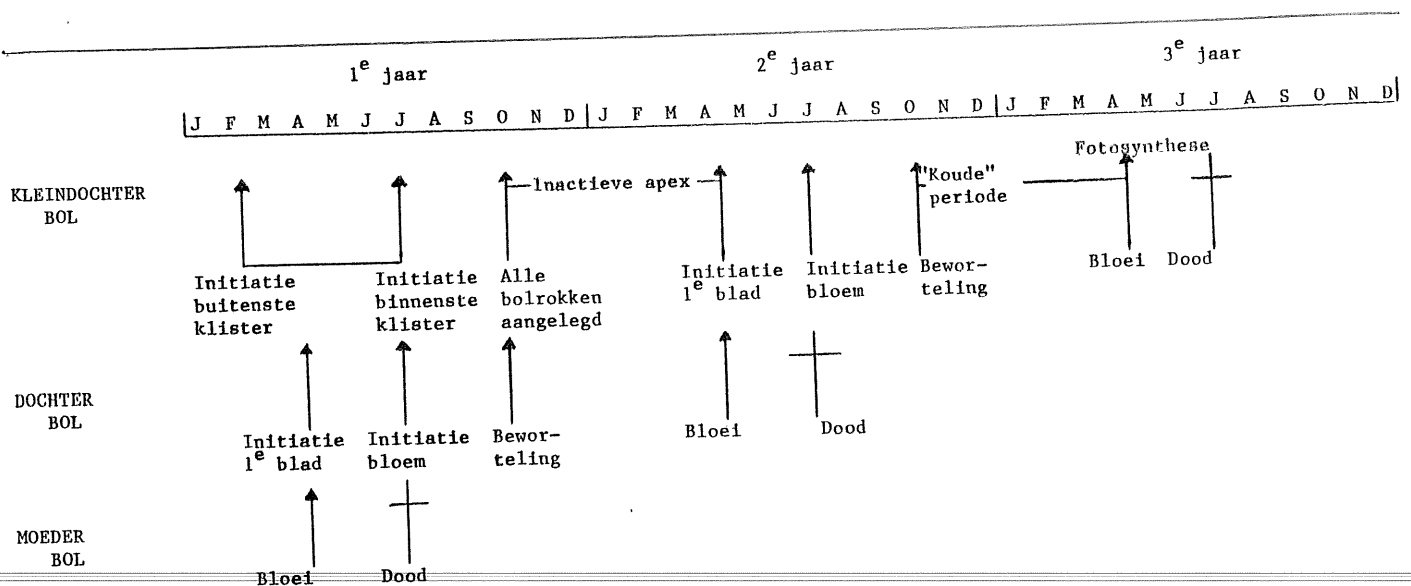
END

STOP

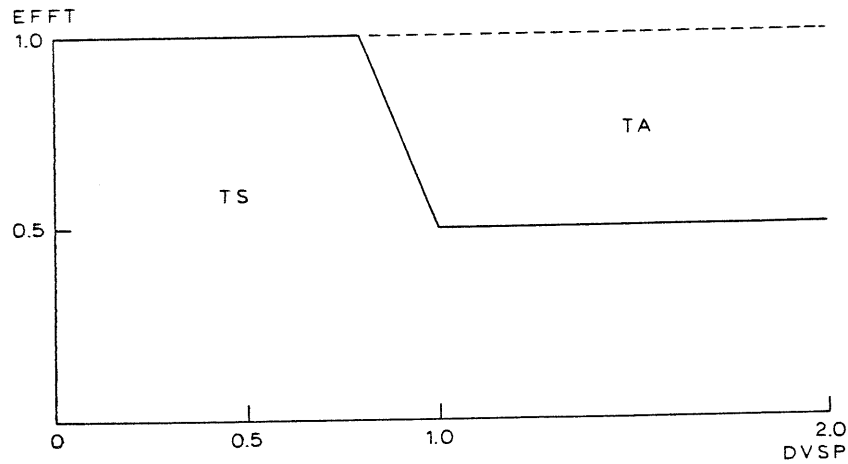
ENDJOB



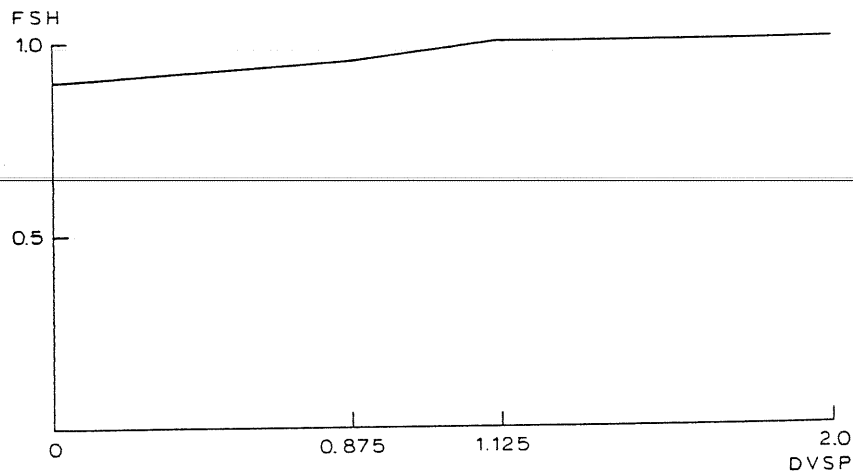
Figuur 1. Verband tussen de relatieve groeisnelheid (RGR) en het ontwikkelingsstadium van de plant (DVSP).



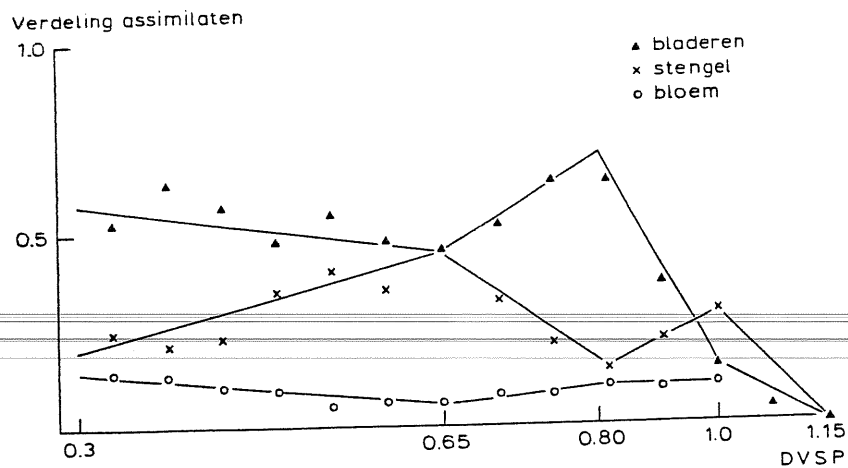
Figuur 2. Periodiciteit van de tulp (volgens Rees, 1972).



