



Wanneer planten, wanneer een teelt beëindigen?

Effecten van start- en eindtijdstip van de teelt van komkommer, paprika en tomaat op productie en energiegebruik

Anja Dieleman, Frank Kempkes, Cecilia Stanghellini, Anne Elings, Arie de Gelder, Esther Meinen & Gerrit Heij





Wanneer planten, wanneer een teelt beëindigen?

Effecten van start- en eindtijdstip van de teelt van komkommer, paprika en tomaat op productie en energiegebruik

Anja Dieleman, Frank Kempkes, Cecilia Stanghellini, Anne Elings, Arie de Gelder, Esther Meinen & Gerrit Heij

© 2007 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Bornsesteeg 65, 6708 PD Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 47 70 01
Fax : 0317 41 80 94
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
Voorwoord	3
1. Inleiding	5
1.1 Klimaat en energieverbruik	5
1.2 Assimilatenvraag en -aanbod	8
2. Effecten van klimaatfactoren op gewasgroei en ontwikkeling	13
2.1 Ontwikkeling van een jong gewas	13
2.2 Ontwikkeling van een vruchtdragend gewas	15
2.3 Gewas in de eindfase van de teelt	16
3. Vruchtzetting tomaat	19
3.1 Inleiding	19
3.2 Materiaal en methoden	19
3.3 Resultaten	19
3.4 Verwerking van de resultaten	20
4. Scenarioberekeningen	21
4.1 Inleiding	21
4.2 Resultaten tomaat	21
4.2.1 Referentie	21
4.2.2 Teelt eerder beëindigen	21
4.2.3 Latere teeltwisseling	22
4.2.4 Grotere plant bij teeltstart	24
4.2.5 Uitplanten in een deel van de kas	25
4.2.6 Lagere temperatuur aan het einde van de teelt	26
4.3 Resultaten paprika	26
4.3.1 Referentie	26
4.3.2 Teelt eerder beëindigen	26
4.3.3 Latere teeltwisseling	28
4.3.4 Grotere plant bij teeltstart	30
4.3.5 Uitplanten in een deel van de kas	31
4.3.6 Lagere temperatuur aan het einde van de teelt	32
4.4 Resultaten komkommer	32
4.4.1 Referentie	32
4.4.2 Teelt eerder beëindigen	32
4.4.3 Latere teeltwisseling	33
4.4.4 Uitplanten in een deel van de kas	36
4.4.5 Lagere temperatuur aan het einde van de teelt	36
4.4.6 Grotere plant bij teeltstart	37
4.4.7 Maximaliseren van LAI op 2 in winterteelt	38
4.5 Samenvatting resultaten scenarioberekeningen	39

5.	Discussiebijeenkomsten	41
6.	Discussie en aanbevelingen	43
7.	Literatuur	47
Bijlage I.	Huidige teeltwijze	2 pp.
Bijlage II.	Effecten van klimaat op groei, ontwikkeling en productie van tomaat, paprika en komkommer	5 pp.
Bijlage III.	Effecten van plantdatum op groei en productie	9 pp.
Bijlage IV.	Referentieteelten	5 pp.
Bijlage V.	Aanpassingen in de instellingen ten behoeve van de scenarioberekeningen	4 pp.

Samenvatting

In de vruchtgroenteteelt wordt over het algemeen in november of december geplant. Dit zijn, samen met de maand januari, gemiddeld de donkerste en koudste maanden van het jaar. Dat betekent dat er veel energie nodig is om de kas op temperatuur te houden en dat de planten weinig groei (drogestof toename) vertonen door de lage hoeveelheid licht. In de afgelopen jaren zijn de energieprijzen sterk gestegen. De vraag is dan ook of de huidige manier van inrichting van de teelt nog wel de meest geschikte is.

In opdracht van PT en LNV is door Wageningen UR Glastuinbouw onderzoek gedaan om na te gaan of het nog wel het meest gunstig is om na een teeltwisseling van 2 tot 4 weken in december met een nieuwe teelt te starten. Ook is gekeken wat er in het teeltconcept veranderd moet worden als er met de teeltstart geschoven wordt. Dit is gedaan voor onbelichte teelten tomaat, paprika en komkommer.

Ontwikkeling jong gewas

Een teelt start met het planten van een jong gewas. Voor de (vroeg) productie is het van belang dat het jonge gewas zich snel ontwikkelt tot het een LAI van ongeveer 3 heeft bereikt, waarmee het alle licht dat in de kas valt kan onderscheppen. Bij een hogere temperatuur splitsen bladeren zich sneller af. Bij paprika en tomaat wordt de ontwikkelingssnelheid niet door licht bepaald, bij komkommer wel. Meer licht zorgt dat er meer assimilaten beschikbaar zijn voor het jonge gewas. Dat leidt tot grotere en dikkere bladeren. Het effect van CO₂ is vergelijkbaar met dat van licht, maar dan minder sterk. Bij een hogere luchtvochtigheid worden over het algemeen iets grotere en dunnere bladeren gevormd. Op deze manier wordt de gevormde droge stof efficiënt gebruikt om snel tot een grotere lichtonderschepping te komen. Om een jong gewas te planten is het voorjaar een gunstiger seizoen dan de winter, vanwege de hogere lichtniveaus. Er moet in het voorjaar nog wel gestookt worden om de temperatuur op een gewenst niveau te houden en gezorgd worden voor voldoende CO₂ in de kas en bij voorkeur een hoge RV aan het begin van de teelt. Een groot voordeel van het voorjaar is dat het assimilatenaanbod in de kas loopt met de assimilatenvraag. Beiden lopen op bij het planten van een jong gewas in het voorjaar.

Energiebesparing

Met behulp van een kasklimaatmodel en een gewasgroeimodel zijn de effecten van een aantal opties om energie te besparen in de teelt van een vruchtgroentegewas doorgerekend. De doorgerekende opties zijn:

Een latere teeltwisseling

Om te voorkomen dat er in de donkere maanden geteeld wordt, zou de teeltwisseling met 2, 4 of 6 weken uitgesteld kunnen worden. Uit berekeningen blijkt dat bij een latere plantdatum het gewas sneller in productie komt. Dit leidt tot gedurende de eerste 8 maanden van de teelt tot een hogere productie. Naarmate er later geplant is, is het laatste deel van de teelt de hoeveelheid licht lager. Dat leidt tot een afvlakking van de productie, waardoor de uiteindelijke productieverschillen aan het einde van de teelt beperkt zijn. De teelt bij tomaat starten in januari en eindigen in december leidt bij tomaat tot een hogere productie, bij een ongeveer gelijkblijvend energiegebruik. Bij paprika daarentegen leidt een verschuiving van de teeltperiode niet tot meer productie, maar wel tot een hoger energiegebruik. Later starten en later eindigen leidt bij komkommer zowel tot een daling van de productie als een toename van het energiegebruik. Wanneer energiebesparing financieel afgewogen wordt tegen de meer- of minderproductie, blijkt dat het saldo van een latere teeltstart bij tomaat positief uitvalt, en bij paprika en komkommer negatief. Dit verschil wordt naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door het feit dat een afname in hoeveelheid licht met name bij paprika sterk doorwerkt op zetting en/of afrijpingssnelheid en bij komkommer leidt tot vruchten die in de laatste weken van de teelt te langzaam op gewicht komen.

De teelt eerder beëindigen

Als een standaardteelt 2 of 4 weken eerder beëindigd wordt, leidt dit bij tomaat en komkommer zowel tot een forse daling in productie, als een afname in het gasgebruik. Het saldo hiervan valt negatief uit. Bij paprika is het effect van

het eerder beëindigen van de teelt op de productie beperkt, hetgeen leidt tot een positief saldo door de afname in gasgebruik.

Later starten en eerder eindigen

Uit de berekeningen met betrekking tot start- en einddatum van de teelt blijkt dat voor de verschillende gewassen verschuiven in een bepaalde richting wel of niet gunstig uitpakt. Door deze gegevens te combineren, is voor tomaat, paprika en komkommer een “optimale” teeltplanning bepaald.

	Referentie			Alternatief			
	Teeltperiode	Productie (/m ²)	Gasgebruik (m ³ /m ² /jaar)	Teeltperiode	Productie (/m ²)	Gasgebruik (m ³ /m ² /jaar)	Saldo (€/m ²)
Tomaat	10 dec - 15 nov	68,8 kg	44,4	22 jan – 30 nov	69,0 kg	38,2	1,92
Paprika	20 nov – 6 nov	30,6 kg	41,2	18 dec – 30 okt	30,2 kg	35,7	1,35
Komkommer	14 dec – 18 nov	185 stuks	40,2	25 jan – 15 nov	174 stuks	33,3	-1,05

Uit deze gegevens blijkt dat bij de teelten van tomaat en paprika een energiebesparing van 5 à 6 m³ per m² per jaar mogelijk zou zijn, zonder verlies aan productie door te schuiven met teeltstart en teelteinde. Een teeltduur van ca. 10 maanden lijkt in dit geval optimaal, een maand korter dan nu gebruikelijk is. Bij komkommer leiden alle scenario's tot een negatief saldo. Reden hiervoor is dat de 3^e teelt bij het verschuiven later start. De hoeveelheid licht is dan minder, waardoor de ontwikkeling van de jonge planten trager is. Dit verlies kan tijdens de 3^e teelt niet meer gecompenseerd worden, waardoor de jaarrond productie lager uitvalt.

Aanpassingen in de teelt

Een verdere energiebesparing is te realiseren met een aantal aanpassingen in de teeltstrategie:

Uitplanten in een deel van de kas

Als de planten van de kweker niet direct in de uiteindelijke plantdichtheid worden geplaatst, maar eerst in een 3x hogere plantdichtheid worden gezet, levert dit een energiebesparing op van ca. 1 m³ gas per m² voor zowel paprika, tomaat als komkommer. Het positieve financiële effect hiervan wordt naar alle waarschijnlijkheid teniet gedaan door de kosten van het wijder zetten van de planten.

Lagere temperatuur aan het einde van de teelt

Het verlagen van de temperatuur gedurende de laatste 3 weken van de teelt leidt tot een verlaging van het energiegebruik met 0,1 - 0,8 m³ per m², waarbij de productie niet beïnvloed wordt.

In de modelberekeningen zijn enige aanpassingen gedaan aan de instellingen van schermen, stooktemperatuur, dode zone en vocht bij het verschuiven van het moment van starten of eindigen van de teelt. Om te voorkomen dat de resultaten te veel bepaald zouden worden door veranderingen in de instellingen tijdens de teelt, zijn de aanpassingen zo beperkt mogelijk gehouden. Echter, in de praktijk zullen in een teelt die later begint en eerder eindigt meer aanpassingen gedaan worden in klimaat en teeltmaatregelen. Bijvoorbeeld een hogere teelttemperatuur aan het begin van de teelt, eerder aanhouden van extra stengels en langer doorgaan met schermen dan nu gebruikelijk is. Optimalisatie hiervan kan leiden tot een verhoging van de productie en een verdere verlaging van het energiegebruik.

Voorwoord

In het kader van het convenant Glastuinbouw en Milieu (GLAMI) hebben de overheid (Ministeries van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Economische Zaken) en de glastuinbouwsector (LTO Nederland) afspraken gemaakt over de maatschappelijke randvoorwaarden, met als horizon 2010. Als energiedoelen zijn afgesproken dat het energiegebruik per eenheid product met 65% gereduceerd moet worden ten opzichte van 1980 en dat het aandeel duurzame energie tot 4% toegenomen moet zijn. De overheid heeft hier aan toegevoegd dat de glastuinbouw haar bijdrage moet leveren aan het terugdringen van de CO₂-uitstoot.

Tegen deze achtergrond is in 2006 in opdracht van het ministerie van LNV en het Productschap Tuinbouw (PT projectnummer 12356) door Plant Research International en PPO (per 1 november 2006 Wageningen UR Glastuinbouw) onderzoek gedaan naar begin- en eindtijdstippen van de teelten van een aantal vruchtgroenten. Deze worden traditioneel in november of december geplant. Dit zijn, samen met de maand januari, gemiddeld de donkerste en koudste maanden van het jaar. Dat betekent dat er veel energie nodig is om de kas op temperatuur te houden en dat de planten weinig groei (droge stof toename) vertonen door de lage hoeveelheid licht. Vraag in dit onderzoek is dan ook of dit de meest gunstige periode in het jaar is om te telen, of dat het misschien verstandiger is om later te starten met de teelt en/of eerder te eindigen.

Aan dit project is meegewerkt door Gerrit Heij, Arie de Gelder, Peter Lagas, Frank Kempkes, Cecilia Stanghellini, Anne Elings en Esther Meinen, Pieter de Visser en Leo Marcelis (allen WUR Glastuinbouw). Ik wil hen allen van harte bedanken voor hun inbreng in het project.

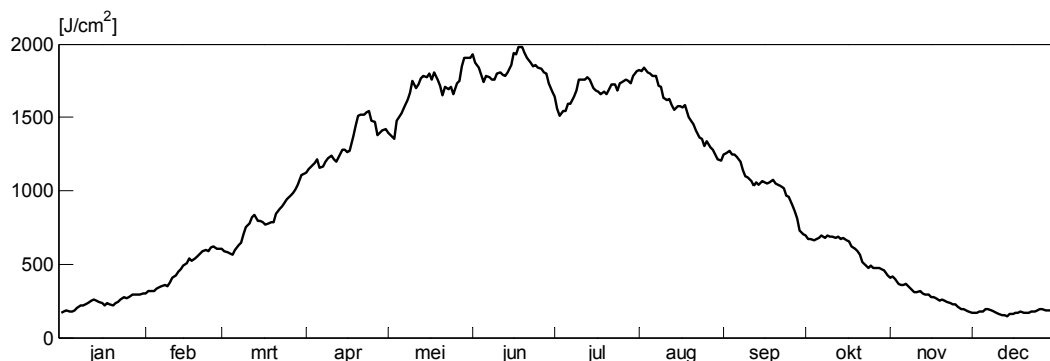
Anja Dieleman
Wageningen UR Glastuinbouw
Mei 2007

1. Inleiding

In de vruchtgroenteteelt wordt over het algemeen in november of december geplant. Dat betekent dat alle telers in Nederland op min of meer hetzelfde moment in productie komen en met hun teelt stoppen. De startomstandigheden voor de teelt zijn in de wintermaanden niet gunstig (weinig licht, lage buitentemperaturen), waardoor veel energie nodig is ($40\text{--}55 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^2/\text{jaar}$). In de afgelopen paar jaar zijn de energieprijzen sterk gestegen en zijn ontwikkelingen gaande richting nieuwe teeltwijzen, waardoor het wenselijk is opnieuw te bezien of de huidige manier van de inrichting van de teelt nog wel de meest geschikte is. Dit project richt zich met name op de vraag of het (nog) wel het meest gunstig is om na een teeltwisseling van 2 tot 4 weken in december met een nieuwe teelt te starten. Daarnaast is de vraag wat er in het teeltconcept veranderd moet worden als er met de teeltstart geschoven wordt. Dit wordt gedaan voor onbelichte teelten tomaat, paprika en komkommer (Bijlage I). Om deze vragen te beantwoorden is een literatuurstudie gedaan, zijn modelberekeningen uitgevoerd en is een discussiebijeenkomst geweest met een aantal voorlichters. De resultaten hiervan staan in dit rapport beschreven.

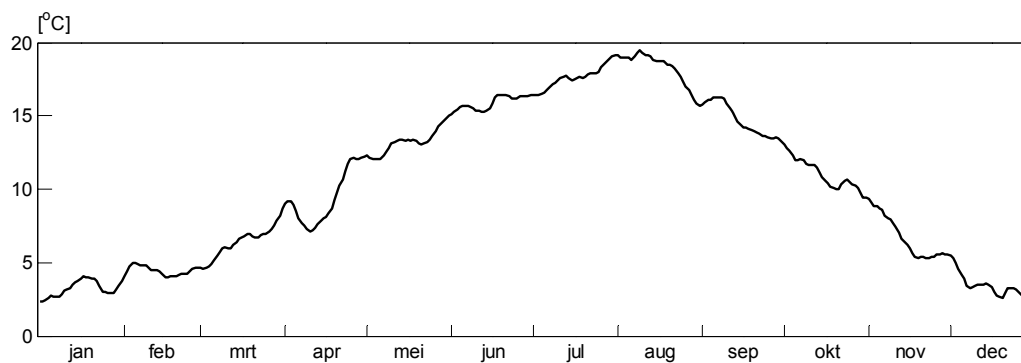
1.1 Klimaat en energieverbruik

Een voor gewasgroei bijzonder belangrijke klimaatfactor is licht. De dagsom aan licht verloopt als een sinus gedurende het jaar (Figuur 1.1). Naarmate de daglengte en lichtintensiteit toenemen, neemt in het voorjaar de hoeveelheid licht per dag toe. De dagsom aan licht is rond de langste dag (21 juni, gemiddelde lichtsom is dan ca. 2000 J/cm^2) ongeveer 13 maal zo hoog als rond de kortste dag (21 december, gemiddelde lichtsom is ca. 150 J/cm^2).



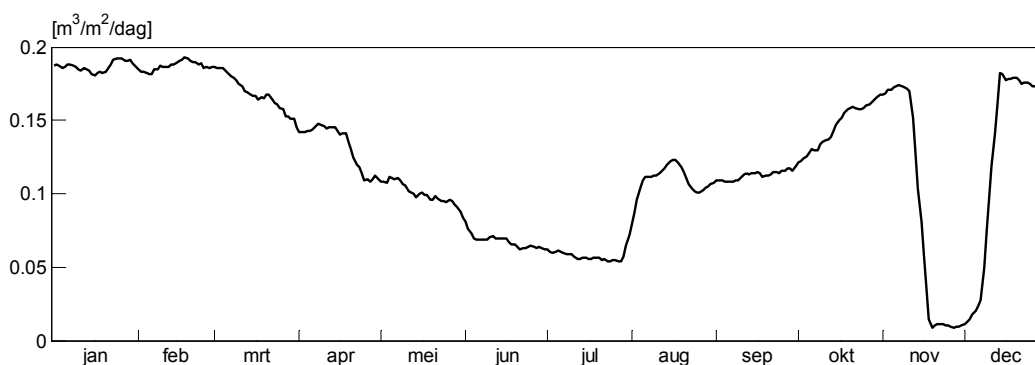
Figuur 1.1. Gemiddelde globale stralingssom over 11 jaar (1995 t/m 2005), weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over 7 dagen.

De kasluchttemperatuur wordt gerealiseerd door naast de (gratis) warmte van de zon, energie aan de kaslucht toe te voegen via de verwarmingsnetten. Naarmate de buitentemperatuur lager is, is meer energie nodig om de gewenste kasluchttemperatuur te realiseren. In onderstaande figuur is te zien dat de koudste maanden van het jaar december en januari zijn.



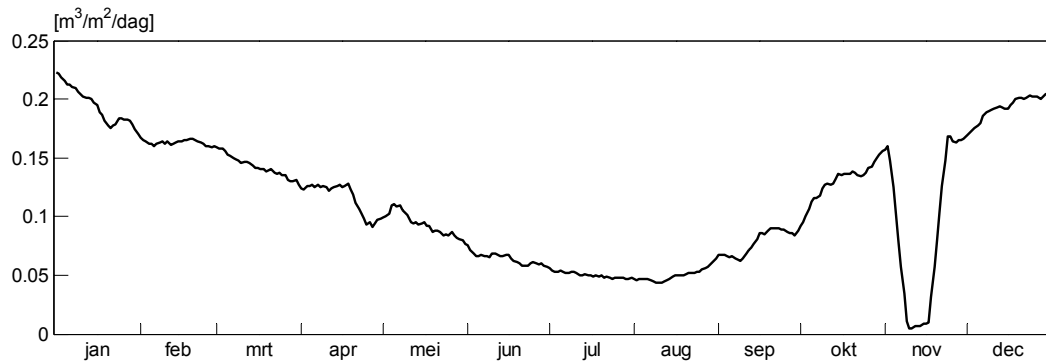
Figuur 1.2. Gemiddelde buitentemperatuur over 11 jaar (1995 t/m 2005), weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over 7 dagen.