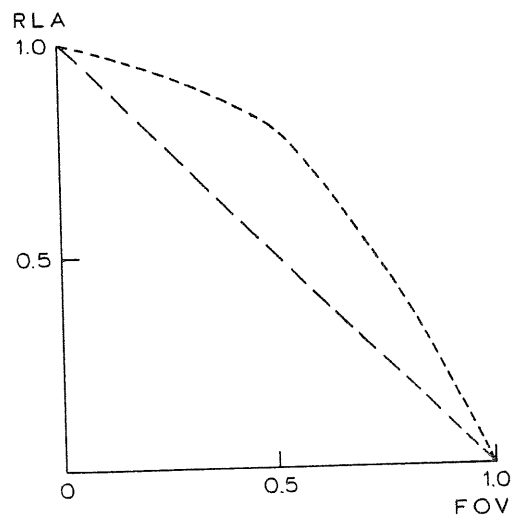
Figuur 3. De effectieve temperatuur (EFFT) uitgezet tegen het ontwikkelingsstadium van de plant (DVSP). TS en TA zijn respectievelijk de bodem- en de luchttemperatuur.



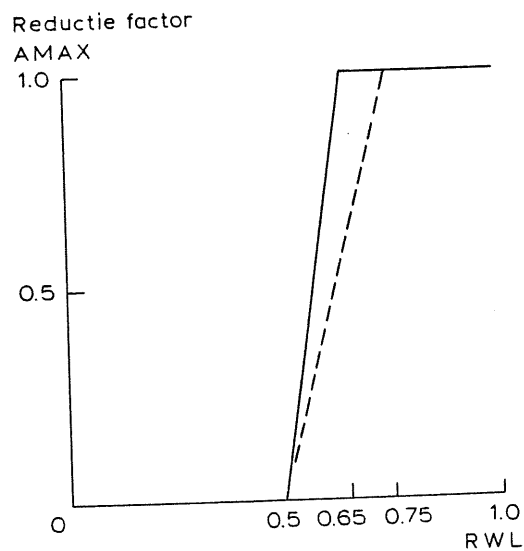
Figuur 4. Relatie tussen de verdeling van de drogestof, die naar de spruit gaat (FSH) en het ontwikkelingsstadium van de plant (DVSP).



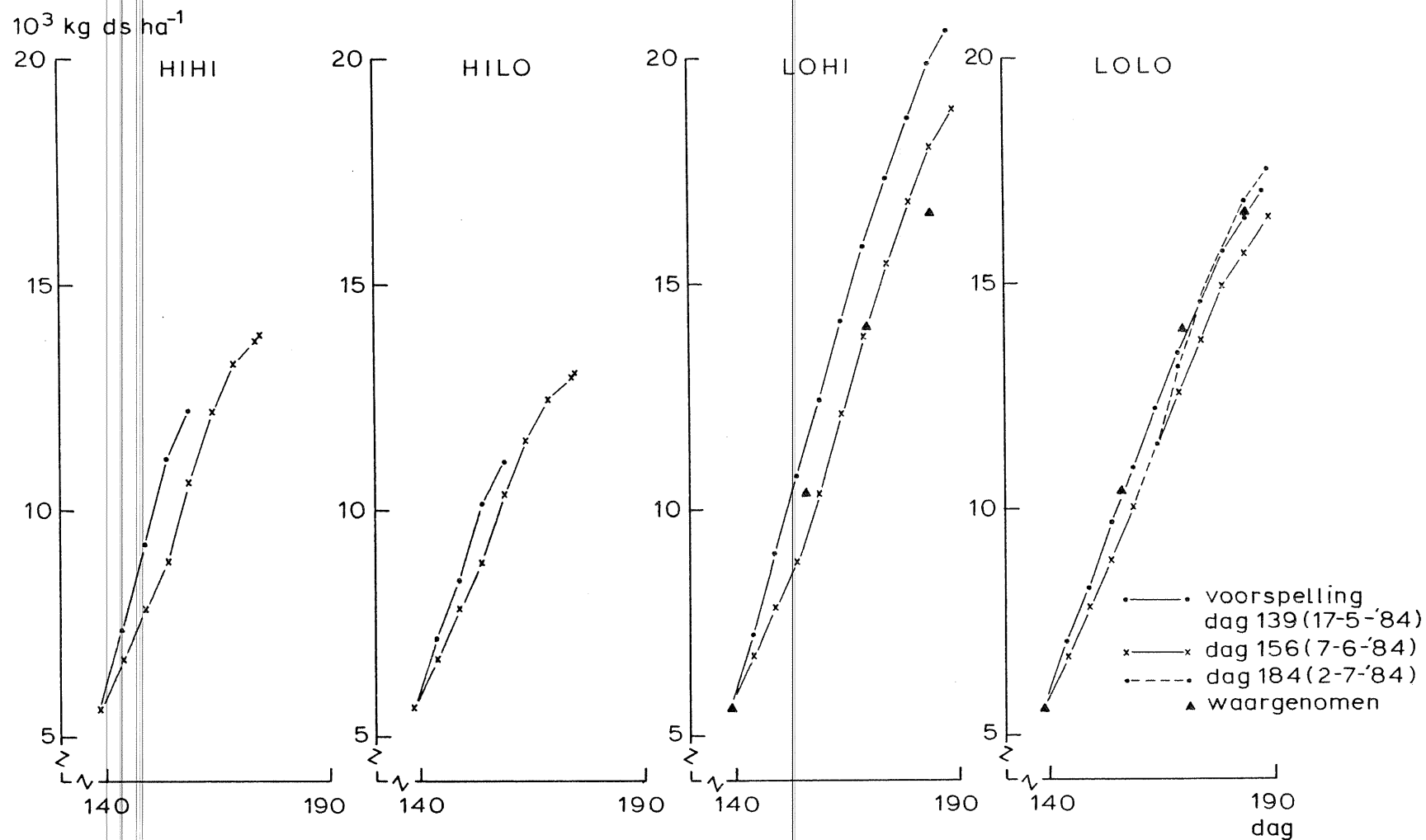
Figuur 5. De verdeling van de drogestof over de diverse organen van de tulp, uitgezet tegen het ontwikkelingsstadium (DVSP).



Figuur 6. Verband tussen de reductiefactor voor de CO_2 -assimilatie (RLA) en de bewolking (FOV).

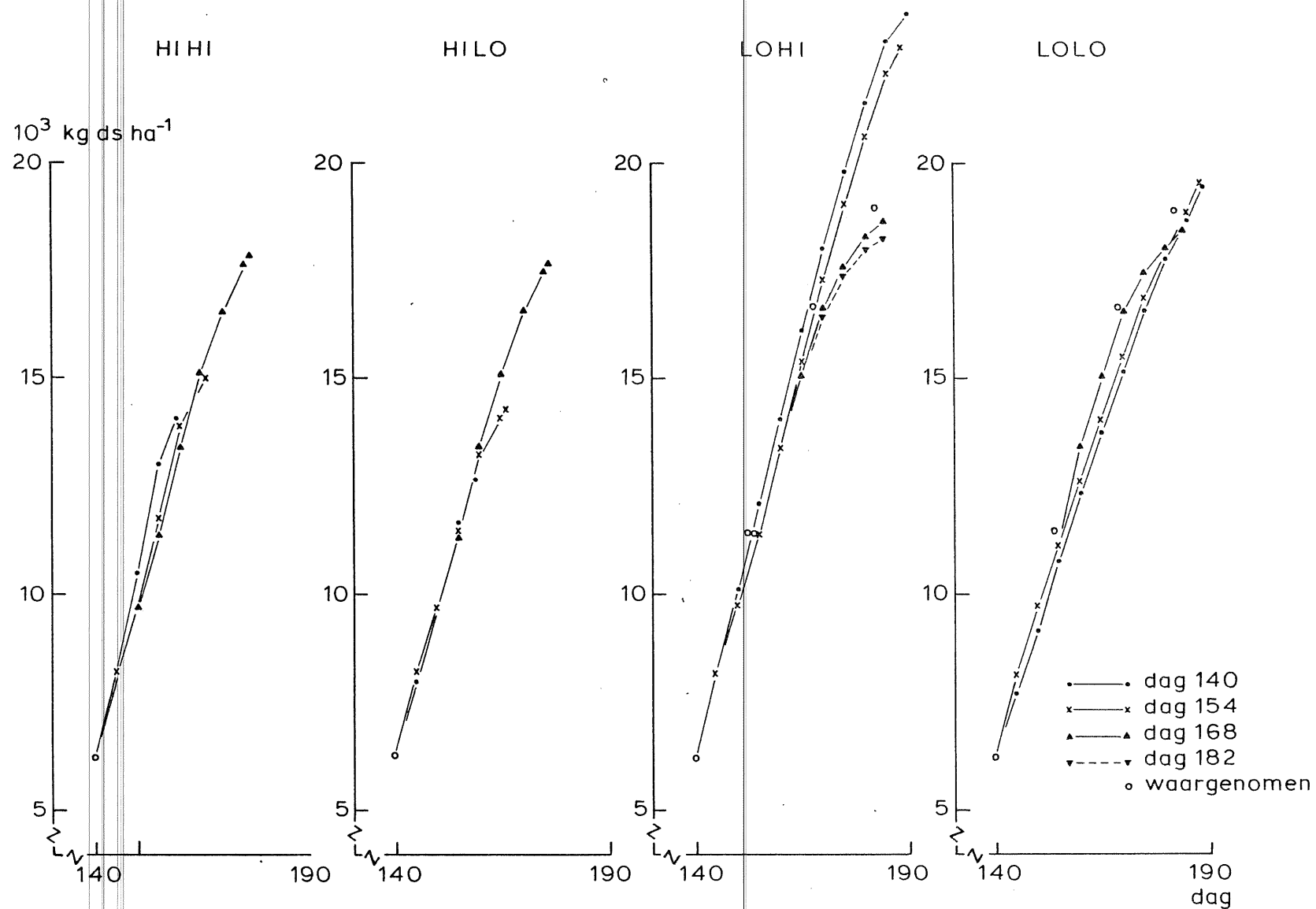


Figuur 7. Verband tussen de reductiefactor voor de AMAX en het relatieve bladgewicht (RWL).
 Reductiefactor bij $\text{RWL} = 0.65$
 Reductiefactor bij $\text{RWL} = 0.75$



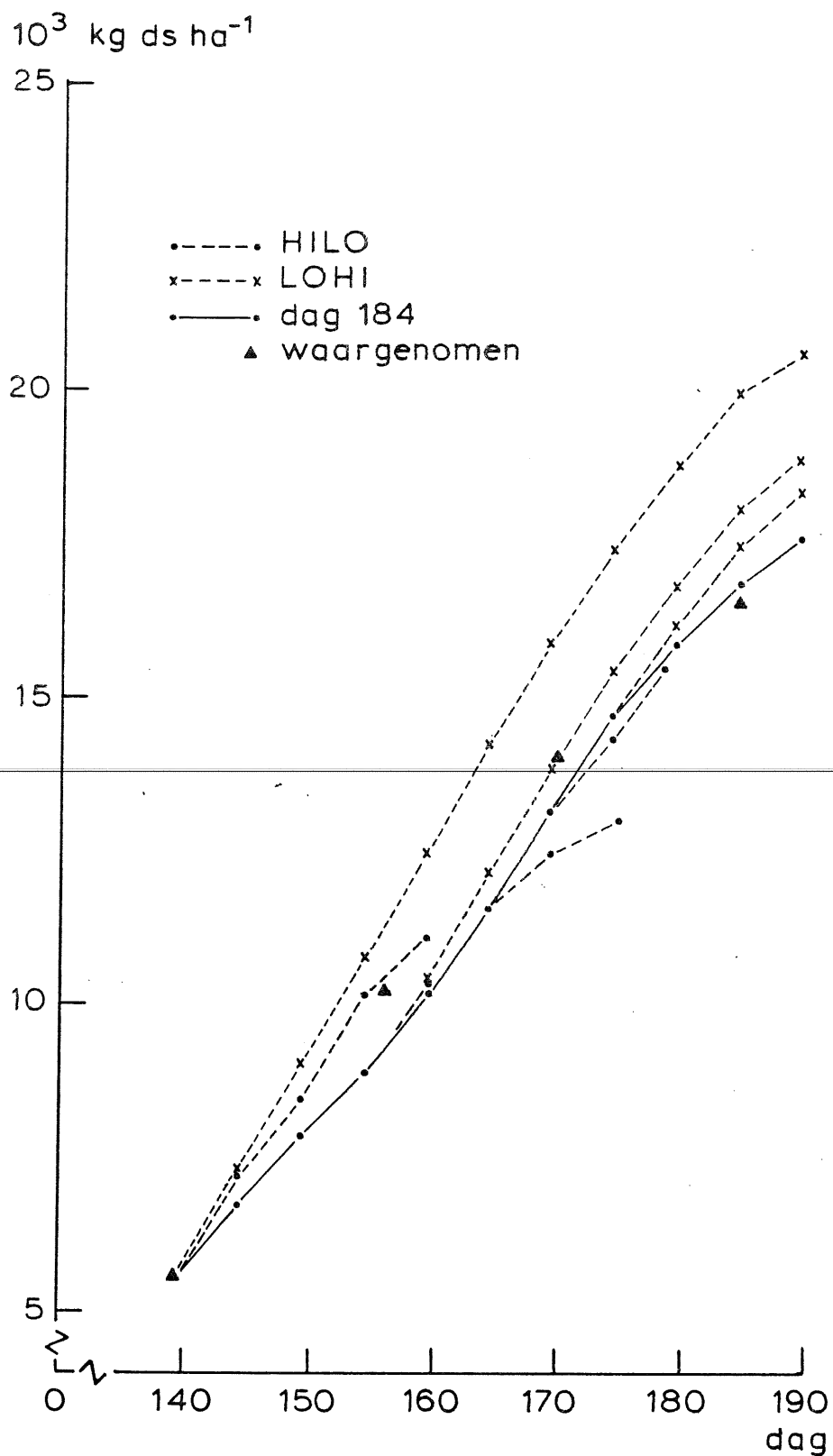
Figuur 8. Oogstprognose 1984.