Het buitenklimaat in combinatie met de ingestelde setpoints leveren voor tomaat, paprika en komkommer de volgende patronen op van het energieverbruik gedurende het jaar (Figuren 1.3, 1.4 en 1.5).



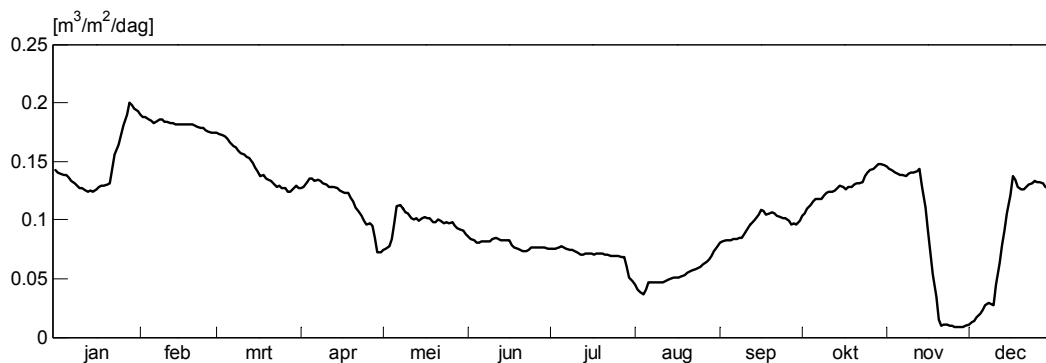
Figuur 1.3. Dagelijks gasgebruik van een tomatenteelt weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over 7 dagen. Plantdatum 10 december, einde teelt 15 november.

Bij tomaat ligt het energieverbruik het hoogst in de maanden december, januari en februari. Het verbruik is dan bijna 0.2 m^3 per m^2 per dag. Met de stijging van de hoeveelheid licht en de buitentemperaturen in het voorjaar, neemt het gasverbruik af, tot een minimum van circa $0.06 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dag}$. Dit gasverbruik is niet zozeer nodig voor het handhaven van de temperatuur, maar wel voor het afvoeren van vocht en het produceren van CO_2 . In het najaar neemt het energieverbruik weer toe, zowel voor de verwarming van de kas, als voor het afvoeren van vocht. De sprong in het energiegebruik in augustus, wordt veroorzaakt door de (standaard) instelling van de minimumbuis, die op dit moment verandert.



Figuur 1.4. Dagelijks gasgebruik van de paprikateelt weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over 7 dagen. Plantdatum 20 november, einde teelt 6 november.

Het energieverbruik in de paprikateelt verloopt gedurende het jaar vergelijkbaar met dat in tomaat. Na de teeltstart is het energiegebruik bij paprika hoger dan bij tomaat, omdat in de paprikateelt gestart wordt met hogere kasluchttemperaturen dan bij tomaat. In de zomermaanden ligt het energiegebruik daarentegen iets lager dan bij tomaat, namelijk op een minimumverbruik van ongeveer $0.05 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dag}$.



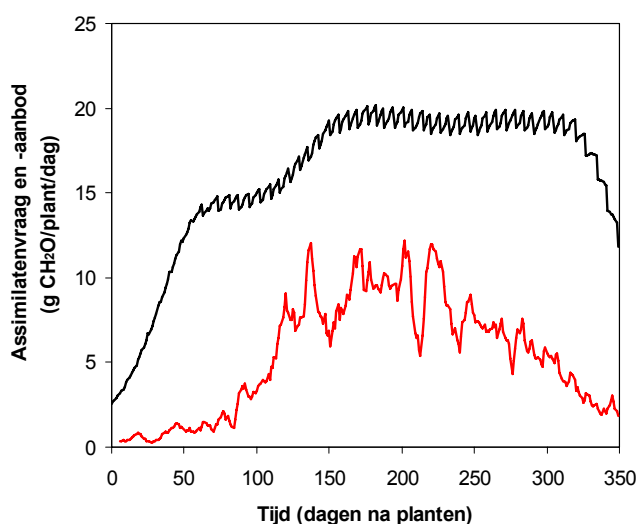
Figuur 1.5. Dagelijks gasgebruik van drie opeenvolgende komkommerteelten weergegeven als een voortschrijdend gemiddelde over 7 dagen. Plantdata 12 december, 1 mei (tussenplanten) en 1 augustus. Einde teelten 1 mei, 30 juli en 17 november. Op 25 januari werd het vaste foliescherf verwijderd.

Het energieverbruik van een komkommerteelt vertoont een patroon dat vergelijkbaar is met dat van tomaat en paprika. In Figuur 1.5 is te zien dat de energiebehoefte tijdens de teeltwisselingen lager is dan gedurende de teelt. In de maand januari is te zien dat het energieverbruik sterk toeneemt op het moment dat het vaste foliescherf uit de kas wordt verwijderd.

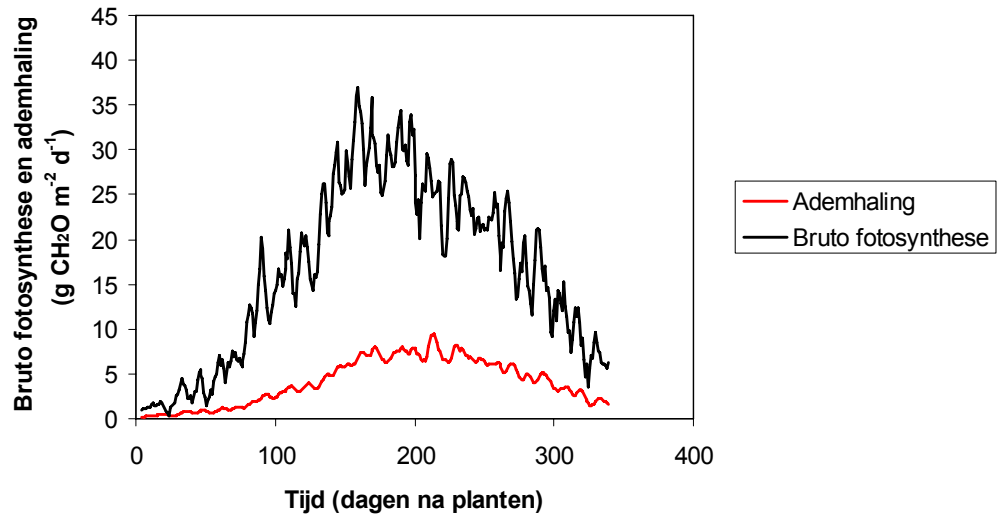
Samenvattend geldt dat met name in de maanden december, januari en februari energie te besparen is, omdat dan het energiegebruik het hoogst is. Ook in de zomermaanden is energie te besparen, omdat de energie in die periode niet zozeer wordt gebruikt voor verwarmen, maar om CO_2 beschikbaar te hebben. Als dat anders kan, bijvoorbeeld door de OCAP leiding of het inkopen van zuivere CO_2 , kan dit ook de nodige besparing opleveren.

1.2 Assimilatenvraag en -aanbod

Een gewas dat in de winter wordt geplant, kan in eerste instantie maar weinig assimilaten aanmaken, vanwege de beperkte hoeveelheid licht. Naarmate de dagen langer worden en de lichtintensiteit toeneemt, neemt de aanmaak van assimilaten in de plant toe, mede doordat de LAI toeneemt. In Figuren 1.6 en 1.8 is het aanbod aan assimilaten voor de teelt van tomaat en paprika te zien. Het aanbod van assimilaten is hier berekend als de hoeveelheid suikers die aangemaakt zijn via de fotosynthese minus de suikers die nodig zijn voor de ademhaling. De aanmaak van assimilaten wisselt sterk per dag, afhankelijk van de hoeveelheid straling van die specifieke dag (Figuren 1.6 en 1.8). Een deel van de aangemaakte assimilaten wordt gebruikt voor de onderhouds- en groeiademhaling (Figuur 1.7). Aan het begin en aan het einde van de teelt is dit een naar verhouding groot deel. De vraag naar assimilaten wordt voornamelijk bepaald door de vruchten. In Figuur 1.6 is voor tomaat te zien dat de assimilatenvraag gedurende de teelt snel toeneemt. Gedurende een groot deel van het seizoen is de assimilatenvraag vrij constant en hoog. Het gevolg van het grote verschil tussen assimilatenaanbod en -vraag zal zijn dat niet alle bloemen vruchtzetten (m.n. aan het begin van de teelt) en dat de vruchten niet hun potentiële groeisnelheid halen. Na de langste dag (220 dagen na planten) neemt het assimilatenaanbod snel af. De assimilatenvraag blijft echter hoog. Dat betekent dat er per orgaan maar weinig assimilaten beschikbaar zijn. Dit is waarschijnlijk één van de aspecten die van het licht af telen lastig maakt. Nadat de top uit de plant is gehaald (6 weken voor het einde van de teelt) neemt de assimilatenvraag af tot de laatste tomaten geoogst zijn.

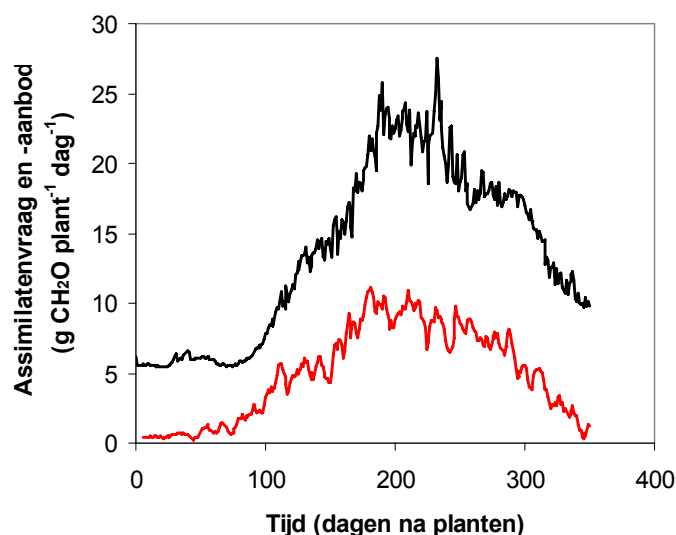


Figuur 1.6. Gesimuleerd verloop van het assimilatenaanbod (voortschrijdend gemiddelde over 7 dagen) en de assimilatenvraag (op dagbasis) van tomatenplanten gedurende het teeltseizoen (teeltstart op 1 december).

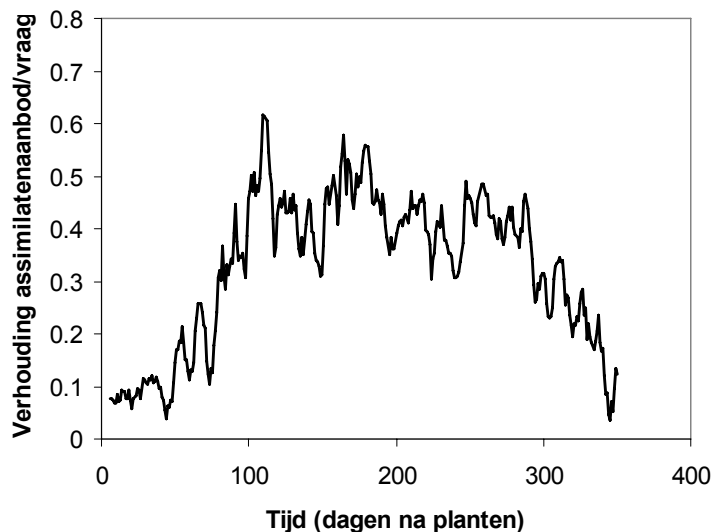


Figuur 1.7. Gesimuleerd verloop van de bruto fotosynthese en de ademhaling (voortschrijdend gemiddelde van 5 dagen) in de referentieteeltoomaat (plantdatum 1 december).

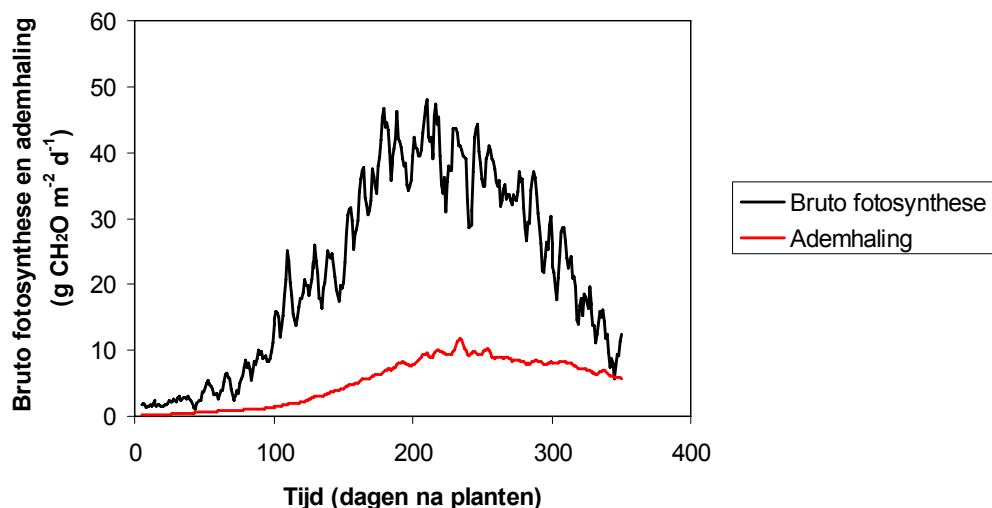
De assimilatenvraag van paprikavruchten neemt vanaf 75 dagen na planten toe tot het een min of meer stabiele waarde heeft bereikt, circa 180 dagen na planten (Figuur 1.8). De assimilatenvraag blijft dan ongeveer stabiel tot de langste dag (220 dagen na planten), waarna de vraag geleidelijk afneemt, evenals het aanbod aan assimilaten. De assimilatenvraag bij paprika volgt redelijk het verloop van het assimilatenaanbod, meer dan bij tomaat. Dit resulteert in een verhouding tussen assimilatenaanbod en -vraag van ongeveer 0.5 (Figuur 1.9). Een mogelijke verklaring voor deze min of meer constante verhouding is het feit dat er meer jonge paprikavruchten aborteren als er weinig assimilaten beschikbaar zijn, waardoor vraag naar en aanbod van assimilaten min of meer in evenwicht zijn.



Figuur 1.8. Gesimuleerd verloop van het assimilatenaanbod (voortschrijdend gemiddelde over 7 dagen) en de assimilatenvraag (dagbasis) van de referentieteeltpaprika gedurende het seizoen (plantdatum 20 november).

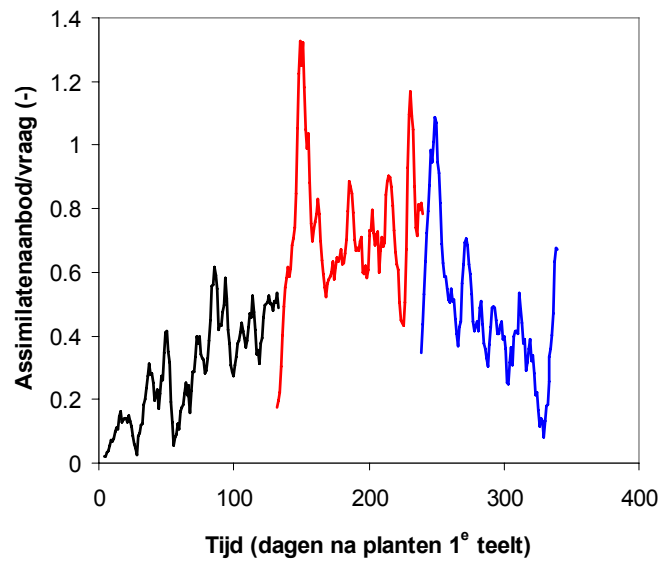


Figuur 1.9. Gesimuleerd verloop van de verhouding tussen assimilatenaanbod en assimilatenvraag (voortschrijdend gemiddelde van 7 dagen) in de referentieteelt paprika (plantdatum 20 november).



Figuur 1.10. Gesimuleerd verloop van de bruto fotosynthese en de ademhaling (voortschrijdend gemiddelde van 5 dagen) in de referentieteelt paprika (plantdatum 20 november).

Het verloop van de verhouding tussen assimilatenaanbod en –vraag verloopt bij komkommer vergelijkbaar als bij paprika (Figuur 1.11). Gedurende de eerste teelt loopt de verhouding tussen aanbod en vraag op, met de toename van de lichthoeveelheid mee. Aan het begin van zowel de zomerteelt als de herfstteelt is er eerst een piek in de verhouding assimilatenaanbod/vraag, als het aanbod van assimilaten al hoog is door veel licht (eind april en begin augustus), terwijl de vraag nog laag is door het feit dat er nog maar weinig komkommervruchten gezet zijn.



Figuur 1.11. Gesimuleerd verloop van de verhouding tussen assimilatenaanbod en assimilatenvraag (voortschrijdend gemiddelde van 5 dagen) in de 3 referentieteelten komkommer (plantdatum 1e teelt 6 december).

2. Effecten van klimaatfactoren op gewasgroei en ontwikkeling

In de teelt van vruchtgroentegewassen kunnen drie fasen worden onderscheiden, te weten (1) opbouw van het jonge, vegetatieve gewas, (2) producerend gewas en (3) gewas in de eindfase van de teelt. In dit hoofdstuk wordt beschreven wat de kenmerken zijn van deze fasen, wat de behoefte is van het gewas in die fasen en op welke manier daar op in gespeeld kan worden met het starttijdstip of de inrichting van de teelt.

Een uitgebreide beschrijving van de ontwikkeling van tomaat, paprika en komkommer in de verschillende fasen staat weergegeven in Bijlage II. In de volgende paragrafen staan de belangrijkste bevindingen samengevat.

2.1 Ontwikkeling van een jong gewas

Voor een gewas is het van belang dat het jonge gewas zich snel ontwikkelt tot het een LAI van ongeveer 3 m²/m² heeft bereikt en daarmee alle licht dat in de kas valt kan onderscheppen. De bladafsplittingsnelheid wordt vooral bepaald door de temperatuur. Naarmate de temperatuur hoger is, splitsen bladeren zich sneller af. Bij paprika en tomaat wordt de ontwikkelingssnelheid niet door licht bepaald, bij komkommer wel. Meer licht zorgt voor een grotere assimilatenbeschikbaarheid voor het jonge gewas. Dit leidt tot grotere en dikkere bladeren. Het effect van CO₂ is vergelijkbaar met dat van licht, maar dan minder sterk. Bij een hogere luchtvochtigheid worden over het algemeen iets grotere en dunnere bladeren gevormd. Op deze manier wordt de gevormde droge stof efficiënt gebruikt om snel tot een grotere lichtonderschepping te komen. Naarmate de teelt met een grotere plant gestart wordt, is de vroege productie hoger (zie Bijlage III voor een uitgebreid overzicht van de effecten van plantleeftijd bij start van de teelt).

Uit Figuren 1.6-1.10 blijkt dat de assimilatenbehoefte van een jong gewas nog redelijk beperkt is. Dit wordt voornamelijk bepaald door het feit dat er nog geen vruchten aan de plant zitten, die een grote assimilatenvraag hebben. Uit deze figuren blijkt echter ook dat ondanks het feit dat de assimilatenbehoefte van een jong gewas beperkt is, er aan deze behoefte in de wintermaanden niet voldaan kan worden. Dat betekent dat het gewas een lagere groeisnelheid heeft dan zijn potentiële groeisnelheid en dat het voor zal komen dat de bloemen en vruchten die in die periode aangelegd worden aborteren.