In de combinaties HIHI, HILO en LOHI zijn alleen de prognoses van de dagen 139 en 156 gegeven. In de combinatie LOLO zijn de prognoses van de dagen 139, 156 en 184 gegeven.



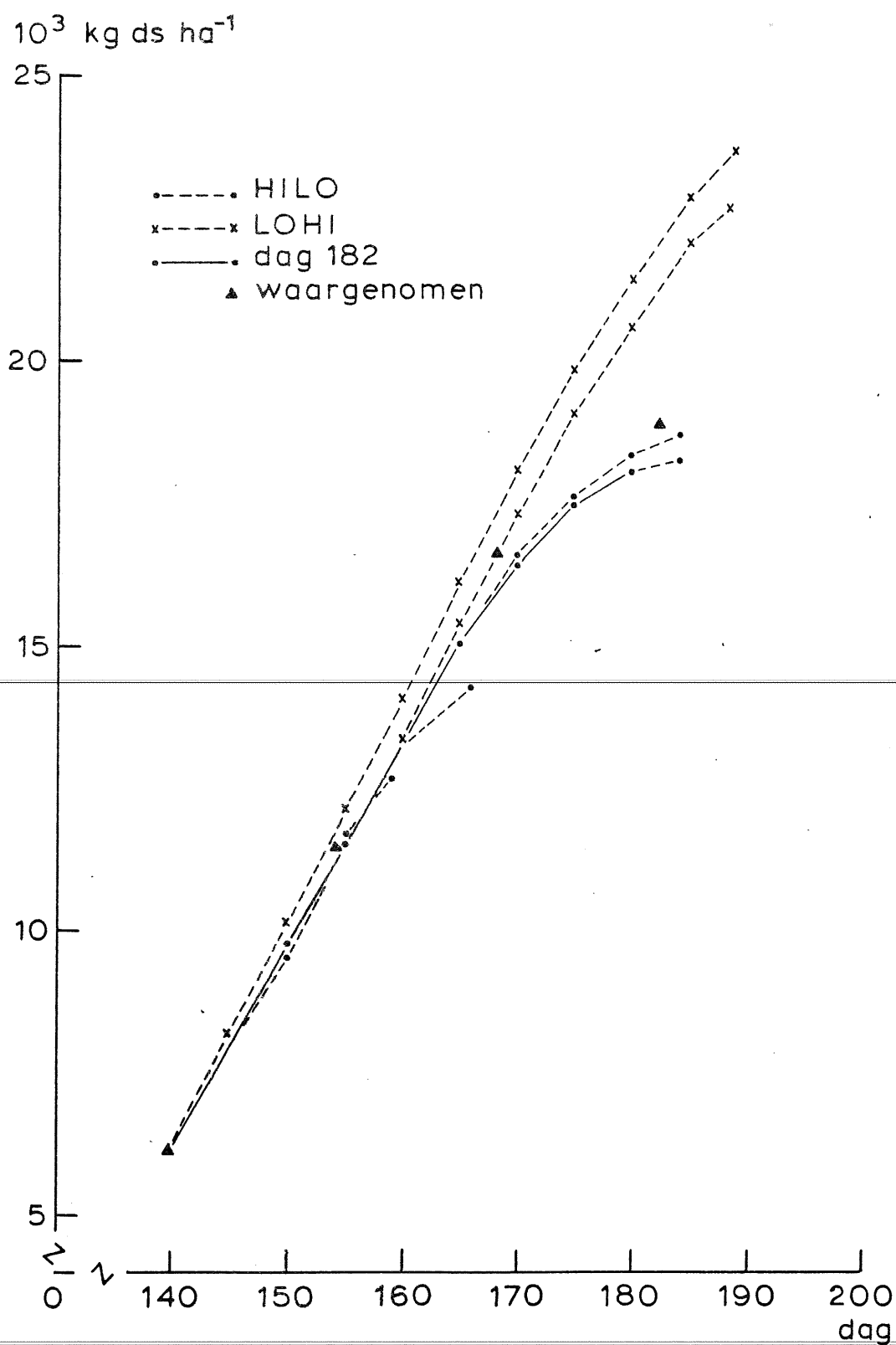
Figuur 9. Oogstprognoses 1980.

In de combinaties HIHI, HILO en LOLO zijn de prognoses van de dagen 140, 154 en 168 gegeven. In de combinatie LOHI zijn de prognoses van de dagen 140, 154, 168 en 182 gegeven.



Figuur 10. Oogstprognoses 1984.

Het verloop van het gesimuleerde gewicht en de oogstdag van de combinaties LOHI en HILO op de proefoogstdagen 139, 156 en 170. Van proefoogstdag 184 (eindoogst) is het verloop van het gesimuleerde eindoogstgewicht gegeven met de oogstdag.



Figuur 11. Oogstprognose 1980.

Het verloop van het gesimuleerde gewicht en oogstdag van de combinaties LOHI en HILO op de proefoogstdagen 140, 154 en 168. Van proefoogstdag 182 (eindoogst) is het verloop van het gesimuleerde eindoogstgewicht gegeven met oogstdag.

VERKLARENDE WOORDENLIJST VAN HET MODEL TUCROS

<u>Naam</u>	<u>Omschrijving</u>
AMAX	CO ₂ -assimilatiesnelheid van het blad bij lichtverzadiging
AMAXP	Parameter van de AMAX
AMXTB	tabel die de relatie aangeeft tussen de AMAX en het relatieve bladgewicht (RWL)
AVRAD	actuele dagelijkse straling in het gebied tussen 400 - 700 nm
CFR	factor voor de omrekening van globale straling in fotosynthetisch actieve straling (PAR)
CVF	berekeningsfactor voor de groeiefficiency van assimilaten naar structurele massa
DAY	dag van het jaar, gerekend vanaf 1 januari
DEC	declinatie van de zon ten opzichte van de evenaar
DELT	interval van de berekeningen
DGAC	dagelijks bruto CO ₂ -assimilatie bij heldere hemel
DGAO	dagelijks bruto CO ₂ -assimilatie bij bewolkte hemel
DL	astronomische daglengte
DLE	effectieve daglengte
DLP	fotosynthetische daglengte
DRC	fotosynthetisch actieve straling bij standaard heldere hemel
DRO	fotosynthetisch actieve straling bij standaard bewolkte hemel
DTGA	actuele dagelijkse bruto CO ₂ -assimilatie
DTRT	tabel met dagelijkse globale straling
DVRP	ontwikkelingssnelheid van de plant
DVRPTB	tabel die de relatie aangeeft tussen de ontwikkelingssnelheid van de plant en de temperatuur
DVSP	ontwikkelingsstadium van de plant
DVSPI	initiële ontwikkelingsstadium van de plant
DVSPM	waargenomen ontwikkelingsstadium van de plant
DVSPMT	tabel die de relatie aangeeft tussen het ontwikkelingsstadium van de plant en de dagen van het groeiseizoen
DWP	drooggewicht van de plant
EFF	geabsorbeerde gedeelte van de zichtbare straling voor de CO ₂ -assimilatie bij lage lichtintensiteit
EFFE	EFF gebaseerd op incidentele straling
EFFT	effectieve temperatuur, afhankelijk van de bodem- en luchttemperatuur en van het ontwikkelingsstadium van de plant

<u>Naam</u>	<u>Omschrijving</u>
ETRCTH	effect van de bodemtemperatuur op de remobilisatie van koolhydraten
FBU	deel van de drogestof dat naar de klisters gaat
FFL	deel van de drogestof dat naar de bloem gaat
FFLTB	tabel die de relatie aangeeft tussen het ontwikkelingsstadium van de plant en het deel van de drogestof dat naar de bloem gaat
FLV	deel van de drogestof dat naar de bladeren gaat
FLVTB	tabel die de relatie aangeeft tussen het ontwikkelingsstadium van de plant en het deel van de drogestof dat naar de bladeren gaat
FOV	deel van de tijd dat de lucht bewolkt is
FSH	deel van de drogestof dat naar de spruit gaat
FSHTB	tabel die de relatie aangeeft tussen het ontwikkelingsstadium van de plant en het deel van de drogestof dat naar de spruit gaat
FST	deel van de drogestof dat naar de stengel gaat
FSTTB	tabel die de relatie aangeeft tussen het ontwikkelingsstadium van de plant en het deel van de drogestof dat naar de stengel gaat
FW	versgewicht
FWS	versgewicht van de bollen met een omvang kleiner of gelijk aan ziftmaat 8-9 cm
FWTTB	tabel die de relatie aangeeft tussen het droog- en versgewicht
GBU	groeisnelheid van de klisters
GFL	groeisnelheid van de bloem
GLV	groeisnelheid van de bladeren
GPHOT	dagelijks bruto CO ₂ -assimilatie
GRT	groeisnelheid van de wortels
GSH	groeisnelheid van de spruit
GST	groeisnelheid van de stengel
GTW	groeisnelheid van alle organen
IFWP	initiëel versgewicht van de plant
IFWT	initiëel versgewicht van de totale plant
IRN	initiëel rijnummer
LA	bladoppervlakte

<u>Naam</u>	<u>Omschrijving</u>
LAI	bladoppervlakte index
LAI1	initiële bladoppervlakte index
MAB	waargenomen drooggewicht van de hoofdbol
MABTB	tabel met het drooggewicht van de hoofdbol gedurende het groeiseizoen
MAINT	onderhoudsademhaling van het gewas
MAINTS	totale onderhoudsademhaling onder standaard omstandigheden
MBB	waargenomen drooggewicht van de overige klisters
MBBTB	tabel met het drooggewicht van de overige klisters gedurende het groeiseizoen
MFL	waargenomen drooggewicht van de bloem
MFLTB	tabel met het drooggewicht van de bloem gedurende het groei- seizoen
MLV	waargenomen drooggewicht van de bladeren
MLVTB	tabel met het drooggewicht van de bladeren gedurende het groeiseizoen
MOB	waargenomen drooggewicht van de oude bol (moederbol)
MOBTB	tabel met het drooggewicht van de oude bol gedurende het groeiseizoen
MSDI	waargenomen toename in drooggewicht van alle organen
MST	waargenomen drooggewicht van de stengel
MSTTB	tabel met het drooggewicht van de stengel gedurende het groeiseizoen
NB	het aantal nieuwe bollen
OUTDEL	tijdsinterval voor de grafische resultaten
PLD	plantdichtheid
POSITB	tabel die de relatie aangeeft tussen de effectieve temperatuur en het ontwikkelingsstadium van de plant
PRDEL	tijdsinterval voor de gedrukte resultaten
Q ₁₀	toename van de snelheid van onderhoudsprocessen per 10°C
RCHMB	remobilisatie van de koolhydraten vanuit de oude bol (moeder- bol)
RCHMBC	remobilisatieconstante voor koolhydraten vanuit de oude bol (moederbol)
RDN	gemiddelde sterkte van de inkomende fotosynthetisch actieve straling
REFLC	reflectiecoëfficiënt van het gewas