Samenvattend heeft een jonge plant behoefte aan licht en CO₂ om assimilaten aan te maken voor groei en aanleg van bloemen en vruchten. Deze behoefte is minder groot dan van een vruchtdragend gewas, maar wel groter dan er aan licht is in de wintermaanden. De plant heeft gemiddeld ten minste een temperatuur nodig van ca. 17 °C om normaal te ontwikkelen. In de praktijk worden hogere temperaturen aangehouden om de ontwikkelingssnelheid te verhogen.

Het meest gunstige seizoen voor een jong gewas is het voorjaar, waarin de hoeveelheid licht voldoende is voor de groei. Dan moet er nog wel gestookt worden om de temperatuur op een gewenst niveau te houden en moet er gezorgd worden voor voldoende CO₂ in de kas en bij voorkeur een hoge RV aan het begin van de teelt. Een groot voordeel van het voorjaar is dat het assimilatenaanbod in de pas loopt met de assimilatenvraag. Beiden lopen op bij het planten van een jong gewas in het voorjaar.

Een jong gewas planten in de zomer kan, maar brengt een aantal nadelen met zich mee. Een voordeel is dat er meer licht is, maar een nadeel zijn de hoge temperaturen en lage luchtvochtigheden. Voor een klein gewas is dit een probleem. Omdat een klein gewas (veel) minder liters verdampt dan een groot gewas en dus minder “koelcapaciteit” heeft, wordt de kasluchttemperatuur in een kas met jonge planten hoger dan in een kas met grotere planten. In een kas met een jong gewas zal de luchtvochtigheid ook lager zijn dan in een kas met een groter gewas. Dit is een nadeel voor een jong gewas, dat bij juist bij een hogere luchtvochtigheid grotere bladeren vormt en dan dus sneller tot volledige lichtonderschepping komt.

Een jong gewas in de herfst planten kan ook. Voordeel van de herfst zijn de gemiddeld hogere temperaturen en hoge luchtvochtigheden. Voor energiebesparing is het een voordeel dat een jong gewas minder verdampt, dus dat er in de herfst minder vocht uit de kas weggelucht hoeft te worden. Een nadeel van de herfst is dat de hoeveelheid licht afneemt, maar dat de assimilatievraag van het gewas juist toeneemt.

Een jong gewas in de winter planten is nu het meest gangbare. Twee grote nadelen van de winter zijn de lage lichthoeveelheid en de lage temperaturen, waardoor het nodig is veel energie te gebruiken om gewenste setpoint temperaturen te realiseren. Een voordeel is de “vrije” beschikbaarheid van CO₂ als restproduct van het verstookte aardgas.

Een aantal reële opties om energie te besparen in de eerste fase van de teelt van een vruchtgroentegewas zijn:

1. Latere teeltstart. De teelt niet starten op 1 december, maar 1, 2, 6 weken later. Het later starten zal direct energie besparen omdat er in die week nauwelijks gestookt hoeft te worden. Naarmate de teeltstart meer weken uitgesteld wordt, levert een week later starten minder energiewinst op, omdat de buitentemperaturen minder laag worden. Het productieverlies van 1 week later starten met de teelt zal minimaal zijn. Maar naarmate de teelt meer weken later start, zal het productieverlies toenemen. Ergens zal een optimum liggen, waarbij de energiebesparing wegvalt tegen het productieverlies. In deze optie blijft de duur van de teeltwisseling 2 weken, zoals nu gangbaar is.
2. Grotere plant bij teeltstart. Starten met een grotere plant van de plantenkweker. Naarmate de teelt start met een grotere plant, is de vroege productie hoger. Dit stelt eisen aan de kweker, die de planten tijdens de opkweek een keer vaker wijder zal moeten zetten, om te voorkomen dat hij te gerekte, dunne planten aflevert. De kosten voor een plant zullen daarmee hoger uitvallen, maar dit betekent een langere periode geen stookkosten in de kas bij de teler.
3. (Vervolg)opkweek bij teler. Een variatie op 2 is dat de planten wel 4 weken na zaai (gebruikelijke leeftijd) bij de plantenkweker vandaan komen en bij de teler in de kas worden gezet, maar daar in eerste instantie in een hoge dichtheid in de kas geplaatst worden. Daarvoor is het nodig dat de teler verschillende stookafdelingen heeft. Er hoeft dan maar een deel van de kas verwarmd te worden. Daarna zouden de planten (eventueel in meerdere stappen) wijder gezet kunnen worden. Voor de groei heeft dit geen nadelige gevolgen, en het levert wel een duidelijke energiebesparing op. Wanneer voor het (automatisch) wijder zetten gebruik gemaakt zou kunnen worden van beweegbare goten, kost dit geen extra arbeid. Wel zijn hiervoor investeringen noodzakelijk.
4. Latere teeltstart en grotere plant bij teeltstart. Door de latere teeltstart te combineren met een grotere plant bij de teeltstart is mogelijk nog een verdere optimalisatie te verkrijgen in energiegebruik en productie.
5. Verlengde teeltwisseling. Bij opties 1 en 4 gaan we nog steeds uit van een standaard periode van de teeltwisseling van 2 weken. Maar wat gebeurt er met het energieverbruik en de productie als de teeltwisseling niet 2 weken duurt, maar langer? Deze optie lijkt veel op opties 1 en 4, maar het verschil is dat in opties 1 en 4 het einde en het begin van de teelt verschuiven, en dat in deze optie alleen het starttijdstip van de nieuwe teelt naar achteren verschuift, maar dat het moment van teelteinde vast blijft staan. In feite staat hier de kas een aantal weken tot (ruim) een maand leeg. Normaal gesproken is het personeel in de ca. 2 weken van de teeltwisseling bezig met alle werkzaamheden, zowel het vaste personeel als tijdelijke krachten. Het probleem van arbeid bij een verlengde teeltwisseling is op te lossen door de teeltwisseling voornamelijk met de vaste krachten te doen en daar dan langer over te doen. Alleen voor het uitplanten van de nieuwe planten zijn dan weer tijdelijke krachten nodig. In deze optie moet nagegaan worden wat het voor energiegebruik en productie betekent als de teeltwisseling (leegstand) 1, 2, 3, 4 weken langer duurt dan de gebruikelijke twee weken teeltwisseling. Gezien de arbeidsplanning zal het hierbij zo moeten zijn dat er in compartimenten (stookbare eenheden) geplant gaat worden.
6. Verlengde teeltwisseling en grotere plant bij teeltstart. Door de verlengde teeltwisseling te combineren met een grotere plant bij de teeltstart is mogelijk nog een verdere optimalisatie te verkrijgen in energiegebruik en productie.
7. Temperatuurinstellingen. Bij alle bovenstaande opties is het van belang te kijken naar de temperatuurinstellingen. Naarmate de teeltstart later is, is meer licht beschikbaar. Er kan dan met behoud van plantkwaliteit “sneller” worden geteeld, dus een hoger temperatuur setpoint aangehouden worden. In deze optie kan de afweging gemaakt worden tussen teeltvertraging door een langere teeltwisseling en dus later met de teelt starten, en een teeltversnelling door het aanhouden van hogere temperatuursetpoints.

8. Toestaan van temperatuurfluctuaties. In de praktijk worden ook bij een teeltstart op 1 december temperatuursetpoints van boven de 20 °C aangehouden. In deze periode is er echter weinig licht beschikbaar. Met een hoge temperatuur wordt wel een hoge assimilatenvraag gecreëerd, want de plant ontwikkelt bij hogere temperaturen sneller. Met het aanhouden van lagere temperatuursetpoints op donkere dagen in het begin van de teelt kan energie bespaard worden, terwijl de ontwikkelingssnelheid op peil gehouden zou kunnen worden door op lichtere dagen het temperatuursetpoint iets te verhogen (lichtverhoging). Deze optie is gebaseerd op het handhaven van een assimilatenbalans, een principe dat uitgewerkt is in het project “Meerdaagse temperatuurstellingen”. Daarin is aangetoond dat dit principe kan leiden tot energiebesparing en/of een productiestijging.
9. Onderstammen. Het gebruik van onderstammen die bij lage temperaturen in de winter in staat zijn de plant goed te laten groeien zou een mogelijkheid zijn in de winter bij gemiddeld lagere etmaaltemperaturen te telen, zonder verlies aan groeisnelheid. Uit een recente literatuurstudie (Dieleman & Heuvelink, 2005) blijkt dat onderstammen deze mogelijkheid bieden. Om dit te kunnen toepassen heeft de tuinder onderstammen nodig die hierop geselecteerd zijn. In de andere seizoenen worden andere eisen aan onderstammen gesteld. In het voorjaar is er behoefte aan een onderstam die een goede groei vertoont bij wisselende omstandigheden van licht, temperatuur en luchtvochtigheid zoals die dan voorkomen. In de herfst echter, wil je onderstammen die weerbaar of resistent zijn tegen schimmelaantastingen, zodat de relatieve luchtvochtigheid in de kas hoger mag zijn zonder gevaar voor ziektes. Er gaat dan minder warmte verloren door het afvoeren van vocht. Het is nagenoeg onmogelijk al deze eigenschappen in één onderstam te verenigen. Wel is het denkbaar dat op termijn er onderstammen beschikbaar zijn met een set eigenschappen die voor een deel van het jaar heel positief zijn voor productie en/of energieverbruik. Het is mogelijk dat er dan ook in de paprika- of tomatenteelt over wordt gegaan op een teeltsysteem met meerdere teelten, waarin per teelt een andere onderstam wordt gebruikt. Er zal dan ook gekeken moeten worden naar manier waarop de teeltwisseling snel gerealiseerd kan worden.

Een inschatting van de effecten op productie en energiegebruik van het verschuiven van het starttijdstip met steeds 2 maanden staat gegeven in Bijlage IV.

2.2 Ontwikkeling van een vruchtdragend gewas

Voor een vruchtdragend gewas zijn drie dingen van belang: (1) vruchtzetting, (2) vruchtgroei en (3) bladoppervlak. Voor de vruchtzetting is het voor de plant van belang over voldoende assimilaten te beschikken. Met name onder de laag licht condities in de winter treedt vaak bloemabortie op door een gebrek aan assimilaten. CO₂ beïnvloedt de vruchtzetting op dezelfde manier als licht. Als er meer CO₂ beschikbaar is neemt de vruchtzetting toe en ook het uiteindelijke vruchtgewicht. Onder Nederlandse kasomstandigheden kunnen ook hoge temperaturen (boven 30 °C) in de zomer tot problemen met de vruchtzetting leiden. Een grotere beschikbaarheid van assimilaten leidt niet alleen tot een betere vruchtzetting, maar ook tot meer vruchtproductie. De totale productie van een tomatenplant wordt bepaald door het aantal vruchten en het gemiddeld vruchtgewicht. Over het algemeen streeft een tuinder naar vruchten met een zeker gemiddeld vruchtgewicht. Hij zal dan door het aantal vruchten aan de plant te sturen (trossnoei, het aanhouden van extra stengels) proberen de assimilatenvraag door de vruchten af te stemmen op het assimilatenaanbod (lichthoeveelheid en CO₂). De ontwikkelingssnelheid van vruchten wordt bepaald door de temperatuur. Naarmate de temperatuur hoger is, is de uitgroeiduur van de vruchten korter. Dit leidt tot een lager gemiddeld vruchtgewicht. Maar omdat de ontwikkelingssnelheid van het gewas dan hoger is, worden meer vruchten of trossen gevormd, zodat een hogere temperatuur per saldo nauwelijks effect heeft op de totale gewasproductie. Om optimaal gebruik te kunnen maken van de hoeveelheid assimilaten, heeft een producerend gewas ten minste een LAI van ongeveer 3 m² m⁻² nodig, een LAI waarbij vrijwel volledige lichtonderschepping wordt bereikt. Door teeltmaatregelen als bladplukken (tomaat en komkommer) wordt deze LAI gehandhaafd, bladhoeveelheid is dus in principe geen probleem in deze fase van de teelt.

Het meest optimale seizoen voor een vruchtgroentegewas in productie is het late voorjaar, de zomer of het begin van de herfst. Dit is de periode dat de instraling het hoogst is, dus het gewas de hoogste productie heeft. In deze periode zijn de beperkende factoren de hoeveelheid beschikbare CO₂ en de temperatuur. Als er in de zomer veel

gelucht wordt, is de CO₂ concentratie in de kas ver onder het voor de gewasgroei optimale niveau van 900-1100 ppm. Als de CO₂ concentratie bij veel licht verhoogd zou kunnen worden leidt dit tot een productiestijging. Hoge temperaturen in de zomer kunnen een probleem opleveren. Bij temperaturen boven circa 30 °C kunnen problemen optreden met vruchtzetting, hetgeen productie kan kosten.

Het minst geschikte seizoen voor een vruchtdragend gewas is de winter. In deze periode is er weinig licht, en kunnen er dus weinig assimilaten door de plant aangemaakt worden. Er staat dan echter een groot gewas, met een hoge vraag naar assimilaten voor de onderhoudsademhaling. Er blijft dus netto maar weinig over van de geproduceerde assimilaten voor de groei. Dit leidt tot trage groei, maar ook tot een slechte vruchtzetting, dus op de langere termijn tot een lage productie. De enige manier waarop de winter beter geschikt te maken zou zijn om er een producerend gewas in te telen zou het installeren van groeilicht zijn. Dit wordt echter in het kader van dit project niet als optie meegenomen.

Een aantal opties om energie te besparen dan wel om optimaal gebruik te maken van de energie die gebruikt wordt in de fase van een vruchtdragend gewas zijn:

1. Schermgr gebruik. Optimaal gebruik maken van de aanwezige schermen. Er wordt van uitgegaan dat zowel voor tomaat, komkommer als paprika in het begin van de teelt standaard geschermd wordt. Als het gewas groter wordt, wordt vaak gestopt met schermen om te hoge luchtvochtigheden te voorkomen. Echter, door goed gebruik te maken van de aanbevolen volgorde van schermkieren, dan luchten boven scherm, dan scherm openen om vocht af te voeren kan energie bespaard worden zonder dat dit ten koste van de productie gaat.
2. Aanhouden van extra stengels of vruchten. Als er geschoven is met de teeltstart, is het in de volgende fase ook van belang de momenten waarop extra stengels (tomaat) of extra vruchten (komkommer, paprika) aangehouden worden te verschuiven om optimaal gebruik te maken van het licht en de energie die gebruikt wordt. Als de teelt later is begonnen dan 1 december, zal de plant zich door de grotere hoeveelheid licht en bijbehorende temperatuursetpoints sneller ontwikkelen. Er kunnen dan bij jongere planten meer dan gebruikelijk extra stengels of vruchten aangehouden dan wanneer eerder geplant is.
3. Hoeveelheid blad. Voor een optimale energiebenutting en productie is het van belang hoeveel blad er aangehouden wordt. Er zijn bijvoorbeeld komkommertelers die aangeven dat ze bij een winterplanting minder blad aan hun gewas aanhouden, dan bij een planting in de zomer. Hun argument hiervoor is dat in de winter bij weinig licht de onderhoudsademhaling van het gewas relatief een groot deel van de aangemaakte assimilaten verbruikt. In de zomer worden zoveel assimilaten aangemaakt, dat de onderhoudsademhaling van die "extra" bladeren minder aantikt en het dus ook niet de moeite loont deze bladeren te verwijderen. In deze optie wordt nagegaan wat per seizoen de optimale hoeveelheid blad aan de plant is en hoe een teler hiermee zou kunnen spelen. Hierbij geldt in de seizoenen dat er veel gestookt wordt dat naarmate een plant minder blad heeft, er minder verdampt wordt en dus minder vocht afgevoerd hoeft te worden. Dit kan leiden tot energiebesparing. In het project "Bladplukken paprika" zijn voor paprika al berekeningen gedaan om het effect van bladplukken in de herfst op energiegebruik en productie te bepalen. Duidelijk was dat op het goede moment bladplukken energiebesparing tot gevolg heeft zonder negatieve effecten op de productie.
4. Onderstam. In deze fase van de teelt is wenselijk over een onderstam te beschikken die een goede groei bij wisselende omstandigheden van licht, temperatuur en luchtvochtigheid kan induceren (voorjaar) en die zorgt voor een goede vruchtzetting bij hoge temperaturen (zomer) en hoge weerbaarheid tegen schimmelaantastingen induceert (herfst).

2.3 Gewas in de eindfase van de teelt

Aan het einde van de teelt is vegetatieve groei niet meer nodig of gewenst, maar is het doel nog zoveel mogelijk vruchten te oogsten. Ongeveer 8 weken voor de geplande teeltwisseling worden de toppen uit de tomaten- en paprikaplanten gehaald. Alle assimilaten die aangemaakt worden, kunnen daarna door de plant gebruikt worden voor de vruchtgroei. In de laatste periode van de teelt wordt de temperatuur op de bestaande setpoints gehouden om de snelheid in de afrijping van de vruchten te houden. Wel staat men vaak toe dat de relatieve luchtvochtigheid toeneemt, omdat eventuele schimmelinfecties nu veel minder grote gevolgen hebben op de productie dan eerder in de teelt. Afhankelijk van de prijzen van groene of rode/gele vruchten worden de paprika's in deze periode onrijp of rijp geplukt.

Een aantal opties om energie te besparen in de eindfase van de teelt zijn:

1. Hogere RV. Wanneer aan het einde van de teelt een hoge RV wordt toegestaan, hoeft minder energie gebruikt te worden om de kas “droog te stoken”.
2. Temperatuurregime aan het einde van de teelt. Temperatuurinstellingen (en oogsten) afhankelijk maken van de productprijzen. Nu is in de praktijk nog gangbaar om aan het einde van de teelt de temperatuur hoog te houden om de afrijpingssnelheid van de vruchten op peil te houden. Verlaging van de temperatuur betekent dat de vruchten trager afrijpen. Echter, als de productprijzen laag zijn of de buitentemperaturen erg laag, is het bedrijfseconomisch misschien gunstiger om genoeg te nemen met een lagere productie, tegen lagere energiekosten omdat er in de laatste periode van de teelt minder gestookt wordt. De teelt wordt dan eerder beëindigd. Bij paprika's zouden dan bijvoorbeeld de laatste kilo's niet rood geoogst kunnen worden, maar groen. Ook is hier de vraag wat energetisch het gunstigste is: de teelt beëindigen met een hogere temperatuur en dan de teeltwisseling langer laten duren, of een lagere temperatuur aan het einde van de teelt met langzaam afrijpende vruchten en een teeltwisseling die korter duurt?
3. Bladplukken. In de laatste fase van een paprikateelt staat er in de kas over het algemeen een gewas met een hoge LAI. Deze grote hoeveelheid blad verdampt veel, terwijl het bij een LAI groter dan 3 nauwelijks meer bijdraagt aan de groei. In deze fase wordt energie bespaard als blad geplukt wordt tot een LAI van ca. 3 m² m⁻² bereikt is, zonder dat dit productie kost.

3. Vruchtzetting tomaat

3.1 Inleiding

In dit project wordt nagegaan wat de effecten van het verschuiven van teeltstart en teelteinde op productie en energiegebruik zijn. Wanneer het planttijdspit van december naar bijvoorbeeld januari verschuift, betekent dit dat de teelt pas in december geruimd zal worden. Om tot het einde van de teelt in productie te blijven is het nodig om tot in oktober een goede vruchtzetting te hebben. Er is weinig bekend over of de condities in die periode voor tomaat goed genoeg zijn om dan voldoende zetting te hebben en het aantal vruchten per tros op een gewenst niveau te houden. In een experiment is het aantal bloemen en vruchten per tros van vruchtdragende tomatenplanten in de maanden oktober en november geregistreerd.