<u>Naam</u>	<u>Omnschrijving</u>
RLATB	tabel met de reductiefactor die berekend wordt uit de relatie tussen de straling en de bewolkte lucht
RSP	percentage beteeld oppervlak van een hectare
RTL	totale translocatie van de biomassa
RTLS	translocatie van de biomassa vanuit de stengel
RTLv	translocatie van de biomassa vanuit de bladeren
RWL	relatief bladgewicht
SLFA	specifiek bladoppervlak
SLFATB	tabel die de relatie aangeeft tussen het specifiek bladoppervlak en het ontwikkelingsstadium van de plant
STDI	berekende toename in drooggewicht van alle organen
TA	luchttemperatuur op 1.50 m hoogte
TATB	tabel met de dagelijkse waargenomen luchttemperatuur
TEFF	temperatuurseffect op diverse processen
TIME	gesimuleerde tijd
TS	bodemtemperatuur op 0.1 m diepte
TSTB	tabel met de dagelijkse waargenomen bodemtemperatuur
WBU	drooggewicht van de klisters
WBUI	initiëel drooggewicht van de klisters
WFL	drooggewicht van de bloem
WFLI	initiëel drooggewicht van de bloem
WLv	drooggewicht van de bladeren
WLVI	initiëel drooggewicht van de bladeren
WMB	drooggewicht van de oude bol
WMBI	initiëel drooggewicht van de oude bol
WMBMIN	minimum drooggewicht van de oude bol
WRT	drooggewicht van de wortels
WRTI	initiëel drooggewicht van de wortels
WST	drooggewicht van de stengel
WSTI	initiëel drooggewicht van de stengel

HET MODEL TUCROS

TITLE TUCROS: SUCROS ADAPTED FOR TULIP CULTIVAR APELDOORN
INITIAL

WLVI=AFGEN(MLVTB,DAY)*PLD
WSTI=AFGEN(MSTTB,DAY)*PLD
WFLI=AFGEN(MFLTBB,DAY)*PLD
WRTI=0.2*PLD
WBUI=(AFGEN(MABTB,DAY)+AFGEN(MBBTB,DAY))*PLD
WMBI = AFGEN(MOBTB,DAY)*PLD

STORAGE SIZE(105)

FIXED IFWT

FIXED IRN

**

DAY=TIME+1.
LAI = WLVI*AFGEN(SLFATB,DVSP)I
DVSP=AFGEN(DVSPMT,DAY)

PARAM PLD=874.

- * NUMBER OF PLANTS PER 10 M2 OF PLANTED SOIL; EDGE EFFECT IS NET 0% ON
- * FARMERS FIELDS (AS COMPUTED HERE) BUT +5% ON EXP. FIELDS (THEN: PLD=830)
- * BUT ON 77% OF AREA INSTEAD OF 72 (SEE TERMINAL))

DYNAMIC

** DEVELOPMENT OF THE VEGETATION

DVSP=INTGRL(DVSP, DVP)
DVP=AFGEN(DVPRTB, EFFT)

FUNCTION DVPRTB = -10.,0., 0.,0.0020, 5.,0.0040, 10.,0.0070, ...
15.,0.010, 20.,0.014, 25.,0.020
DVSA=INTGRL(0.,INSW(DVSP-1.,0.,DVP))

DVSPM = AFGEN(DVSPMT,DAY)

- * DEVELOPMENT STAGE AS OBSERVED; TO BE USED FOR RESTARTING SIMULATION
 - * AT LATER POINTS IN TIME THAN PLANTING
- FUNCTION DVSPMT=0.,0.4, 70.,0.7, 125.,1., 190.,1.7, 300.,1.7,...
310.,0.3, 366.,0.4

** DRY WEIGHT OF PLANT ORGANS, GROWTH RATES AND PARTITIONING

* DRY WEIGHT

WLV = INTGRL(WLVI, GLV-RTLV)
WST = INTGRL(WSTI, GST-RTLS)
WBU = INTGRL(WBUI, GBU-RTL)
WRT = INTGRL(WRTI, GRT)
WFL = INTGRL(WFLI, GFL)
WMB = INTGRL(WMBI, -RCHMB-0.01*TEFF*WMB)

- * WEIGHTS OF LEAF BLADES, STEMS (TRUE STEMS AND LEAF SHEATHS), STORAGE
- * ORGANS, ROOTS AND FLOWERS AND MOTHER BULB RESP., IN KG/HA

* GROWTH RATE

GTW=((GPHOT-MAINT)+RCHMB*1.11)*CVF

* GROWTH RATE OF ALL ORGANS COMBINED, IN KG/HA/DAY

GRT=GTW*(1.-FSH)
GSH=GTW*FSH
GLV=GSH*FLV
GST=GSH*FST
GFL=GSH*FFL
GBU=GSH*FBU

* GROWTH RATES OF ROOTS AND SHOOTS (LEAVES, STEMS, FLOWERS, STORAGE ORGANS)

FSH = AFGEN(FSHTB, DVSP)

FUNCTION FSHTB = 0.,0.9, 0.875,0.95, 1.125,1., 2.,1.

* FRACTION OF TOTAL GROWTH OCCURRING IN SHOOTS AS FUNCTION OF DEVELOPMENT STAGE

* PARTITIONING

```

    FLV = AFGEN(FLVTB,DVSP)
    FST = AFGEN(FSTTB,DVSP)
    FFL = AFGEN(FFLTB,DVSP)
    FBU = 1.-FLV-FST-FFL
FUNCTION FLVTB = 0.0,0.60,0.3,0.58,0.65,0.45,0.85,0.70,1.0,0.15,...
                1.01,0.15,1.15,0.0,2.0,0.0
FUNCTION FSTTB = 0.0,0.17,0.3,0.20,0.65,0.45,0.85,0.15,1.0,0.30,...
                1.01,0.30,1.15,0.0,2.0,0.0
FUNCTION FFLTb = 0.0,0.15,0.3,0.14,0.65,0.05,0.8,0.10,1.0,0.10,...
                1.01,0.0,2.0,0.0

```

* GROWTH EFFICIENCY

CVF= (FLV*0.72+(FST+FFL)*0.69+FBU*0.750)*FSH+(1.-FSH)*0.72

** REMOBILIZATION

```

    RCHMB = AND(200.-GPHOT,WMB-WMBMIN*PLD)*(RCHMBC*PLD)*AFGEN(ETRCTH,TS)
* REMOBILIZATION OF CARBOHYDRATES FROM MOTHER BULB
PARAM RCHMBC=0.015, WMBMIN=0.20
* VALUES IN G BULB**1 D**1 AND G BULB**1 RESP.
FUNCTION ETRCHT=-10.,0.5, 0.,0.75, 10.,1., 20.,4., 30.,4.

```

RTL = (RTLS+RTLTV)*0.8

RTLTV = INSW(DVSP-1.125,0.,0.018*WLV*TEFF*TEFF)

RTLS = INSW(DVSP-1.125,0.,0.018*WST*TEFF*TEFF)

* RATES OF TRANSLOCATION OF BIOMASS FROM LEAVES AND STEM TO BULBS

** LEAF AREA

LAI = INSW(DVSP-0.75, 1.E-6,LA)

LA = INTGRL(LAII, GLV*SLFA+GST/2900.+GFL/10000.)