3.2 Materiaal en methoden

Voor dit experiment is gebruik gemaakt van een tomatengewas dat geteeld werd ten behoeve van het project 'Luchtcirculatie' (De Gelder *et al.*, 2006) in afdeling 11 (controleafdeling) in complex 103 van PPO-Naaldwijk. Voor dit experiment is een tomatengewas cultivar Aromata geplant op 18 mei 2005 met een plantdichtheid van 3,3 planten per m². In de eerste periode zijn relatief hoge kasluchttemperaturen aangehouden om een snelle ontwikkeling van het gewas te krijgen. Vanaf 30 juni is geteeld zoals in de praktijk gangbaar is. Kasklimaatparameters werden gelogd op basis van 10 minuten gemiddelden. In de periode 20 oktober tot en met 28 november werd wekelijks het aantal bloemknoppen (al dan niet bloeiend), gezette vruchten en vruchten van 20 planten geteld vanaf de 11^e tros. Als er aan een tros geen bloemen of knoppen meer zaten, maar alleen vruchten, zijn de waarnemingen aan die tros gestopt. In het experiment kwam *Botrytis* voor, waardoor 6 waarnemingsplanten uitgevallen waren op 28 november. De waarnemingen die aan deze planten zijn gedaan, zijn niet meegenomen in de berekeningen.

3.3 Resultaten

Uit de tellingen blijkt dat er aan een tros maximaal ongeveer 9 bloemetjes zitten. Hiervan zet een deel tot een vruchtje met een diameter tot 1 cm. Echter, het blijkt dat niet alle vruchten die gezet zijn, ook daadwerkelijk verder groeien tot een volwaardige tomaat. Uit onderstaande tabel blijkt dat in de periode oktober-november gemiddeld per tros ca. 5 vruchten komen. Het is niet zo dat later in de tijd het aantal vruchten per tros afneemt.

Tabel 3.1. Overzicht van de tellingen van het aantal bloemknoppen (B; bloeiend en nog niet bloeiend), gezette vruchtjes (Z; tot 1 cm doorsnede) en vruchten (V) van trossen 11 tot 18 in de periode 13 oktober tot en met 28 november.

Datum	Tros 11			Tros 12			Tros 13			Tros 14		
	B	Z	V	B	Z	V	B	Z	V	B	Z	V
13 okt	3.7	1.5	5.0	6.5	1.4	2.4	8.0			7.2		
20 okt	2.7	1.0	5.1	3.9	2.6	2.2	4.7	3.2		8.7		
27 okt	2.3	1.0	5.3	2.6	1.3	3.1	1.6	1.4	3.6	6.9	1.8	2.0
3 nov	1.0	2.3	5.3	1.8	2.3	3.9	1.0	1.1	5.1	4.1	1.2	4.9
10 nov		3.0	5.3		2.2	3.8	1.0	1.0	5.1	1.8	1.0	5.6
17 nov					1.0	3.8		1.0	5.1	1.0	1.0	5.9
28 nov									5.1			5.8

Datum	Tros 15			Tros 16			Tros 17			Tros 18		
	B	Z	V	B	Z	V	B	Z	V	B	Z	V
13 okt												
20 okt	5.3											
27 okt	7.6											
3 nov	6.4	1.4	2.3	7.5								
10 nov	4.0	1.9	3.9	7.5	3		6.0					
17 nov	3.3	1.2	5.2	5.6	1.1	2.7	8.0			6		
28 nov	1.0	1.0	5.8	2.9	1.3	4.4	7.6	2		7.7		

3.4 Verwerking van de resultaten

Indien de resultaten van de vruchttellingen aan zouden geven dat het aantal vruchten per tros in het najaar afneemt, zouden deze gegevens leiden tot aanpassingen van het gewasgroeimodel. Dit blijkt echter niet het geval te zijn, waardoor het niet nodig is, het model aan te passen.

4. Scenarioberekeningen

4.1 Inleiding

In dit project wordt opnieuw gekeken naar de start van de teelt: is het huidige moment van starten (nog) wel het meest optimaal, en zou het wenselijk zijn de teelt later te starten of eerder te eindigen? Om effecten van verschuivingen in moment van tijdstart en duur van de teeltwisseling kwantitatief te kunnen bepalen, wordt gebruik gemaakt van modelberekeningen. Om zowel de effecten op energiegebruik als op gewasontwikkeling en productie te bepalen wordt gebruik gemaakt van het kasklimaatmodel KASPRO (De Zwart, 1996) en het gewasgroeimodel INTKAM (Marcelis *et al.*, 2000). Als bron voor de klimaatgegevens is het SEL2000jaar gebruikt. Dit is een jaar samengesteld uit karakteristieke maanden uit de jaren 1990-2000, volgens de methode van Breuer & Van de Braak (1989). Daarnaast zijn de financiële consequenties van veranderingen in teeltstrategie bepaald door veranderingen in energiegebruik (gasprijs € 0,28 per m³; bron: LEI) af te zetten tegen veranderingen in productie (productprijzen op basis van KWIN 2005/2006). In deze berekeningen zijn overige kosten die betrekking hebben op het eerder of later eindigen van de teelt, zoals arbeid niet meegerekend.

Op deze wijze zijn de volgende scenario's doorerekend:

1. Referentieteelten.
2. Eerder stoppen met de teelt, waarbij de duur van de teeltwisseling steeds langer wordt.
3. Latere teeltwisseling, waarbij zowel later gestart wordt met de teelt, als later gestopt. De duur van de teeltwisseling blijft hetzelfde.
4. De teelt starten met grotere planten.
5. De teelt starten in een deel van de kas, later in gehele kas uitplanten.
6. Verlagen van de teelttemperatuur gedurende laatste 3 weken van de teelt.

De veranderingen die per scenario in kasklimaatinstellingen zijn doorgevoerd zijn te vinden in Bijlage V.

4.2 Resultaten tomaat

4.2.1 Referentie

In de referentieteelt worden jonge tomatenplanten op 10 december geplant met een plantdichtheid van 2,4 planten per m². Op 15 november van het volgende jaar wordt de teelt beëindigd. De beschrijving van de kasuitrusting en klimaatinstellingen is te vinden in Bijlage IV.

In de referentieteelt wordt een productie gerealiseerd van 68,8 kg tomaten per m² per jaar, waarbij 44,4 m³ gas per m² werd gebruikt.

4.2.2 Teelt eerder beëindigen

In dit scenario worden de effecten van het eerder beëindigen van de teelt op het energiegebruik en de productie berekend. De startdatum van de teelt blijft gelijk, zodat in dit scenario de teeltwisseling steeds twee weken langer wordt. In dit scenario werden vergeleken:

1. Referentieteelt (10 december tot 15 november)
2. 2 weken eerder eindigen (10 december tot 1 november)
3. 4 weken eerder eindigen (10 december tot 18 oktober)

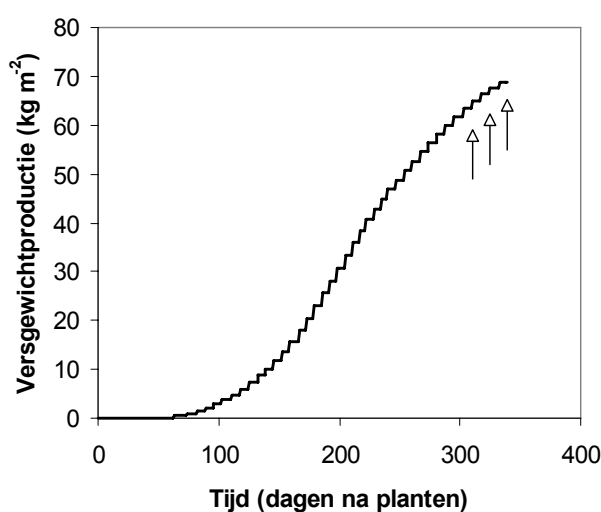
Uit de berekeningen blijkt dat het eerder beëindigen van de teelt leidt tot een forse vermindering van de productie (Tabel 4.1). Daarbij neemt ook het energiegebruik af, maar dit is niet voldoende om het productieverlies te compenseren.

Tabel 4.1. Effecten van het eerder beëindigen van de teelt op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij tomaat.

Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ²)	Gasgebruik (m ³ m ²)	Saldo ¹ (€ m ²)
Referentie	68,8	44,4	0
2 weken eerder eindigen	67,6	42,5	-0,55
4 weken eerder eindigen	64,9	40,5	-2,42

¹ Gas € 0,28 per m³, tomatenprijs € 0,90 per kg

Uit Figuur 4.1 is te zien dat de productie afneemt als de teelt eerder beëindigd wordt omdat ook in de laatste weken van de teelt de cumulatieve productie nog toeneemt. Dit ondanks het feit dat de lichthoeveelheid dan sterk afgenomen is. Als de teelt 2 of 4 weken eerder beëindigd wordt, is de totale hoeveelheid globale straling 1,5 of 3,1% lager.



Figuur 4.1. Verloop van de productie van tomatenvruchten in de tijd. De pijltjes in de figuur geven van links naar rechts aan: het teelteinde van de teelt die 4 weken eerder beëindigd werd, teelteinde van de teelt die 2 weken eerder beëindigd werd en teelteinde van de referentie.

4.2.3 Latere teeltwisseling

In dit scenario wordt uitgegaan van een periode van teeltwisseling die 2, 4 of 6 weken naar achteren wordt geschoven. De teeltstart is dan 2, 4 of 6 weken later dan de standaard plantdatum van de referentie, 10 december.

Ook de einddatum van de teelt schuift 2, 4 of 6 weken mee naar achteren. De duur van de teeltwisseling blijft in al deze scenario's hetzelfde.

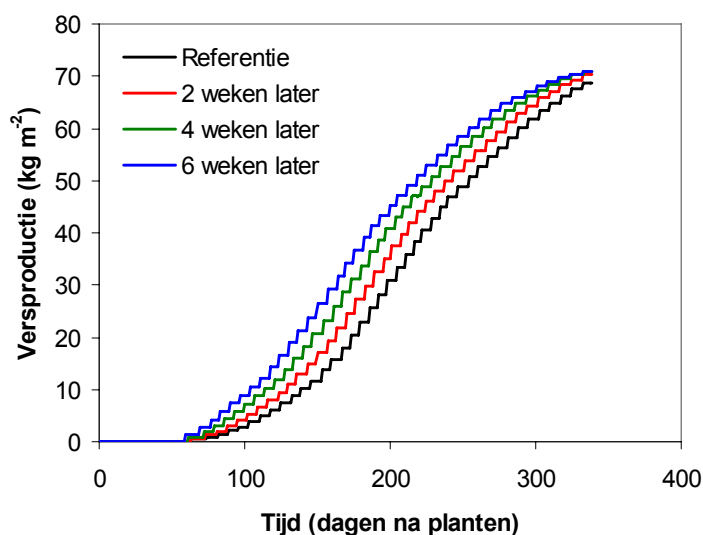
In Tabel 4.2 is te zien dat een latere teeltwisseling een positief effect heeft op de productie. De teeltwisseling 4 of 6 weken later levert ruim een kilo meerproductie op. Het effect van een latere teeltwisseling op het gasgebruik is beperkt. Dit leidt samen tot een flink verhoging van het saldo bij een latere teeltwisseling.

Tabel 4.2. Effecten van een latere teeltwisseling op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij tomaat.

Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ⁻²)	Gasgebruik (m ³ m ⁻²)	Saldo ¹ (€ m ⁻²)
Referentie (10 dec – 15 nov)	68,8	44,4	0
2 weken later (25 dec – 29 nov)	70,3	44,4	1,35
4 weken later (8 jan – 13 dec)	71,0	44,7	1,90
6 weken later (22 jan – 27 dec)	70,9	44,3	1,92

¹ Gas € 0,28 per m³, tomatenprijs € 0,90 per kg

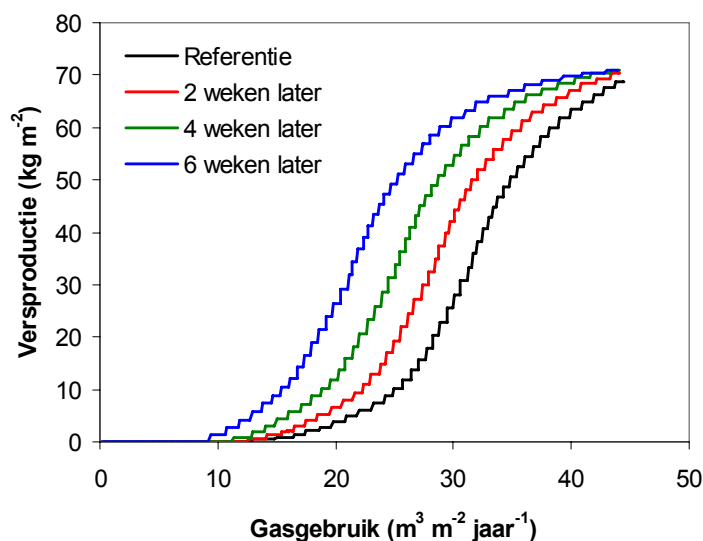
De hogere productie bij de latere teeltwisseling wordt veroorzaakt een snelle toename van de productie aan het begin van de teelt, als de lichthoeveelheid hoger is dan bij eerdere plantdata (Figuur 4.2). Deze productiestijging blijft gedurende de teelt gehandhaafd. Alleen aan het einde van de teelt neemt de productie van de planten die 6 weken later dan gebruikelijk zijn geplant nauwelijks meer toe. Dit heeft te maken met de lage lichthoeveelheid in deze periode, de maand december.



Figuur 4.2. Verloop van de productie van tomatenvruchten gedurende het jaar voor de referentieteel tomaat en de scenario's waarin de teeltwisseling 2, 4 of 6 weken later lag.

Wanneer de productie wordt uitgezet tegen het gasgebruik, is nog duidelijker te zien dat bij een latere teeltwisseling gedurende het grootste deel van de teelt per m³ gas meer kilo's tomaten worden geproduceerd (Figuur 4.3). Echter, aan het einde van de teelt die 6 weken later is gestart, neemt de productie nauwelijks meer toe, terwijl er nog wel

energie nodig is om de kas te verwarmen. Het zou mogelijk verstandig zijn de teelt die 6 weken later gestart is eerder te beëindigen. De productie is dan niet veel lager, maar het scheelt wel enkele m^3 gas (Tabel 4.3).



Figuur 4.3. Verloop van de productie van tomatenvruchten uitgezet tegen het gasgebruik gedurende het jaar voor de referentieteel tomaten en de scenario's waarin de teeltwisseling 2, 4 of 6 weken later lag.

Tabel 4.3. Effecten van het 6 weken later starten met de teelt en eerder eindigen op de productie, gasgebruik en financiële resultaat bij tomaat.

Scenario	Versgewicht vruchten (kg m^{-2})	Gasgebruik ($\text{m}^3 \text{ m}^{-2}$)	Saldo ¹ (€ m^{-2})
Referentie (10 dec – 15 nov)	68,8	44,4	0
6 weken later starten (22 jan – 27 dec)	70,9	44,3	1,92
6 weken later starten, 3 weken later eindigen (22 jan – 6 dec)	69,8	40,0 ²	2,13
6 weken later starten, 2 weken later eindigen (22 jan – 30 nov)	69,0	38,2 ²	1,92

¹ Gas € 0,28 per m^3 , tomatenprijs € 0,90 per kg

² In dit verbruik is niet het energiegebruik meegenomen nodig om de kas vorstvrij te houden in de weken dat de teelt eerder beëindigd wordt.

4.2.4 Grotere plant bij teeltstart

In de praktijk wordt meestal in de kas een plant uitgeplant, die 4 weken eerder door het opkweekbedrijf is gezaaid. Tegenwoordig worden ook wel grotere planten gepoot, echter dan komt voornamelijk voor bij een iets latere plantdatum. Daarom is in dit geval een plantdatum van 8 januari als referentie gebruikt, in plaats van 10 december. In deze referentie wordt een “gewone” 4-weekse plant geplant. In de scenario's worden ook planten gepoot die op de plantdatum (8 januari) 6 of 8 weken oud zijn.

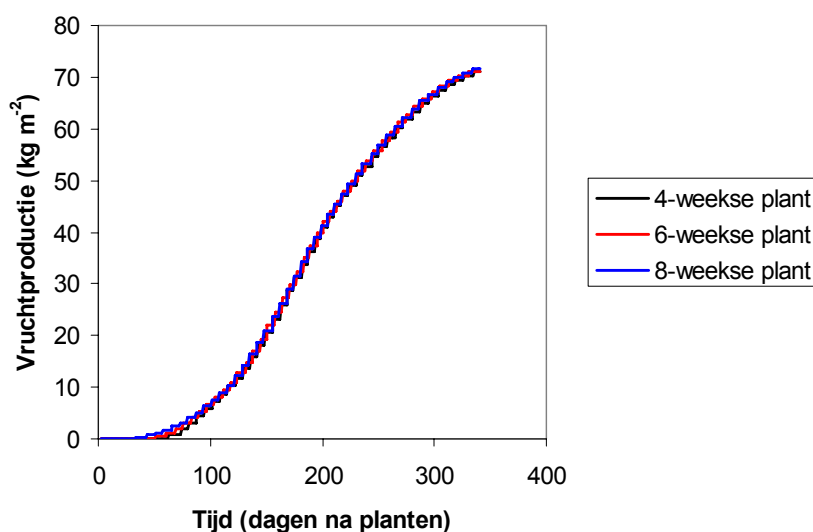
Tabel 4.4. Effecten van een grotere plant bij de start van met de teelt op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij tomaat.

Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ⁻²)	Gasgebruik (m ³ m ⁻²)	Saldo ¹ (€ m ⁻²)
Referentie (4-weekse plant; 8 jan – 10 dec)	71,0	44,7	0
6-weekse plant (8 jan – 10 dec)	71,1	44,8	0,06 ²
8-weekse plant (8 jan – 10 dec)	71,6	44,8	0,51 ²

¹ Gas € 0,28 per m³, tomatenprijs € 0,90 per kg

² Hierbij is geen rekening gehouden met de hogere plantkosten voor grotere planten

Het blijkt dat de planten die groter zijn op het moment van uitplanten wel iets sneller na planten in productie komen (Figuur 4.4), maar het effect op de uiteindelijke productie blijkt beperkt te blijven (Tabel 4.4). In bovenstaande tabel is geen rekening gehouden met het feit dat de grotere planten duurder zullen zijn.



Figuur 4.4. Verloop van de productie van tomatenvruchten in de tijd voor tomatenplanten die op het moment van uitplanten in de kas 4, 6 of 8 weken oud zijn.

4.2.5 Uitplanten in een deel van de kas

Een mogelijkheid om tot een verdere energiebesparing te komen is om de planten niet direct in de uiteindelijke plantdichtheid in de hele kas uit te planten, maar gedurende het begin van de teelt in een deel van de kas in een hogere plantdichtheid uit te planten. In dit scenario is gerekend met uitplanten in een drie keer hogere dichtheid tot de LAI van dit gewas 1,5 was. Daarna zijn de planten wijder gezet, waarbij de LAI op dat moment weer afnam tot 0,5. Hierbij is de aanname gedaan dat dit de gewasgroei niet beïnvloed. Met deze aannames kan het gewas van 10 december (plantdatum) tot 20 december in een hogere plantdichtheid gezet worden. Dit betekent dat gedurende 10 dagen tweederde deel van de kas niet verwarmd hoeft te worden. Dit levert een energiebesparing van 1,5 m³ gas per m² op jaarbasis op (Tabel 4.5), en daarmee een saldo van 0,42 € per m². Het positieve saldo zal echter niet opwegen tegen de hogere arbeidskosten die het wijder zetten met zich meebrengt of de investering in beweegbare goten waarmee dit automatisch gedaan kan worden.

Tabel 4.5. Effecten van het starten met een hogere plantdichtheid op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij tomaat.

Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ⁻²)	Gasgebruik (m ³ m ⁻²)	Saldo ¹ (€ m ⁻²)
Referentie	68,8	44,4	0
Starten met een 3x hogere plantdichtheid	68,8	42,9	0,42

¹ Gas € 0,28 per m³, tomatenprijs € 0,90 per kg

4.2.6 Lagere temperatuur aan het einde van de teelt

In de referentieteel van tomaat worden vanaf 8 februari als setpoints voor de dag- en nachttemperatuur 19 en 17 °C aangehouden. In dit scenario wordt de temperatuur gedurende de laatste 3 weken van de teelt verlaagd tot 17 en 15 °C (dag/nacht). Op zowel de productie als op het gasgebruik heeft dit nauwelijks effect (Tabel 4.6).

Tabel 4.6. Effecten van een latere temperatuur aan het einde van de teelt op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij tomaat.

Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ⁻²)	Gasgebruik (m ³ m ⁻²)	Saldo ¹ (€ m ⁻²)
Referentie	68,8	44,4	0
Lagere temperatuur laatste 3 weken	68,8	44,3	0,03

¹ Gas € 0,28 per m³, tomatenprijs € 0,90 per kg

4.3 Resultaten paprika

4.3.1 Referentie

In de referentieteel werden paprikaplanten op 20 november geplant met een plantdichtheid van 3,4 planten per m² (2 stengels per plant). De teelt werd beëindigd op 6 november van het volgende jaar. De beschrijving van de kasuitrusting en klimaatinstellingen is te vinden in Bijlage IV.

In onze berekeningen wordt in de referentieteel 30,6 kg paprika's per m² geproduceerd. In de praktijk is dat bij de teelt van rode paprika's circa 28 tot 30 kg per m². In de berekende referentieteel wordt 41,2 m³ gas gebruikt per m².

4.3.2 Teelt eerder beëindigen

In deze scenario's worden de effecten van het eerder beëindigen van de teelt op energiegebruik en productie bekeken. De startdatum blijft gelijk, zodat in deze scenario's de teeltwisseling steeds 2 weken langer wordt. In de scenario's zijn vergeleken:

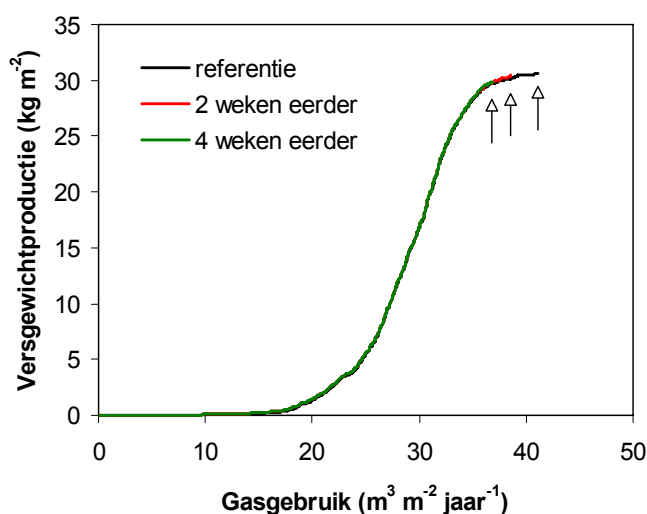
1. Referentieteel (20 november tot 6 november)
2. 2 weken eerder eindigen (20 november tot 23 oktober)
3. 4 weken eerder eindigen (20 november tot 9 oktober)

Tabel 4.7. Effecten van het eerder beëindigen van de teelt op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij paprika.

Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ²)	Gasgebruik (m ³ m ²)	Saldo ¹ (€ m ²)
Referentie	30,6	41,2	0
2 weken eerder eindigen	30,4	38,9	0,41
4 weken eerder eindigen	29,9	37,3	0,28

¹ Gas € 0,28 per m³, paprikaprijs € 1,16 per kg (periode 11)

Uit deze berekeningen blijkt dat 2 weken eerder stoppen met de teelt van paprika een kleine opbrengstderving tot gevolg heeft, maar dat deze wordt gecompenseerd door de besparing in gasverbruik. Ook de teelt 4 weken eerder beëindigen leidt tot een financieel positief resultaat, als de energiebesparing wordt afgewogen tegen de productiederving. Als de vruchtproductie uitgezet wordt tegen het energiegebruik, is te zien dat aan het einde van de teelt het energiegebruik nog wel toeneemt, maar de productie nauwelijks meer (Figuur 4.5). Dit is de reden dat het eerder beëindigen van de teelt financieel positief uitvalt. Wanneer de teelt nog eerder beëindigd wordt dan de 4 weken waar mee gerekend is, zal het resultaat snel negatief uitvallen, omdat dan de productie snel afneemt.



Figuur 4.5. Verloop van de productie uitgezet tegen het gasverbruik gedurende het jaar. De pijltjes in de figuur geven van links naar rechts aan: 4 weken eerder teelt beëindigen, 2 weken eerder teelt beëindigen en referentie.

In deze figuur is te zien dat de drie lijnen aan het einde van de teelt niet precies over elkaar lopen. Dit heeft te maken met het feit dat in elk van de drie teelten, aan het einde van de teelt de instellingen voor de relatieve luchtvochtigheid wijzigen. Gedurende de laatste drie weken van de teelt mag de RV iets verder oplopen dan tijdens de rest van de teelt. Dat betekent dat er in die weken meer geschermd wordt, waardoor het energiegebruik afneemt. De mate waarin dat gebeurt is afhankelijk van het buitenklimaat.

4.3.3 Latere teeltwisseling

In deze scenario's wordt uitgegaan van een teeltwisseling die 2, 4 of 6 weken later is dan de standaard periode. In deze scenario's schuift zowel de startdatum van de teelt als de einddatum van de teelt 2, 4 of 6 weken naar achteren. De duur van de teeltwisseling blijft in al deze scenario's hetzelfde.

In Tabel 4.8 is te zien dat het verschuiven van de teeltwisseling in de periode november/december nauwelijks effect heeft op de productie. Het verlaten van de teeltstart heeft wel een verhoging van het gasgebruik met ruim 1 m³ m⁻² tot gevolg. Nog verder verlaten van de teeltstart (tot 1 januari) leidt tot een verlaging van de productie en een forse verhoging van het energiegebruik.

Tabel 4.8. *Effecten van een latere teeltwisseling op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij paprika.*

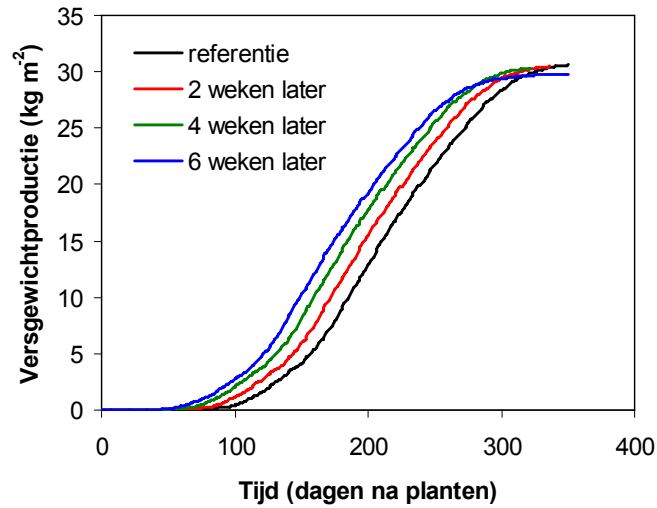
Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ⁻²)	Gasgebruik (m ³ m ⁻²)	Saldo ¹ (€ m ⁻²)
Referentie (20 nov - 6 nov)	30,6	41,2	0
2 weken later (4 dec - 20 nov)	30,6	41,5	-0,08
4 weken later (18 dec - 4 dec)	30,5	42,4	-0,45
6 weken later (1 jan - 18 dec)	29,7	44,2	-1,88

¹ Gas € 0,28 per m³, paprikaprijs € 1,16 per kg in periode 11

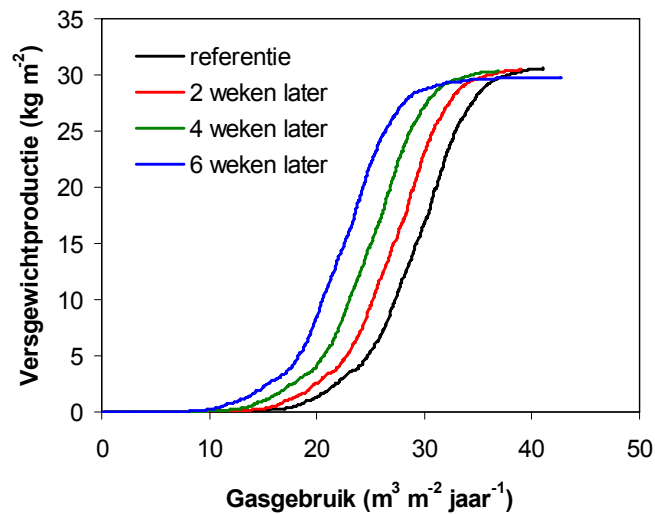
Dat het energiegebruik in deze scenario's toeneemt, heeft twee oorzaken. Ten eerste wordt in de maand november nog behoorlijk wat energie gestoken in de ontvochtiging en ten tweede is er voor gekozen de schermstrategie zo min mogelijk aan te passen in de scenarioberekeningen. Dit om zo min mogelijk variabelen in de tijd te wijzigen om resultaten onderling zo goed mogelijk te kunnen vergelijken. Keerzijde hiervan is dat sommige productiemiddelen niet optimaal ingezet worden. In de scenario's "2 en 4 weken later" is vooral de eerste reden oorzaak van de verhoging van het energiegebruik. In het scenario "6 weken later" neemt het energiegebruik sterk toe door de afgesproken schermstrategie. Hierdoor wordt er in de laatste weken van de teelt minder geschermd dan in de referentie, waar in die weken, bij een jong gewas, juist heel veel geschermd wordt.

In deze scenario's is de piek in gasgebruik altijd even hoog. Dit komt omdat het uitgangspunt in de teelt is dat het maximale aardgasgebruik 125 m³ per ha per uur is. Dit wordt in alle scenario's gehaald. Het aantal uren dat deze maximale afname bereikt wordt, verschilt echter wel. Naarmate de teeltwisseling later is, is het aantal uren met maximale afname hoger, wat een van de redenen is voor het hogere energiegebruik.

Naarmate de teelt later start, worden er eerder na de plantdatum vruchten gevormd (Figuur 4.6). De referentie, en de scenario's waarin de teeltwisseling 2 of 4 weken later ligt, laten tot het einde van de teelt een toename van de productie zien. In het scenario 6 weken latere teeltwisseling, neemt het gewicht van de vruchten gedurende de laatste 50 dagen van de teelt nauwelijks meer toe. Dit is de periode van eind oktober tot half december. Wanneer de productie wordt uitgezet tegen het energiegebruik is ook duidelijk te zien dat in deze periode er nauwelijks nog groei is, maar er wel energie nodig is om de kasluchttemperatuur te handhaven (Figuur 4.7). Het lijkt aannemelijk om te zeggen dat het verstandiger zou zijn de teelt die later dan de referentie gestart is eerder te beëindigen. De productie is dan weliswaar lager, maar ook het energiegebruik is dan fors lager (Tabel 4.9). Zo leidt een teelt die 6 weken later is gestart dan de referentie, en 2 weken eerder eindigt dan de referentie tot een positief resultaat van € 1,07 per m². Een teelt die 4 weken later is gestart, en een week eerder wordt beëindigd levert zelfs € 1,35 per m² op.



Figuur 4.6. Verloop van de productie van de vruchten gedurende het jaar voor de referentieteeltpaprika en de scenario's 2 weken later starten, 4 weken later starten en 6 weken later starten met de teelt.



Figuur 4.7. Verloop van de productie van de vruchten uitgezet tegen het gasverbruik gedurende het jaar voor de referentieteeltpaprika en de scenario's 2 weken later starten, 4 weken later starten en 6 weken later starten met de teelt.

Tabel 4.9. Effecten van het later starten met de teelt en deze eerder dan de referentie beëindigen op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij paprika.

Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ²)	Gasgebruik (m ³ m ²)	Saldo ¹ (€ m ²)
Referentie (20 nov - 6 nov)	30,6	41,2	0
4 weken later starten, 1 week eerder eindigen (18 dec – 30 okt)	30,2	35,7 ²	1,35
6 weken later starten, 2 weken eerder eindigen (1 jan – 22 okt)	29,3	32,0 ²	1,07

¹ Gas € 0,28 per m³, paprikaprijs € 1,16 per kg in periode 11

² In dit verbruik is niet het energiegebruik meegenomen nodig om de kas vorstvrij te houden in de weken dat de teelt eerder beëindigd wordt

4.3.4 Grotere plant bij teeltstart

In de praktijk wordt meestal in de kas een plant uitgeplant, die 4 weken eerder door het opkweekbedrijf is gezaaid, in de praktijk een 4-weekse plant genoemd. Tegenwoordig worden ook wel grotere planten gepoot, echter dat doet men alleen bij een iets latere plantdatum. Daarom is in dit geval een plantdatum van 18 december als referentie gebruikt. In deze referentie wordt een “gewone” 4-weekse plant geplant. In de scenario's worden ook planten gepoot, die op de plantdatum (18 december) 8 weken of 12 weken oud zijn.

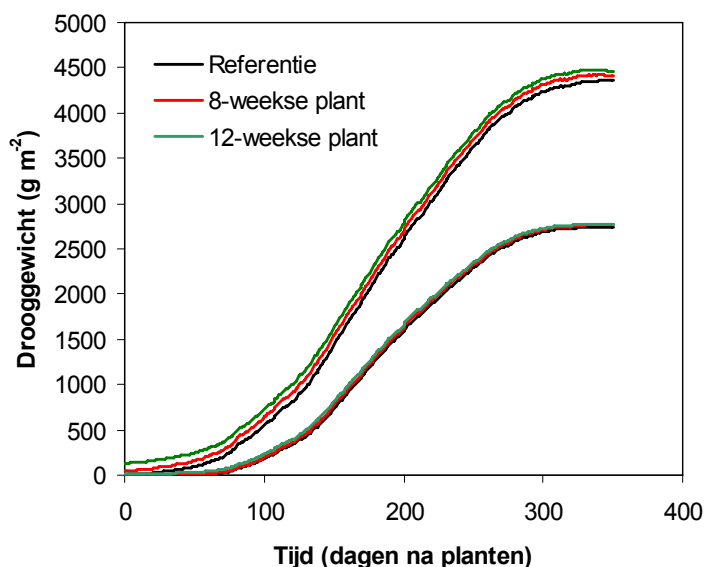
Tabel 4.10. Effecten van een grotere plant bij de start van de teelt op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij paprika. De teelten lopen van 18 december tot 4 december.

Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ²)	Gasgebruik (m ³ m ²)	Saldo ¹ (€ m ²)
Referentie (4-weekse plant)	30,5	42,4	0
8-weekse plant	30,7	42,6	0,17 ²
12-weekse plant	30,8	42,7	0,26 ²

¹ Gas € 0,28 per m³, paprikaprijs € 1,16 per kg in periode 11

² Hierbij is geen rekening gehouden met de hogere plantkosten voor grotere planten

Uit de tabel blijkt dat het uitplanten van een grotere plant weinig effect heeft op de productie. In onderstaande figuur staat van deze drie scenario's zowel de drooggewichtstoename tijdens de teelt van de vruchten als van de totale plant weergegeven. Daaruit blijkt dat een groter startgewicht aan het begin van de teelt niet wordt versterkt gedurende het verdere teeltseizoen, maar ongeveer even groot blijft (Figuur 4.8). Naar alle waarschijnlijkheid is hier het probleem dat in de wintermaanden de hoeveelheid licht onvoldoende is voor paprika om tot vruchtzetting te komen. Het uitplanten van een grotere plant levert dan wel een plant op met meer blad, maar deze plant vergt ook meer assimilaten voor groei en onderhoud. Per saldo leidt het uitplanten van een grotere plant op 18 december nauwelijks tot een grotere vruchtproductie. Het financiële resultaat, wanneer energiegebruik en productie worden afgewogen is licht positief (Tabel 4.10). Hierbij moet opgemerkt worden dat in deze berekeningen de hogere plantkosten voor een grotere plant niet betrokken zijn. Wanneer dit wel gebeurt, is het saldo van een grotere plant waarschijnlijk negatief.



Figuur 4.8. Verloop van het drooggewicht van de totale plant (bovenste drie lijnen) en de vruchten (onderste groep lijnen) in de tijd voor paprikaplanten die op het moment van uitplanten in de kas 4 weken oud zijn (referentie), 8 weken oud, of 12 weken oud.

4.3.5 Uitplanten in een deel van de kas

Een mogelijkheid om tot een verdere energiebesparing te komen is om de planten niet direct in de uiteindelijke plantdichtheid in de hele kas uit te planten, maar gedurende het begin van de teelt in een deel van de kas in een hogere plantdichtheid uit te planten. In dit scenario is gerekend met uitplanten in een drie keer hogere dichtheid tot de LAI van dit gewas 1,5 was. Daarna zijn de planten wijder gezet, waarbij de LAI op dat moment weer afnam tot 0,5. Hierbij is de aanname gedaan dat dit de gewasgroei niet beïnvloed. Met deze aannames kan het gewas van 20 november (plantdatum) tot 1 december in een hogere plantdichtheid gezet worden. Dit betekent dat gedurende 10 dagen tweederde deel van de kas niet verwarmd hoeft te worden. Dit levert een energiebesparing van 1,1 m³ gas per m² op jaarbasis op (Tabel 4.11). Het positieve saldo zal echter niet opwegen tegen de hogere arbeidskosten die het wijder zetten met zich meebrengt of de investering in beweegbare goten waarmee dit automatisch gedaan kan worden.

Tabel 4.11. Effecten van het starten met een hogere plantdichtheid op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij paprika.

Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ²)	Gasgebruik (m ³ m ²)	Saldo ¹ (€ m ²)
Referentie	30,6	41,2	0
Starten met een 3x hogere plantdichtheid	30,6	40,1	0,31

¹ Gas € 0,28 per m³, paprikaprijs € 1,16 per kg (periode 11)

4.3.6 Lagere temperatuur aan het einde van de teelt

In de referentieteelt van paprika worden vanaf 20 januari als setpoints voor de dag- en nachttemperatuur 20 en 17 °C gebruikt. In dit scenario wordt de temperatuur gedurende de laatste 3 weken van de teelt verlaagd tot 18 en 15 °C. Op de productie heeft dit geen effect (Tabel 4.12).

Tabel 4.12. Effecten van een lagere temperatuur aan het einde van de teelt op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij paprika.

Scenario	Drooggewicht vruchten (g m ⁻²)	Versgewicht vruchten (kg m ⁻²)	Gasgebruik (m ³ m ⁻²)	Saldo ¹ (€ m ⁻²)
Referentie	2754	30,6	41,2	0
Lagere temperatuur laatste 3 weken	2755	30,6	40,6	0,17

¹ Gas € 0,28 per m³, paprikaprijs € 1,16 per kg (periode 11)

Het energiegebruik wordt met 0,6 m³ per m² per jaar verlaagd door de temperatuur in de laatste weken te verlagen. Dit leidt tot een klein positief financieel effect.

4.4 Resultaten komkommer

4.4.1 Referentie

In de modelberekeningen is uitgegaan van drie teelten per jaar, waarbij de winterteelt start op 14 december, de zomerteelt op 1 mei en de herfstteelt op 1 augustus. De laatste teelt eindigt op 17 november. De teeltwisseling in de winter duurt dus een maand. In alle teelten wordt een plandichtheid aangehouden van 1,35 planten per. In de winter-, zomer- en herfstteelt ontwikkelt de eerste vrucht op de hoofdstengel zich bij respectievelijk het 8^e, 5^e en 6^e blad. Het aantal aangehouden stamvruchten (het aantal vruchten op de hoofdstengel) in de winter-, zomer- en herfstteelt is respectievelijk 4, 9 en 16. De beschrijving van de kasuitrusting en klimaatinstellingen is te vinden in Bijlage IV. Deze instellingen leiden tot een productie van 185 komkommers per m² met een totaal versgewicht van 79,9 kg per m² bij een energiegebruik van 40,2 m³ gas per m² per jaar.