* LAI IS LEAF AREA EXPOSED TO DAYLIGHT

SLFA = AFGEN(SLFATB,DVSP)

FUNCTION SLFATB = 0.,0.001, 0.5,0.001, 1.,0.0014, 2.,0.0014

* LEAF AREA INDEX IN HA/HA AND SPECIFIC LEAF AREA IN HA LEAF/KG LEAF WEIGHT

** CARBON BALANCE PROCESSES

* CO2-ASSIMILATION (PHOTOSYNTHESIS)

GPHOT=DTGA*30./44.

DTGA = DGAO + (DGAC-DGAO)*AFGEN(RLATB,FOV)

FUNCTION RLATB = 0.,1.,0.25,0.92,0.50,0.80,0.75,0.47,1.,0.0

* GROSS PHOTOSYNTHESIS IN KG (CH2O AND CO2 RESP.) PER HA PER DAY, CALCULATED

* FROM LEAF CHARACTERISTICS (AMAX, EFF), LAI AND ACTUAL DAILY RADIATION

* (AVRAD), AND CORRECTED FOR DAYLENGTH (DL AND DLE):

DGAC=INSW(LAI-5.,PHCL,PHCH)

DGAO=INSW(LAI-5.,PHOL,PHOH)

PHCH=0.95*(PHCH1+PHCH2)+20.5

PHCH1=SSLAE*AMAX*DLE*X/(1.+X)

X=ALOG(1.+0.45*DRC/(DLE*3600.))*EFFE/(SSLAE*AMAX))

PHCH2=(5.-SSLAE)*AMAX*DLE*Y/(1.+Y)

Y=ALOG(1.+0.55*DRC/(DLE*3600.))*EFFE/((5.-SSLAE)*AMAX))

SSLAE=SIN((90.+DEC-LAT)*PI/180.)

PHCL=AMIN1(PHC3,PHC4)*(1.-EXP(-(AMAX1(PHC3,PHC4)/AMIN1(PHC3,PHC4))))

PHC3=PHCH*(1.-EXP(-0.6*LAI))

PHC4=DL*LAI*AMAX

PHOH=0.9935*PHOH1+1.1

PHOH1=5.*AMAX*DLE*Z/(1.+Z)


```

Z=DRO/(DLE*3600.)*EFFE/(5.*AMAX)
PHOL=AMIN1(PHO3,PHC4)*(1.-EXP(-(AMAX1(PHO3,PHC4)/AMIN1(PHO3,PHC4))))
PHO3=PHOH*(1.-EXP(-0.6*LAI))
EFFE=(1.-REFLC)*EFF
AMAX = AMAXP * AFGEN(AMXTB,RWL)
FUNCTION AMXTB =0.,0.01,0.5,0.01,0.75,1.,1.,1.
PARAM EFF= 0.5, AMAXP = 40., REFLC=.08
* INITIAL LIGHT USE EFFICIENCY AND LIGHT SATURATED CO2 ASSIMILATION RATE
* OF INDIVIDUAL LEAVES. UNITS: KG CO2/HA/HR /(J/M2/S) AND KG CO2/HA LEAF/HR
* IDEA FOR TULIP: POWER BEFORE LAI IN LIGHT EXTINCTION MAY INCREASE IN TIME

      FOV = (DRC-AVRAD)/(0.8*DRC)
* AVERAGE FRACTION OF PERIOD OVERCAST DURING A DAY.
* CALCULATION OF DAILY RADIATION OF A CLEAR AND AN OVERCAST SKY (DRC
* AND DRO, P.A.R., IN J/M2) AND OF DAYLENGTH (IN HR) AS A FUNCTION OF
* LATITUDE (LAT, IN DEGREE), DECLINATION (DEC, IN DEGREE) AND DATE:
DRC=0.5*1300.*RDN*EXP(-0.1/(RDN/(DL*3600.)))
DRO=0.2*DRC
RDN=3600.*(SINLD*DL+24./PI*COSLD*SQRT(1.-(SINLD/COSLD)**2))
SINLD=SIN(DEC*PI/180.)*SIN(LAT*PI/180.)
COSLD=COS(DEC*PI/180.)*COS(LAT*PI/180.)
DEC=-23.4*COS(2.*PI*(DAY+10.)/365.)
DL=12.*(PI+2.*ASIN(SINLD/COSLD))/PI
DLE=12.*(PI+2.*ASIN((-SIN(8.*PI/180.))+SINLD)/COSLD))/PI
DLP=12.*(PI+2.*ASIN((-SIN(-4.*PI/180.))+SINLD)/COSLD))/PI
CONSTANT PI = 3.1416
PARAM LAT = 52.

* MAINTENANCE RESPIRATION
      MAINT =0.2* MAINTS*TEFF
      MAINTS=WLV*0.02+(WST+WFL)*0.015+WBU*0.005+WRT*0.01
      TEFF =Q10**(0.1*TA-1.5)
PARAM Q10 = 2.5

* INCREASE IN DRY WEIGHT DURING THE GROWING SEASON
MBU=PLD*(AFGEN(MABTB,DAY)+AFGEN(MBBTB,DAY))
STDI=WRT+WLV+WFL+WST+WBU +WMB-(WRTI+WLVI+WFLI+WBUI+WMBI+WSTI)
MTDI= MLV+MST+MFL+MAB+MBB+MOB-( WLVI+WFLI+WBUI+WMBI+WSTI)
MLV = PLD*AFGEN(MLVTB,DAY)
MST = PLD*AFGEN(MSTTB,DAY)
MFL = PLD*AFGEN(MFLTBB,DAY)
MAB = PLD*AFGEN(MABTB,DAY)
MBB = PLD*AFGEN(MBBTB,DAY)
MOB = PLD*AFGEN(MOBTB,DAY)

** WEATHER DATA
      DAY = 1.+ AMOD(TIME,365.)
      AVRAD =AFGEN(DTRT,DAY)*CFR
PARAM CFR=5000.
* CONVERSION OF TABLE UNITS INTO J M**-2 D**-1 PAR

      TA=AFGEN(TATB,DAY)
      TS=AFGEN(TSTB,DAY)
      EFFT= AFGEN(POSITB,DVSP)*TA+(1.-AFGEN(POSITB,DVSP))*TS
* EFFECTIVE TEMPERATURE AS DEPENDING UPON AIR AND SOIL TEMP AND DVSP
FUNCTION POSITB=0.3,0., 0.8,0., 1.,0.5, 2.,0.5

** SIMULATION RUN AND OUTPUT SPECIFICATIONS
TIMER FINTIM = 1000.,DELT = 1.,PRDEL=5., OUTDEL= 5., TIME=327.