4.4.2 Teelt eerder beëindigen

In dit scenario worden de effecten van het eerder beëindigen van de teelt op energiegebruik en productie bekeken. De startdatum van de winterteelt blijft gelijk, maar de startdata van de voorjaars- en zomerteelten verschuiven, zodat deze teelten ingekort worden. De teeltwisseling wordt in deze scenario's steeds een week langer. In het scenario waarin de teelt 4 weken eerder beëindigd wordt, duurt de teeltwisseling ruim 8 weken.

In de scenario's zijn vergeleken:

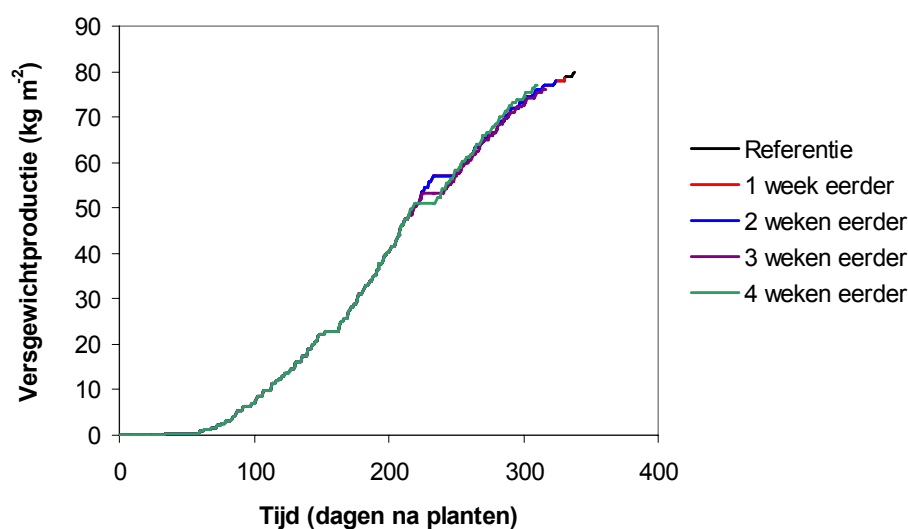
1. Referentieteelt (1^e teelt van 14 december tot 1 mei, 2^e teelt van 1 mei tot 1 augustus, 3^e teelt van 1 augustus tot 18 november)
2. 1 week eerder eindigen (3^e teelt 1 week korter)
3. 2 weken eerder eindigen (3^e teelt 2 weken korter)
4. 3 weken eerder eindigen (2^e teelt 1 week korter, 3^e teelt 2 weken korter)
5. 4 weken eerder eindigen (2^e teelt 2 weken korter, 3^e teelt 2 weken korter)

Het eerder beëindigen van de teelt leidt tot een afname van de productie (Tabel 4.13). In Figuur 4.9 is te zien dat ook in de laatste weken van de teelt, er nog veel komkommers geoogst worden, hetgeen de afname in productie verklaart. Het energiegebruik neemt ook af wanneer de teelt eerder beëindigd wordt. Deze afname weegt echter financieel niet op tegen de verlaagde productie (Tabel 4.13). Uit deze resultaten blijkt dat het niet aan te bevelen is de teelt van komkommer eerder te beëindigen.

Tabel 4.13. Effecten van het eerder beëindigen van de teelt op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij komkommer.

Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ⁻²)	Aantal vruchten (m ⁻²)	Gasgebruik (m ³ m ⁻²)	Saldo ¹ (€ m ⁻²)
Referentie	79,9	185	40,2	0
1 week eerder eindigen	78,5	181	39,8	-0,97
2 weken eerder eindigen	78,0	180	39,3	-1,10
3 weken eerder eindigen	75,9	174	38,2	-2,41
4 weken eerder eindigen	76,9	176	37,3	-1,62

¹ Gas € 0,28 per m³, komkommerprijs € 0,27



Figuur 4.9. Verloop van de versgewichtproductie van komkommers in de tijd voor de referentieteelt en de scenario's waarin de teelt 1, 2 3 of 4 weken eerder beëindigd werd.

4.4.3 Latere teeltwisseling

In deze scenario's wordt uitgegaan van een teeltwisseling die 2, 4 of 6 weken later is dan de standaard teeltwisselingsperiode van de referentie. Dit houdt in dat de startdata van de drie teelten verschuiven, en ook de einddata (Tabel 4.14). De duur van de teeltwisseling blijft 4 weken.

Tabel 4.14. Start- en eindtijdstippen van de drie komkommerteelten in de referentie en de scenario's 2, 4 en 6 weken latere teeltwisseling.

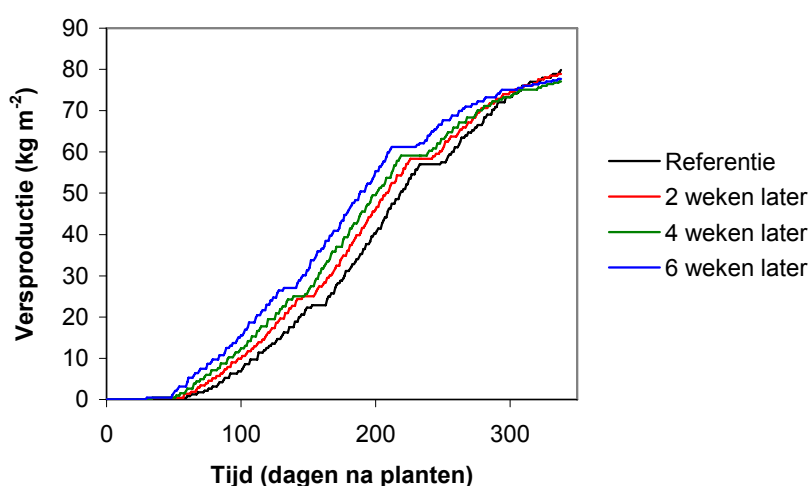
	1 ^e teelt		2 ^e teelt		3 ^e teelt	
	Start	Einde	Start	Einde	Start	Einde
Referentie	14 dec	30 apr	1 mei	30 jul	1 aug	17 nov
2 weken latere wisseling	28 dec	7 mei	8 mei	7 aug	8 aug	1 dec
4 weken latere wisseling	11 jan	14 mei	15 mei	14 aug	15 aug	15 dec
6 weken latere wisseling	25 jan	21 mei	22 mei	21 aug	22 aug	29 dec

De teelt twee weken later wisselen heeft een klein positief effect op de productie (Tabel 4.15). Het gasgebruik ligt dan echter 1,9 m³ per m² hoger ligt, hetgeen resulteert in een verlaging van het saldo van de teelt. Wanneer de teelt 4 of 6 weken later dan gebruikelijk gestart en beëindigd wordt, worden minder en gemiddeld iets lichtere komkommers geoogst dan bij de standaard plantdatum van 14 december. In Figuur 4.10 is te zien waardoor dat veroorzaakt wordt. Naarmate de teelt later start, is er meer licht en een hogere productie. Echter aan het einde van de teelten die later gestart zijn, is te zien dat de productie sterk afvlakt. Met name het scenario waarin 6 weken later geplant werd dan in de referentie, gaat vlot van start met de productie, maar laat in de laatste weken van de teelt nog maar een beperkte toename van de cumulatieve productie zien (Figuur 4.10).

Tabel 4.15. Effecten van een latere teeltwisseling op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij komkommer.

Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ²)	Aantal vruchten (m ²)	Gasgebruik (m ³ m ²)	Saldo ¹ (€ m ²)
Referentie (14 dec – 17 nov)	79.9	185	40,2	0
2 weken latere teelt (28 dec – 1 dec)	78.9	186	42,1	-0,26
4 weken latere teelt (11 jan – 15 dec)	77.1	182	46,4	-2,22
6 weken latere teelt (25 jan – 29 dec)	77.7	184	44,6	-1,50

¹ Gas € 0,28 per m³, komkommerprijs € 0,27



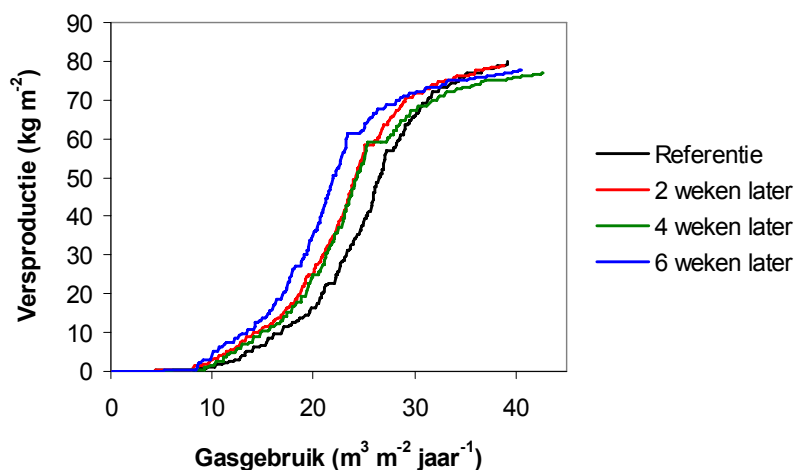
Figuur 4.10. Verloop van de versgewichtproductie van komkommervruchten gedurende het jaar voor de referentieteelt komkommer en de scenario's 2, 4 of 6 weken latere teeltwisseling.

Het energiegebruik in de wintermaanden wordt mede bepaald door het gebruik van de twee energieschermen die in de komkommerteelt gebruikt worden, het beweegbare scherm en het vaste folieschermb. In de scenario's is gekozen voor standaard instellingen voor beide schermen (zie Bijlage V). Dit leidt echter tot behoorlijke verschillen in het aantal schermuren dat met beide schermen is gemaakt in de verschillende scenario's, en daarmee tot effecten op het energiegebruik. In de scenario's waarbij de teeltwisseling is geschoven, zijn de volgende aantallen schermuren gemaakt:

Referentie	2588 uur beweegbaar scherm, 1053 uur vast folieschermb
2 weken latere teeltwisseling	2528 uur beweegbaar scherm, 1053 uur vast folieschermb
4 weken latere teeltwisseling	2496 uur beweegbaar scherm, 816 uur vast folieschermb
6 weken latere teeltwisseling	2394 uur beweegbaar scherm, 2060 uur vast folieschermb

Het hoge energiegebruik in het scenario "4 weken latere teeltwisseling" wordt in hoge mate bepaald door het lage aantal uren dat er een vast folieschermb is gebruikt.

In Figuur 4.11 is te zien dat met name in de scenario's waarin de teeltwisseling 4 of 6 weken later is, de productie van de laatste kilo's komkommers veel gas kost.



Figuur 4.11. Verloop van de versgewichtproductie van komkommervruchten uitgezet tegen het gasgebruik gedurende het jaar voor de referentieteelt komkommer en de scenario's 2, 4 of 6 weken latere teeltwisseling.

Uit Figuur 4.11 is van het scenario "6 weken latere teeltwisseling" een scenario afgeleid, waarbij het energiegebruik fors lager was, maar het effect op de versgewichtproductie beperkt is. In Tabel 4.16 is dit scenario weergegeven. Het blijkt echter, dat wanneer ook dit scenario een lager saldo heeft dan de referentie. Het verschil in productie kan niet gecompenseerd worden door het verlaagde energiegebruik.

Tabel 4.16. Effecten van het 6 weken later starten met de teelt en deze 2 weken later of 2 weken eerder dan de referentie beëindigen op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij komkommer.

Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ²)	Aantal vruchten (m ²)	Gasgebruik (m ³ m ²)	Saldo ¹ (€ m ²)
Referentie (14 dec – 17 nov)	79,9	185	40,2	0
6 weken later starten, 6 weken later eindigen (25 jan – 29 dec)	77,7	184	44,6	-1,50
6 weken later starten (25 jan – 15 nov)	75,1	174	33,3 ²	-1,04

¹ Gas € 0,28 per m³, komkommerprijs € 0,27

² In dit verbruik is niet het energiegebruik meegenomen dat nodig is om de kas vorstvrij te houden in de weken dat de teelt eerder beëindigd wordt

4.4.4 Uitplanten in een deel van de kas

Een mogelijkheid om tot een verdere energiebesparing te komen is om de planten niet direct in de uiteindelijke plantdichtheid in de hele kas uit te planten, maar gedurende het begin van de teelt in een deel van de kas in een hogere plantdichtheid uit te planten. In dit scenario is gerekend met uitplanten in een drie keer hogere dichtheid tot de LAI van dit gewas 1,5 was. Daarna zijn de planten wijder gezet, waarbij de LAI op dat moment weer afnam tot 0,5. Hierbij is de aanname gedaan dat dit de gewasgroei niet beïnvloed. Met deze aannames kan het gewas van 14 december (plantdatum) tot 27 december in een hogere plantdichtheid gezet worden. Dit betekent dat gedurende 13 dagen tweederde deel van de kas niet verwarmd hoeft te worden. Dit levert een energiebesparing van 1,2 m³ gas per m² op jaarbasis op en een positief saldo van 0,34 € per m² (Tabel 4.17).

Tabel 4.17. Effecten van een hogere plantdichtheid bij het starten van de winterteelt op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij komkommer.

Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ²)	Aantal vruchten (m ²)	Gasgebruik (m ³ m ²)	Saldo ¹ (€ m ²)
Referentie	79,9	185	40,2	0
Starten met een 3x hogere plantdichtheid	79,9	185	39,0	0,34

¹ Gas € 0,28 per m³, komkommerprijs € 0,27

4.4.5 Lagere temperatuur aan het einde van de teelt

In de 3^e teelt van komkommer (referentie) van komkommer worden vanaf 1 september als setpoints voor de dag- en nachttemperatuur 20 en 19 °C aangehouden. In dit scenario wordt de temperatuur gedurende de laatste 3 weken van de teelt verlaagd tot 18 en 17 °C (dag/nacht). Het aanhouden van deze lagere temperaturen bespaart 1 m³ gas per m². Door de tragere ontwikkeling in de laatste weken worden echter 4 komkommers minder geoogst, hetgeen een negatief saldo van 80 eurocent per m² oplevert (Tabel 4.18).

Tabel 4.18. Effecten van een lagere temperatuur aan het einde van de teelt op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij komkommer.

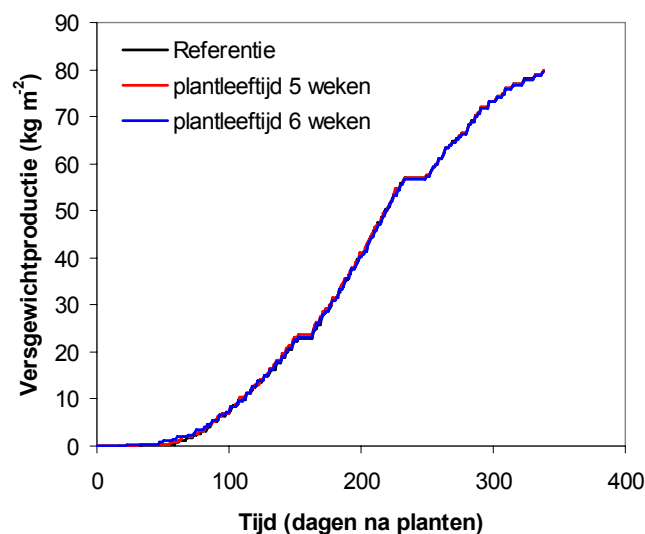
Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ⁻²)	Aantal vruchten (m ⁻²)	Gasgebruik (m ³ m ⁻²)	Saldo ¹ (€ m ⁻²)
Referentie	79,9	185	40,2	0
Lagere temperatuur laatste 3 weken	78,6	181	39,2	-0,80

¹ Gas € 0,28 per m³, komkommerprijs € 0,27

4.4.6 Grotere plant bij teeltstart

In de praktijk wordt meestal in de kas een plant uitgeplant, die 4 weken eerder door het opkweekbedrijf is gezaaid. In dit scenario wordt berekend wat de effecten op productie en energiegebruik zijn als in de kas planten worden geplant die “gewoon” 4 weken oud zijn, 5 weken oud of 6 weken oud.

Het blijkt dat de planten die iets groter zijn op het moment van planten iets sneller na planten in productie komen (Figuur 4.12). Dit leidt niet tot een hogere productie in kilo's (Tabel 4.19). Er worden wel enkele komkommers meer geoogst, hetgeen leidt tot een positief saldo van het starten van de teelt met iets oudere planten. Bij de berekeningen is geen rekening gehouden met het feit dat de grotere planten duurder zullen zijn. Em30



Figuur 4.12. Verloop van de productie van komkommers in de tijd voor komkommerplanten die op het moment van uitplanten in de winterteelt 4 weken oud zijn (referentie), 5 weken of 6 weken.

Tabel 4.19. Effecten van een grotere plant bij de start van de teelt op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij komkommer. De teelten lopen van 14 december tot 18 november

Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ⁻²)	Aantal vruchten (m ⁻²)	Gasgebruik (m ³ m ⁻²)	Saldo ¹ (€ m ⁻²)
Referentie (4-weekse plant)	79,9	185	40,2	0
5-weekse plant	79,8	186	40,2	0,27 ²
6-weekse plant	79,7	188	40,2	0,81 ²

¹ Gas € 0,28 per m³, komkommerprijs € 0,27

² Hierbij is geen rekening gehouden met de hogere plantkosten voor grotere planten

4.4.7 Maximaliseren van LAI op 2 in winterteelt

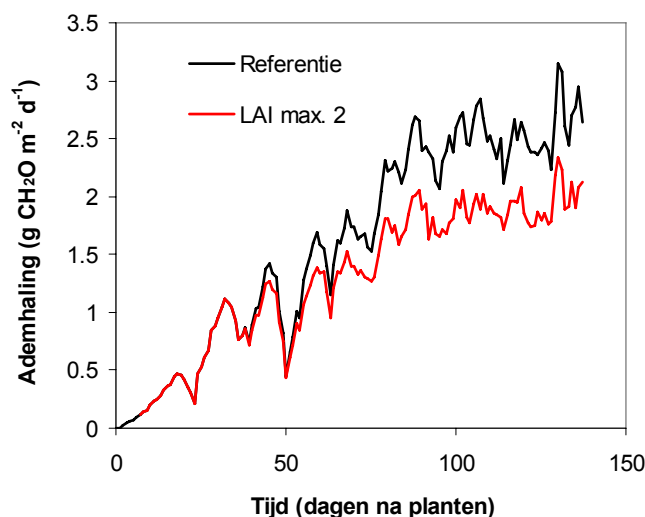
Door een aantal komkommertelers is aangegeven dat ze in de winterteelt een lagere LAI aanhouden dan in de zomer. Hun argument hiervoor is dat in de winter bij weinig licht de onderhoudsademhaling van het gewas een relatief groot deel van de aangemaakte assimilaten verbruikt. In de zomer worden zoveel assimilaten aangemaakt dat de onderhoudsademhaling van deze “extra” bladeren minder aantikt en het dus ook niet de moeite loont deze bladeren te verwijderen. Een argument tegen het verlagen van de LAI is het feit dat daarmee ook de lichtonderschepping verlaagt wordt, juist in een periode dat er al weinig licht is. In dit scenario is de LAI in de winterteelt gemaximaliseerd op 2. De effecten op productie en energiegebruik staan in Tabel 4.19.

Tabel 4.20. Effecten van een LAI van maximaal 2 in de winterteelt in plaats van een LAI van maximaal 3 in de referentie op productie, gasgebruik en financiële resultaat bij komkommer.

Scenario	Versgewicht vruchten (kg m ⁻²)	Aantal vruchten (m ⁻²)	Gasgebruik (m ³ m ⁻²)	Saldo ¹ (€ m ⁻²)
Referentie	79,9	185	40,2	0
LAI winterteelt max. 2	79,3	184	40,2	-0,27

¹ Gas € 0,28 per m³, komkommerprijs € 0,27

Het aanhouden van minder bladoppervlakte leidt tot een kleine verlaging van de productie. Minder blad leidt tot een verlaagde lichtonderschepping met als gevolg een lagere gewasfotosynthese, en tot een lagere ademhaling (Figuur 4.12). De resultante hiervan is dat de productie ca. 0,5 kg per m² lager is dan wanneer de LAI tenminste 3 wordt. Omdat in deze periode van het jaar er nog niet veel vochtproblemen zijn, is er geen effect van het aanhouden van minder bladoppervlakte op het energiegebruik. Productieverlies en energiegebruik leiden samen tot een klein negatief saldo als de LAI gemaximaliseerd wordt op 2.



Figuur 4.13. Verloop van de ademhaling in de winterteelt voor de referentie en voor de behandeling waarin de LAI is gemaximaliseerd op 2.

4.5 Samenvatting resultaten scenarioberekeningen

Voor de gewassen tomaat, paprika en komkommer is een aantal scenario's opgesteld, waarin met het begin- en eindtijdstip van de teeltwisseling is geschoven, grotere planten bij de teeltstart zijn gebruikt of aanpassingen zijn gedaan in klimaatinstellingen. De effecten van deze scenario's op productie en energiegebruik zijn berekend met een gewasgroeimodel en een kasklimaatmodel. De belangrijkste bevindingen staan hieronder beschreven:

Een latere teeltwisseling

Om te voorkomen dat er in de donkere maanden geteeld wordt, is een mogelijkheid om energie te besparen zonder productie in te leveren mogelijk om de teelt 2, 4 of 6 weken later te wisselen. Het gewas komt dan sneller na planten in productie. Dit leidt tot gedurende de eerste 8 maanden van de teelt tot een hogere productie. Naarmate er later geplant is, is het laatste deel van de teelt de hoeveelheid licht lager. Dat leidt tot een afvlakking van de productie, waardoor de uiteindelijke productiever verschillen aan het einde van de teelt beperkt zijn. De teelt bij tomaat starten in januari en eindigen in december leidt bij tomaat tot een hogere productie, bij een ongeveer gelijkblijvend energiegebruik. Bij paprika daarentegen leidt een verschuiving van de teeltperiode niet tot meer productie, maar wel tot een hoger energiegebruik. Later starten en later eindigen leidt bij komkommer zowel tot een daling van de productie als een toename van het energiegebruik. Wanneer energiebesparing financieel afgewogen wordt tegen de meer- of minderproductie, blijkt dat het saldo van een latere teeltstart bij tomaat positief uitvalt, en bij paprika en komkommer negatief. Dit verschil wordt naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door het feit dat een afname in hoeveelheid licht met name bij paprika sterk doorwerkt op zetting en/of afrijpingssnelheid en bij komkommer leidt tot vruchten die in de laatste weken van de teelt te langzaam op gewicht komen.

De teelt eerder beëindigen

Als een standaardteelt 2 of 4 weken eerder beëindigd wordt, leidt dit bij tomaat en komkommer zowel tot een forse daling in productie, als een afname in het gasgebruik. Het saldo hiervan valt negatief uit. Bij paprika is het effect van het eerder beëindigen van de teelt op de productie beperkt, hetgeen leidt tot een positief saldo door de afname in gasgebruik.

Later starten en eerder eindigen

Uit de berekeningen met betrekking tot start- en einddatum van de teelt blijkt dat voor de verschillende gewassen verschuiven in een bepaalde richting wel of niet gunstig uitpakt. Door deze gegevens te combineren, is per gewas een "optimale" teeltplanning te bepalen. Hiervoor is geen optimalisatieprocedure gebruikt, maar op basis van de grafieken een inschatting gemaakt van de meest gunstige combinatie van start- en eindtijdstip van de teelt.

	Referentie			Alternatief			
	Teeltperiode	Productie (/m ²)	Gasgebruik (m ³ /m ² /jaar)	Teeltperiode	Productie (/m ²)	Gasgebruik (m ³ /m ² /jaar)	Saldo (€/m ²)
Tomaat	10 dec - 15 nov	68,8 kg	44,4	22 jan – 30 nov	69,0 kg	38,2	1,92
Paprika	20 nov – 6 nov	30,6 kg	41,2	18 dec – 30 okt	30,2 kg	35,7	1,35
Komkommer	14 dec – 18 nov	185 stuks	40,2	25 jan – 15 nov	174 stuks	33,3	-1,05

Uit deze gegevens blijkt dat bij de teelten van tomaat en paprika een energiebesparing van 5 à 6 m³ per m² per jaar mogelijk zou zijn, zonder verlies aan productie door te schuiven met teeltstart en teelteinde. Een teeltduur van ca. 10 maanden lijkt in dit geval optimaal, een maand langer dan nu gebruikelijk is. Bij komkommer leiden alle scenario's tot een negatief saldo. Reden hiervoor is dat de 3^e teelt bij het verschuiven later start. De hoeveelheid licht is dan minder, waardoor de ontwikkeling van de jonge planten trager is. Dit verlies kan tijdens de 3^e teelt niet meer gecompenseerd worden, waardoor de jaarrond productie lager uitvalt.

Een verdere energiebesparing is te realiseren met een aantal aanpassingen in de teeltstrategie:

Uitplanten in een deel van de kas

Als de planten van de kweker niet direct in de uiteindelijke plantdichtheid worden geplaatst, maar eerst in een 3x hogere plantdichtheid worden gezet, levert dit een energiebesparing op van ca. 1 m³ gas per m² voor zowel paprika, tomaat als komkommer. Het positieve financiële effect hiervan wordt naar alle waarschijnlijkheid teniet gedaan door de kosten van het wijder zetten van de planten.

Lagere temperatuur aan het einde van de teelt

Het verlagen van de temperatuur gedurende de laatste 3 weken van de teelt leidt tot een verlaging van het energiegebruik met 0,1 - 0,8 m³ per m².

5. Discussiebijeenkomsten

Op 11 juni 2007 zijn de resultaten van dit project besproken met een groep teeltbegeleiders. In eerste instantie werden de aanleiding en de doelstellingen van het onderzoek toegelicht. Daarna werden de effecten van temperatuur, licht, RV en CO₂ tijdens de verschillende fases van de teelt besproken. De meeste aandacht ging echter uit naar de resultaten van de modelberekeningen, zoals te vinden in hoofdstuk 4.

Tomaat:

Bij de resultaten van het eerder beëindigen van de teelt bij tomaten wordt een afweging gemaakt tussen het productieverlies en de energiebesparing door de kosten en opbrengsten van beiden (in euro's) met elkaar te vergelijken en te presenteren als "saldo". Hierbij werd in de discussie de opmerking gemaakt dat bij een lagere productie ook berekend moet worden dat er dan minder oogstkosten gemaakt worden. In de discussie werd nogmaals duidelijk aangegeven dat de waarde van het saldo zoals in de tabellen staat aangegeven beperkt is tot verschil in productiewaarde minus verschil in energiebesparing. Factoren als arbeid of plantkosten zijn daarin niet meegenomen omdat dat de berekening veel te ingewikkeld en ondoorzichtig zou maken.

Op moment dat er in de tomatenteelt (zwaar) gestookt kon worden, werd de plantdatum vervroegd tot uiteindelijk begin december. De reden hiervoor was dat vroeg planten rendeerde door de hoge primeurprijzen die werden betaald voor de vroege productie. In de afgelopen jaren zijn de prijzen voor de vroege productie niet zo hoog meer, waardoor het minder interessant wordt om vroeg in productie te zijn. Wel werd als argument aangevoerd, dat het voor de sector van belang is om tijdig met Nederlandse productie te komen om de Spaanse tomaten te vervangen. Naarmate de Nederlandse tomatenproductie later komt, zullen de Spaanse telers langer doorgaan met produceren.

Een voordeel van het later starten met de teelt, eind december of begin januari in plaats van begin december is dat het makkelijker telen is. Er is meer licht, de plant ontwikkelt zich sneller en eventuele fouten in de teeltstrategie hebben minder gevolgen voor het gewas dan een foutje begin december.

Paprika:

De resultaten van de berekeningen geven aan dat wanneer een paprikateelt 2 weken eerder beëindigd wordt, er 0,2 kg per m² minder productie is, en als de teelt 4 weken eerder beëindigd wordt er 0,7 kg per m² minder productie is. Paprika produceert in vluchten. In de praktijk wordt naar het einde van de teelt toegewerkt, zodanig dat de laatste vlucht nog volledig geoogst wordt voordat de teelt geruimd wordt. Dat kan betekenen dat in de nazomer/herfst een aantal vruchten groen geoogst wordt, zodat er voldoende zetting plaatsvindt voor de laatste vlucht. Er wordt dan in de laatste weken van de teelt ca. 0,5 kg per week geoogst. In het gewasgroei-model worden ingrepen in de teelt als tussentijds groen oogsten niet gedaan. Het model rekent met continu oogsten van rode vruchten. Dit verklaart waarom er volgens het model in de laatste weken, bij een beperkte hoeveelheid licht, maar weinig geproduceerd wordt.

Bij de resultaten wordt de kanttekening gemaakt dat zoveel mogelijk de instellingen van schermen, buizen en teeltaspecten het zelfde zijn gehouden in de verschillende scenario's. Dit is gedaan om de verschillende scenario's goed te kunnen vergelijken. Bij de discussie kwam aan de orde dat er in de teeltwijze zeker aanpassingen gedaan worden op het moment dat later geplant wordt. Bij paprika zal een overweging zijn of bij een latere plantdatum er nog een vast foliescherm in de kas gehangen wordt. Als er laat geplant wordt, en het gewas ontwikkelt zich heel snel, zal het foliescherm maar kort in de kas hangen. Het verdient zich dan niet terug, dus bij een late plantdatum zal er geen tweede scherm in de kas geplaatst worden, waardoor in de eerste weken van de teelt iets meer energie gebruikt zal worden.

Komkommer:

De meest gangbare wijze om komkommers te telen is met drie teelten per jaar. Afhankelijk van de plantdatum wordt het meest geschikte ras gekozen. De discussie ging hier over de stuurbaarheid van de resultaten van de modelberekeningen. Wanneer komkommers later geplant worden, wordt een ander ras geteeld dat sneller groeit en in

productie komt, en ook iets langer (in april/mei) door te telen is dan een ras dat begin december geplant wordt. Een optie is dan om een korte zomerteelt te doen, waarbij met een hoge plantdichtheid (bijvoorbeeld 1,8 planten per m²) gewerkt wordt. Er kan dan in korte tijd een hoge productie gerealiseerd worden en nog redelijk op tijd geplant worden voor de herfstteelt. Dit zou de manier zijn om ook bij een systeem van drie teelten bij komkommer een langere teeltwisseling aan te houden zonder productie in te leveren. Ook hier geldt weer dat de prijsvorming gedurende het seizoen van belang is voor het rendement van de teelt. Er werd gesteld dat in het algemeen de prijzen vanaf half oktober laag zijn, en het ook om die reden financieel aantrekkelijk zou kunnen zijn eerder met de teelt te stoppen.

In het algemeen geldt dat de prijzen die de telers gedurende het jaar betaald krijgen voor hun tomaten, paprika's en komkommers het rendement van de teelt voor een groot deel bepalen. De prijzen bepalen ook of het interessant is om vroeg al in productie te zijn, of om laat nog in productie te zijn. Aan de andere kant zijn de prijzen redelijk onvoorspelbaar, waardoor de teler zijn eigen strategie zal moeten kiezen. Door de hogere energieprijzen is de trend dat er in de afgelopen paar jaar steeds iets later geplant is. De voorlichters waren het dan ook eens met de conclusie dat de teeltwisseling langer kan, dan nu gebruikelijk is. Wel gaven zij daarbij aan dat energie voor de telers niet het belangrijkste is voor hun rendement, maar dat dit de prijzen zijn die er voor het product bepaald worden. Een slotopmerking die gemaakt werd was dat steeds meer telers een WKK plaatsen. Hierbij kunnen contractuele verplichtingen om stroom te leveren ervoor zorgen dat er toch warmte aanwezig is op het bedrijf. Indien er, in verband met een teeltwisseling, geen gewas aanwezig is, zal de warmte vernietigd worden. In deze situatie hebben telers dan het uitgangspunt dat er dan net zo goed ook een gewas geteeld worden. In die gevallen zal een verlengde teeltwisseling niet interessant zijn.

6. Discussie en aanbevelingen

In het algemeen wordt er in de vruchtgroenteteelt in Nederland in november of december geplant, en wordt 11 maanden later de teelt beëindigd. De teelt start dus in de wintermaanden, waarin de hoeveelheid licht beperkt is, maar er veel energie nodig is om de gewenste temperatuursetpoints te realiseren. De vraag in het project “Teeltiming” is na te gaan op welke wijze het huidige teeltsysteem van vruchtgroentegewassen anders ingericht kan worden. Dit is gedaan door een literatuurstudie uit te voeren, waarmee basiskennis aangeleverd is over de effecten van verschillende kasklimaatfactoren op de groei en ontwikkeling van de planten. Verder zijn berekeningen uitgevoerd met een kasklimaatmodel en een gewasgroei-model om te berekenen wat de effecten van het schuiven met planttijdstippen en veranderen van de teeltduur zijn op de productie en het energiegebruik.

Wanneer gekeken wordt naar de groei van een gewas gedurende het jaar, blijkt dat de beperking voornamelijk zit in de hoeveelheid licht in de winter. Door de lage lichtintensiteiten in de winter, en de korte dagen, is de hoeveelheid licht voor de plant beperkt. Vruchtgroentegewassen reageren hierop door bloemen of vruchten te aborteren, en vooral in de bladeren te investeren om de lage hoeveelheid licht te kunnen onderscheppen. In de praktijk is men in vruchtgroentegewassen al (beperkt) belichting aan het toepassen om het probleem van assimilatiekort door lichtgebrek te verkleinen. In deze studie wordt echter uitgegaan van onbelichte teelten, zodat de effecten van belichting op gewasgroei en productie niet zijn meegenomen. In de huidige teeltwijzen van tomaat, paprika en komkommer staat er in de (donkere) wintermaanden een jonge, kleine plant in de kas, die nog maar een beperkte (onderhouds)ademhaling heeft. Hierdoor blijven er van de hoeveelheid licht meer assimilaten over voor de groei, dan wanneer er in de wintermaanden een groot gewas zou staan. Dat betekent dat vanuit een jaarrond geteelde plant geredeneerd, de plant op het meest gunstige (minst ongunstige) moment bij laag licht staat.

In de modelberekeningen is in eerste instantie gekeken naar de effecten van het eerder beëindigen van de teelt, waarbij de teeltwisselingsperiode verlengd wordt. Bij tomaat en komkommer leidt het eerder dan medio november eindigen van de teelt direct tot een verlaging van de productie. Ook het energiegebruik neemt af, met ca. 0.9 m^3 per m^2 per week, maar dit weegt niet op tegen het productieverlies. Bij paprika echter, is het productieverlies beperkt als eerder met de teelt wordt gestopt. Het energiegebruik neemt bij eerder eindigen ook met ca. 1 m^3 per m^2 per week af. Als productieverlies (€ per kg productie) wordt afgewogen tegen energiebesparing (€ per m^3 gas) levert eerder eindigen bij paprika wel geld op. Of het eerder beëindigen van een teelt rendabel is, hangt sterk af van het productieverloop van die teelt gedurende het jaar. Als in de laatste weken van de teelt naar verhouding nog veel kilo's of stuks worden geproduceerd, zal het niet snel rendabel zijn eerder met de teelt te stoppen, terwijl dit wel rendabel kan zijn in een teelt die in de laatste weken minder produceert.

Met name in de vruchtgroenteteelt wordt geplant in november/december en circa 11 maanden later de teelt beëindigd. Andere teelten zijn vaak korter (bijvoorbeeld chrysant, sla, de meeste potplanten) of langer (roos, gerbera). In de korte teelten wordt de inrichting van de teelt aangepast aan het seizoen. Naarmate de lichtintensiteit hoger is, worden planten dichter geplant en zijn de teeltcycli korter. In de winter wordt een lagere plantdichtheid toegepast en duurt een teelt langer. In deze teelten staat de kas, in tegenstelling tot vruchtgroenten, over het algemeen niet leeg in de winter. Mogelijk zou het ook voor deze teelten wel interessant kunnen zijn om in de wintermaanden enkele weken niet te telen, omdat de hoge energiekosten dan niet gecompenseerd worden door de lage groeisnelheid. In de teelten die meerjarig zijn is niet telen in de winter geen optie. Wel kan dan ook de overweging gemaakt worden tussen kosten van verwarmen en groeisnelheid en productie. In het verleden werd in de (onbelichte) rozenteelt het gewas in de winter “koud” gezet. De temperatuur werd in die maanden verlaagd, zodat de ontwikkelingssnelheid veel lager was, en er nauwelijks geoogst werd. In het voorjaar werd de temperatuur weer verhoogd en kwam het gewas weer in productie. Voor onbelichte siergewassen zou een dergelijke strategie mogelijk ook interessant zijn om energie te besparen in periodes dat de groeisnelheid van een gewas laag is door de lage hoeveelheid licht.

De referentieteelt van tomaat wordt geplant op 10 december. Wanneer de teeltstart echter wordt uitgesteld met 2 of 4 weken blijkt dat dit een positief effect heeft op de productie. De planten komen sneller in productie aan het

begin van de teelt, als de lichthoeveelheid hoger is dan bij eerdere plantdata. Deze productiestijging blijft gedurende de teelt gehandhaafd. Alleen aan het einde van de teelt neemt de productie van de planten die 6 weken later geplant zijn dan gebruikelijk nauwelijks meer toe, met name door de lage lichthoeveelheid in december. Dit is te voorkomen door de teelt later te beginnen, maar toch ongeveer op het gebruikelijke tijdstip de teelt te beëindigen. Wanneer de opbrengst van kilo's of stuks productie zo worden afgewogen tegen de hoeveelheid gas die gebruikt wordt, leidt dit bij tomaat tot een toename van het saldo met ca. 2 euro per m² en bij paprika tot een toename van ca. 1 euro per m². Bij deze teeltstrategie staat in de winter de kas geen 2 tot 4 weken leeg voor de teeltwisseling, maar 1½ tot 2 maanden. Bij een dergelijke teeltstrategie zal rekening gehouden moeten worden met een optimale inzet van personeel. Normaal gesproken is het personeel in de 2-4 weken van de teeltwisseling bezig met alle werkzaamheden, zowel het vaste personeel als tijdelijke krachten. Het probleem van arbeid bij een verlengde teeltwisseling is (gedeeltelijk) op te lossen door de teeltwisseling voornamelijk met de vaste krachten te doen en daar dan langer over te doen. Verder lijkt het dan wenselijk niet de hele kas in één keer te ruimen en te planten, maar dit per (stookbare) afdeling te doen.

Bij komkommer echter, kost het verkorten van de teeltduur of het verlaten van de teeltwisselingsperiode productie. Eén van de belangrijkste redenen hiervoor is dat er nu in de teelt van komkommer nu gewerkt wordt met drie teelten, een winterteelt, zomerteelt en herfstteelt. Als de teeltduur veel korter zou worden en de periode van teeltwisseling veel langer zou gaan duren, wordt het mogelijk interessant om van 3 naar 2 teelten per jaar te gaan. Een teeltwisseling kost productie, volgens berekeningen zouden de drie teeltwisselingen per jaar bij komkommer 25% productie kosten (Arkesteijn, 2005). Wanneer de teeltwisseling, zoals in de scenario's gedaan is, naar een later tijdstip wordt verschoven, begint de 3^e teelt zo laat in het seizoen dat de hoeveelheid licht terugloopt. Door het feit dat er minder licht is, ontwikkelen de planten zich trager. Deze vertraging wordt in de loop van de 3^e teelt niet meer gecompenseerd, hetgeen een verklaring is voor het feit dat het verschuiven van de periode van de teeltwisseling bij komkommer een dergelijk sterk effect heeft op de productie. Om een langere teeltwisseling mogelijk te maken bij komkommer zou het een mogelijkheid kunnen zijn een korte zomerteelt te doen met een hogere plantdichtheid dan gebruikelijk, waardoor de productie van de zomerteelt hetzelfde zou kunnen blijven. De winter- en herfstteelt zouden dan ongeveer even lang kunnen blijven duren, terwijl er toch energie bespaard zou worden door in de winter de kas langer leeg te hebben staan.