```

```
* INITIAL VALUE OF TIME INDICATES STARTING DAY-1 OF SIMULATION
  RWL = INSW(DVSP-0.75,1.,WLV/(LAI/SLFA))
* WEIGHT OF THE LEAVES RELATIVE TO MAXIMUM ATTAINED; PROGRAM STOPS IF BELOW 0.5
FINISH DVSP = 1.66, RWL = 0.5, WBU = 0.
METHOD RECT
PRINT DAY,WLV,WST,WBU,WFL,WRT,WMB,LAI,DVSP,STDI,MTDI,RWL
OUTPUT WLV,MLV,WST,MST,DAY
PAGE GROUP=4,NPLOT=4
OUTPUT WBU,MBU,WMB,MOB,DAY
PAGE GROUP=4, NPLOT=4
```

TERMINAL

```
  DWP = (WBU/PLD)
PARAM RSP = 0.72
  IFWP = AFGEN(FWTTB,DWP)
  IFWT =IFWP
FUNCTION FWTTB = 3.30,11.,3.90,13.,4.65,15.,5.44,17., 6.27,19.,...
                6.93,21.,7.82,23.,8.50,25.,9.18,27.,10.15,29.,...
                10.85,31.,11.55,33.,12.60,35.,13.32,37.,...
                14.04,39.,15.17,41.,15.91,43.,16.65,45.,...
                17.39,47.,18.13,49.,24.79,67.

  IRN =((IFWT-11)/2+1)
  IF (IRN.GT.21) IRN=21
```

**

```
TABLE SIZE(1-105)= 0.78,0.20,0.02,0.00,0.00,...
                   0.65,0.27,0.06,0.02,0.00,...
                   0.53,0.33,0.11,0.03,0.00,...
                   0.45,0.30,0.16,0.08,0.01,...
                   0.37,0.27,0.22,0.12,0.02,...
                   0.34,0.21,0.24,0.18,0.03,...
                   0.33,0.17,0.23,0.22,0.05,...
                   0.32,0.14,0.21,0.25,0.08,...
                   0.31,0.11,0.19,0.27,0.12,...
                   0.31,0.08,0.16,0.29,0.16,...
                   0.31,0.06,0.14,0.28,0.21,...
                   0.29,0.05,0.12,0.27,0.27,...
                   0.26,0.05,0.10,0.25,0.34,...
                   0.25,0.04,0.08,0.22,0.41,...
                   0.24,0.04,0.06,0.18,0.48,...
                   0.22,0.04,0.04,0.16,0.54,...
                   0.21,0.04,0.04,0.13,0.58,...
                   0.20,0.04,0.03,0.11,0.62,...
                   0.19,0.03,0.03,0.10,0.65,...
                   0.18,0.03,0.03,0.09,0.67,...
                   0.18,0.03,0.03,0.08,0.68
```

** TABLE PRESENTS THE DISTRIBUTION OF THE BULBWEIGHT IN A

** NUMBER OF SIZECLASSES AS PERCENTAGES OF TOTAL BULB

** PRODUCTION

** COLUMN 1 SMALLER OR EQUAL SIZE 8

** COLUMN 2 SIZE 9, 3 SIZE 10, 4 SIZE 11, 5 SIZE 12 UP

**

* FRACTIONS

FS8 = SIZE((IRN-1)*5+1)

FS9 = SIZE((IRN-1)*5+2)

FS10= SIZE((IRN-1)*5+3)

FS11= SIZE((IRN-1)*5+4)

```
      FS12= SIZE((IRN-1)*5+5)
**
*  FRESH WEIGHT
      FWS = IFWP * PLD * RSP * FS8
      FW9 = IFWP * PLD * RSP * FS9
      FW10= IFWP * PLD * RSP * FS10
      FW11= IFWP * PLD * RSP * FS11
      FW12= IFWP * PLD * RSP * FS12
      FWT = FWS+FW9+FW10+FW11+FW12
**
*  NUMBER OF BULBS
      NB9 = FW9/0.0142
      NB10= FW10/0.0211
      NB11= FW11/0.0275
      NB12= FW12/0.0383

      WRITE (6,1) FS8,FS9,FS10,FS11,FS12
1     FORMAT (5 F10.2)
      WRITE (6,2) FWS,FW9,FW10,FW11,FW12,FWT
2     FORMAT (6 F10.2)
      WRITE (6,3) NB9,NB10,NB11,NB12
3     FORMAT (4 F10.0)
**  DATA
```


APPENDIX 2

Niet systematische en onvolledige verzameling van potentiële gewassen van groep 2 en 3, waarbij gangbare gewassen veelal niet zijn opgenomen

1. Plantaardige oliën met lange vetzuurketens in de triglyceride component

<i>Crambe abyssinica</i>	60% C ₂₂
<i>Lunaria annua</i>	40% C ₂₂ , 20% C ₂₄
<i>Limnanthes alba</i> (meadow foam)	95% C ₂₂ + C ₂₀
<i>Selenia grandis</i>	58% C ₂₂
<i>Leavenworthia alabamica</i>	50% C ₂₂
<i>Marshallia caespitosa</i>	44% C ₂₂

2. Oliesoorten met hydroxy en keto vetzuur in triglyceride component

<i>Lesquerella gracilis</i>	14-OH-C ₂₀	(70%)
<i>Holorrhena antidysenterica</i>	9-OH-C ₁₈	(70%)
<i>Cardamine impatiens</i>	Dihydroxy C ₂₂ + C ₂₄	(23%)
<i>Chamaepeuce afra</i>	Trihydroxy C ₁₈	(35%)
<i>Lesquerella densipila</i>	12-OH-C ₁₈ diene	(50%)
<i>Dimorphotheca sinuata</i>	9-OH-C ₁₈ conj.d	(67%)
<i>Coriaria myrtifolia</i>	13-OH-C ₁₈ conj.d	(65%)
<i>Cuspedariaptero carpa</i>	Keto acids	(25%)

3. Epoxy vetzuren

<i>Vernonia anthelmintica</i>	65-75 epoxy %
<i>Vernonia galamensis</i>	
<i>Vernonia pauciflora</i>	42% oil - 80% epoxy
<i>Euphorbia lagascai</i>	70 epoxy
<i>Stokesia laevis</i>	75 epoxy
<i>Cephalocroton cordofanus</i>	
<i>Cephalocroton puschellii</i>	67 epoxy
<i>Erlangea tomentosa</i>	50 epoxy
<i>Alchornea cordifolia</i>	50 (C ₂₀)
<i>Schlectendalia luzulaefolia</i>	45
<i>Crepis biennis</i> (alpina, vesicaria)	