In de praktijk maakt een aantal telers in de komkommerteelt gebruik van een vorm van tussenplanten, waarbij het oude gewas (gedeeltelijk) in productie blijft tot het moment dat het jonge gewas in productie komt. Uit onderzoek van Janse (2001) blijkt dat het met twee teelten hogedraadsysteem inderdaad mogelijk is in productie te blijven tijdens de teeltwisseling. Ook bij tomaat wordt (weer) geëxperimenteerd met tussenplanten om in productie te blijven tijdens de overgang van het oude naar het nieuwe gewas. In de 80^{er} jaren werd bij tomaat al tussengeplant, toen er nog meerdere (grond)teelten per jaar werden toegepast. Een belemmering voor tussenplanten kunnen ziektes zijn; een teeltwisseling waarbij het gewas volledig uit de kas verdwijnt biedt de mogelijkheid de kas en teeltsystemen te ontsmetten. Die mogelijkheid is er niet wanneer er tussengeplant wordt.

Een ontwikkeling die op dit moment volop in de belangstelling staat is verneveling. Recent is deze methode in een tomatengewas uitgetest (Raaphorst *et al.*, 2007). Het principe is dat bij veel zonneschijn hele fijne waterdruppels boven het gewas gebracht worden. Wanneer dit verdampt wordt een deel van de warmte uit de kas via de luchtramen afgevoerd. Omdat de warmteinhoud van deze vochtige lucht groter is dan van droge lucht, kunnen de ramen meer gesloten blijven, waardoor het CO₂ verlies kleiner zal zijn, met positieve effecten op de gewasgroei. Verneveling biedt ook het voordeel dat in de zomer, wanneer de relatieve luchtvochtigheid van de kaslucht dreigt te ver weg te zakken, de vochtigheid van de lucht verhoogd worden. Zo kan een gunstiger klimaat gecreëerd worden voor jonge planten, waardoor het makkelijker wordt ook in de zomer te planten.

Wanneer later geplant wordt, zullen de instellingen van schermen, luchtramen en buizen aangepast moeten worden aan de plantdatum. In dit project is wel nagedacht over het aanpassen van de klimaatinstellingen in de scenario-berekeningen, maar er is besloten dit maar zeer beperkt te doen. De reden hiervoor is dat het dan erg moeilijk is de resultaten te analyseren: worden veranderingen in productie of energiegebruik dan voornamelijk bepaald door de andere plantdatum (andere lichthoeveelheid en buitentemperatuur) of door het gerealiseerde klimaat in de kas als gevolg van de instellingen? Dat betekent dat de productie en energiegebruik bij veranderingen in teeltstart en

teelteinde nog geoptimaliseerd kunnen worden door de klimaatinstellingen en teeltstrategie (bijvoorbeeld moment van aanhouden van extra stengel, aantal vruchten per tros/stengel) aan te passen op de nieuwe strategie.

Om energie te besparen in de teelt van tomaat en paprika zonder productie in te leveren, wordt aanbevolen de teelt later te starten en een langere teeltwisseling aan te houden. Wanneer de instellingen tijdens de teelt hierop ingericht worden, kan dit gedaan worden zonder effect of met positieve effecten op de productie. Om bij komkommer energie te besparen door een langere teeltwisseling is het nodig terug te gaan naar twee teelten of de planning van de zomerteelt aan te passen.

7. Literatuur

Anonymus, 1990.

Consumentenonderzoek: drie keer planten komkommer op termijn beslist rendabel. Groenten en fruit 46(11): 19.

Arkesteijn, M., 2005.

Teeltwisselingen bij komkommer kosten 25% productie. Onder Glas 9: 52-53.

De Gelder, A., J. Campen, A. Elings, C. Stanghellini & E. Meinen, 2006.

Luchtcirculatie en productie. Resultaten kasexperiment 2005. Rapport PPO.

Haghuis, P. & M. Esmeijer, 1992.

Komkommer: doorteelt nog niet rijp voor praktijk. Groenten + fruit: Vakdeel glasgroenten 2(50): 20-21.

Janse, J., 2001.

Onderzoek naar systemen van tussenplanten en rassen op hangende goten bij hogedraadkomkommers.

Rapport 324, Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, 37 pp.

Raaphorst, M., P. van Weel, J. Pijnakker & A. Dieleman, 2007.

Telen in de bio-optimaal kas. Rapport Wageningen UR Glastuinbouw, 33 pp.

Woerden, S.C. van, 2006.

Kwantitatieve informatie voor de glastuinbouw 2005-2006. PPO rapport 594.

Bijlage I.

Huidige teeltwijze

I.1 Tomaat

Een moderne tomatenteelt start over het algemeen begin december met het planten van een van een plantenkweker verkregen tomatenplant, geënt op een onderstam. Aan deze planten is de eerste tros al zichtbaar, maar nog niet in bloei. De planten worden meestal per twee op een steenwolkblok afgeleverd, geschikt om in een V-systeem te telen. Het areaal belichte tomatenteelt bedraagt in het teeltseizoen 2005 ca. 120 ha, ongeveer 10% van het totale areaal tomatenteelt onder glas. Deze teeltbeschrijving zal zich echter richten op de onbelichte tomatenteelt. De planten bloeien circa half december. Onder de eerste tros vormt een tomatenplant 7 tot 10 bladeren. Daarna vormt de plant afwisselend 3 bladeren en een bloemtros. In het begin van de teelt is een snelle opbouw van het bladpakket van belang voor de lichtonderschepping. Naarmate de plant meer bladoppervlakte heeft zal meer licht onderschept worden, waardoor de plant sneller kan groeien. Totdat een bladoppervlakte-index (LAI) van 3 bereikt is geldt dit "rente op rente" principe. Bij een LAI van 3 wordt nagenoeg al het licht door het gewas onderschept. De maand december en het begin van januari zijn gemiddeld de donkerste periodes van het jaar. Door de lage hoeveelheid beschikbaar licht, zullen de planten traag groeien en kunnen er problemen ontstaan met de vruchtzetting van de eerste trossen. Omdat de planten nog klein zijn, is de onderhoudsademhaling van deze planten nog maar beperkt. Dit betekent dat van de beperkte hoeveelheid beschikbare assimilaten het grootste gedeelte aan de groei besteed zal worden, en niet aan onderhoud. Gemiddeld zijn januari en februari de koudste maanden van het jaar, waarin veel energie gebruikt zal worden voor het handhaven van de temperatuursetpoints. Consequentie hiervan is wel dat ruim voldoende CO₂ beschikbaar is om te voorzien in de behoefte van het gewas. De meeste tomatentuinders hebben tegenwoordig een (beweegbaar) energiescherm in hun kas om de energiebehoefte terug te dringen. Ook worden hiervoor wel vaste folieschermen gebruikt gedurende de eerste weken van de teelt. Na februari neemt de hoeveelheid licht toe, is zetting geen probleem meer en neemt de productie toe in afhankelijkheid van het licht. In deze periode wordt de sinkactiviteit van het gewas verhoogd door extra stengels aan te houden. De eerste tomaten worden begin maart, na een uitgroeiduur van ongeveer 8 weken, geplukt. De uitgroeiduur van tomaten is afhankelijk van de temperatuur. Bij hogere temperaturen gaat de afrijping sneller, bij lagere temperaturen langzamer. Om de kleuring van de trossen te versnellen worden de bladeren verwijderd tot onder de tweede tros aan de plant. De afrijpende tros kan hierdoor meer licht opvangen en het oogsten van de tros wordt makkelijker. Naarmate het gewas groter wordt, wordt meer vocht verdampt. Om te hoge luchtvochtigheden te voorkomen, worden de luchtramen geopend waardoor warme, vochtige lucht uit de kas kan. Hiermee gaat echter warmte en CO₂ verloren. Het verlies aan warmte is in koude maanden ongewenst, maar kan in periodes met hogere buitentemperaturen wel gewenst zijn. Het verlies aan CO₂ leidt met name bij hoge instraling tot een verlaagde fotosynthese en daardoor verlaagde gewasgroei. Een gesloten kas, waarin temperatuur, vochtigheid en CO₂ concentratie te sturen zijn, kan hiervoor een oplossing bieden. In de zomermaanden kunnen temperaturen in de kas oplopen tot boven de 30 °C. Dit kan leiden tot problemen met de vruchtzetting en een tijdelijke lagere productie.

In de herfstmaanden zijn over het algemeen de nachttemperaturen nog hoog, en is de gewasverdamping hoog. De luchtvochtigheid in de kas kan hierdoor zo sterk oplopen dat er problemen kunnen optreden met schimmels zoals Botrytis. Er zal in deze periode veel gelucht worden om de luchtvochtigheid te verlagen. De CO₂ concentratie in de kas is hierdoor gedurende een groot gedeelte van de dag op het niveau van de buitenlucht (circa 350 ppm). Begin oktober wordt in het algemeen de top uit de plant genomen. De trossen die aan de plant zitten mogen in de maanden oktober en november afrijpen en worden geoogst. De kasluchttemperatuur moet op niveau gehouden worden om de afrijpingssnelheid op peil te houden. Immers, lage temperaturen vertragen de afrijping van de vruchten. Er is geen sprake meer van vruchtzetting, dus de afnemende hoeveelheid licht heeft hierop geen invloed meer.

I.2 Paprika

In de huidige paprikateelt wordt over het algemeen medio december een plant geplant die 4 weken eerder gezaaid is. Per steenwolblokje wordt één plant geteeld, waaraan 3-4 stengels aangehouden worden boven het 10^e blad. In de paprikateelt wordt niet op onderstammen geteeld. Aan het begin van de teelt wordt veel geschermd met een vast folie of een beweegbaar schermdoek om de relatieve luchtvochtigheid op peil te houden. Aan het begin van de teelt is een snelle opbouw van het bladpakket van belang voor de lichtonderschepping. Naarmate de plant meer bladoppervlakte heeft zal meer licht onderschept worden, waardoor de plant sneller kan groeien. Totdat een bladoppervlakte-index (LAI) van 3 bereikt is geldt dit “rente op rente” principe. Bij een LAI van 3 wordt nagenoeg al het licht door het gewas onderschept. Een paprikagewas moet door toppen van zijscheuten in vorm gehouden worden. Paprika's leggen veel bloemknoppen aan, echter het grootste gedeelte hiervan aborteert. De eerste 3 à 4 vruchten worden handmatig verwijderd, om te zorgen dat er voldoende lichtonderscheppend vermogen is voordat de plant vrucht mag zetten. Als een aantal vruchten (ca. 5) gezet zijn, is de vraag naar assimilaten door deze vruchten zo groot, dat de daarop volgende bloemknoppen door de plant afgestoten worden. Hierdoor ontstaan “vluchten”, voor de paprika karakteristieke pieken en dalen in de productie. Gemiddeld zijn januari en februari de koudste maanden van het jaar, waarin veel energie gebruikt zal worden voor het handhaven van de temperatuursetpoints. Consequentie hiervan is wel dat ruim voldoende CO₂ beschikbaar is om te voorzien in de behoefte van het gewas. Na februari neemt de hoeveelheid licht toe, maar het voorkomen van vluchten blijft gedurende het hele jaar van belang. De eerste paprika's worden eind maart geoogst. In tegenstelling tot tomaat worden bij paprika's geen bladeren geplukt, waardoor de LAI naar het einde van de teelt op kan lopen naar ruim 8. De middelste en onderste bladeren van de plant ontvangen dan nauwelijks licht meer en dragen nauwelijks meer bij aan de fotosynthese. In de zomermaanden kunnen de temperaturen in de kas oplopen tot boven de 30 °C. Dit kan tot problemen met de vruchtzetting en vruchtkwaliteit leiden. In de herfstmaanden zijn over het algemeen de nachttemperaturen nog hoog, en is de gewasverdamping hoog. De luchtvochtigheid in de kas kan hierdoor zo sterk oplopen dat er problemen kunnen optreden met schimmels. Er zal in deze periode veel gelucht worden om de luchtvochtigheid te verlagen. De CO₂ concentratie in de kas is hierdoor gedurende een groot gedeelte van de dag op het niveau van de buitenlucht (circa 350 ppm). Begin oktober wordt in het algemeen de top uit de plant genomen. De vruchten die dan nog aan de plant zitten worden in oktober en november geoogst. Hierna vindt de teeltwisseling plaats.

I.3 Komkommer

In tegenstelling tot tomaat en paprika, wordt komkommer meerdere malen per jaar geplant. Gangbaar is een winterteelt (plantdatum 14 december), zomerteelt (1 mei) en een najaarsteelt (1 augustus). In de komkommerteelt bestaan verschillende systemen, waarvan het paraplusstelsel nog de meest gangbare is. Hierbij wordt de hoofdstengel tot de draad omhooggaand geteeld. Daarna wordt de hoofdstengel getopt en worden de ranken over de draad gehangen. Er wordt wel geëxperimenteerd met het hogedraadsysteem (zoals bijvoorbeeld tomaat). Het nadeel hiervan is dat komkommer zo snel groeit dat het indraaien, laten zakken en het bladplukken veel arbeidstijd kost. De kwaliteit van de vruchten aan de hoofdstengel ('stamvruchten') is hoger dan van de rankvruchten. De teruglopende vruchtkwaliteit is de (hoofd)reden voor het feit dat er meerdere teelten per jaar toegepast worden. De teeltwisselingperiodes in het late voorjaar en in augustus zijn heel kort, of er wordt een systeem van tussenplanten toegepast. De teeltwisseling in de winter duurt langer. Bij een aantal tuinders wordt geen najaarsteelt komkommer geplant, maar een herfstteelt tomaat. Reden hiervoor waren een tijd lang de goede prijzen voor (grove) herfst-tomaten en het verminderen van de ziektedruk (bijvoorbeeld komkommervirus). De balans vegetatieve groei/generatieve groei wordt gestuurd door de eerste vrucht aan de hoofdstengel hoger of later toe te laten, en het aantal vruchten dat aan de hoofdstengel aangehouden wordt. De eerste vrucht op de hoofdstengel ontwikkelt zich in de winter-, zomer- en herfstteelt bij respectievelijk het 8^e, 5^e en 6^e blad. Het aantal stamvruchten (vruchten aan de hoofdstengel) dat aangehouden wordt is in deze drie teelten respectievelijk 4, 18 en 12. Aan de zijscheuten wordt geen vruchtsnoei toegepast, wel kan daar door een tekort aan assimilaten abortie optreden.

Bijlage II.

Effecten van klimaat op groei, ontwikkeling en productie van tomaat, paprika en komkommer

Om na te gaan wat de effecten zijn van een verandering van de plantdatum op de groei van een gewas moeten de afzonderlijke effecten van veranderingen in CO₂ concentratie, hoeveelheid beschikbaar licht, temperatuur en luchtvochtigheid op de ontwikkeling van een jong gewas, een vruchtdragend gewas en een gewas aan het einde van de productiecycclus bekend zijn. Hieronder staan per gewas deze effecten weergegeven.

II.1 Tomaat

Ontwikkeling van een jong gewas:

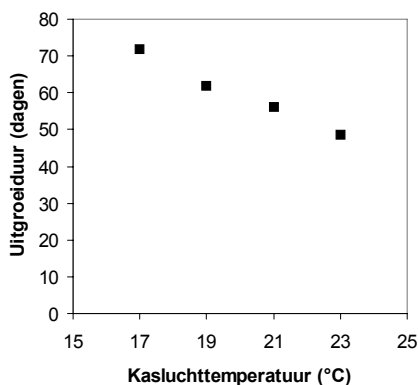
Voor de ontwikkelingssnelheid van een jong gewas is met name de temperatuur van belang. Bij hogere temperaturen splitsen bladeren en trossen zich sneller af. De ontwikkelingssnelheid hangt even veel af van de dagtemperatuur als van de nachttemperatuur, dus van de etmaaltemperatuur. Omdat de relatie tussen temperatuur en afsplitsingssnelheid van trossen net niet lineair is, kunnen grote verschillen tussen dag en nachttemperaturen lagere trossafsplitsingssnelheden tot gevolg hebben dan verwacht zou worden op basis van de etmaaltemperatuur. De ontwikkelingssnelheid van een jong gewas wordt niet beïnvloed door lichtintensiteit en lichtduur. Als er meer licht is, zijn er wel meer assimilaten beschikbaar voor het jonge gewas. Dit zal leiden tot grotere en dikkere bladeren. Het effect van CO₂ is vergelijkbaar met dat van licht, maar dan minder sterk. Ook een verhoging van de CO₂ concentratie leidt tot een hogere aanmaak en beschikbaarheid van assimilaten, en daarmee tot grotere en dikkere bladeren. De luchtvochtigheid heeft in een ruim traject nauwelijks effect op de ontwikkelingssnelheid van een jong gewas. Bij hogere luchtvochtigheid worden over het algemeen iets grotere en dunnere bladeren gevormd. Op deze manier wordt de gevormde droge stof efficiënt gebruikt om snel een grotere lichtonderschepping te realiseren. Dit is vooral belangrijk in de eerste fase van de teelt totdat er een volledig gesloten gewas is ontstaan (Bakker, 1993a).

Ontwikkeling van een vruchtdragend gewas:

Bij een gebrek aan assimilaten door met name de beperkte hoeveelheid licht in de winter, worden zowel bloem-aanleg (Hussey, 1963) als bloemontwikkeling (Calvert, 1969) negatief beïnvloed. Onder deze omstandigheden worden de assimilaten meer ten gunste van de vegetatieve delen verdeeld dan van de bloemen. In de aansturing van deze assimilatenverdeling spelen plantenhormonen een rol (Picken, 1984). CO₂ beïnvloedt de vruchtzetting op dezelfde manier als licht. Als er meer CO₂ beschikbaar is, neemt de fotosynthese toe en daarmee de hoeveelheid assimilaten in de plant. Dit verbetert de vruchtzetting en het uiteindelijke vruchtgewicht (Picken, 1984).

Bij zeer lage temperaturen (10 °C of lager) wordt de vruchtzetting negatief beïnvloed doordat het stuifmeel zich slecht ontwikkelt, kiemt en uitgroeit (Picken, 1984). Dit treedt pas op bij temperaturen die echter in de Nederlandse praktijk niet snel in tomatenkassen zullen voorkomen. Ook bij hoge temperaturen treden problemen op met de vruchtzetting (De Koning, 1994). Niet helemaal duidelijk is welk proces precies bij hoge temperaturen de slechte vruchtzetting veroorzaakt. Waarschijnlijk zijn het meerdere processen, die in combinatie leiden tot een verminderde vruchtzetting bij hoge temperaturen. Bij veel licht treden problemen met vruchtzetting pas op bij temperaturen van bijna 30 °C. In de winter echter, kunnen deze problemen al optreden bij ongeveer 20 °C (Picken, 1984). Ook de luchtvochtigheid is een factor die de vruchtzetting beïnvloed. Wanneer de luchtvochtigheid te hoog is, komt het stuifmeel niet goed vrij. Bij een RV van 90% (bij 20 °C) komt slechts eenderde van de hoeveelheid stuifmeel vrij in vergelijking tot een RV van 50% (bij 20 °C) (Bakker, 1993b). Wanneer de luchtvochtigheid te laag is echter, kunnen de stuifmeelkorrels niet hechten op de stempel, omdat het stempelvlak is uitgedroogd (Picken, 1984). Ook dan zal geen bevruchting op kunnen treden en dus geen vruchtzetting plaatsvinden.

De uitgroeiduur van de vruchten wordt alleen bepaald door de temperatuur. Lichtintensiteit, luchtvochtigheid of CO₂ gehalte hebben hierop geen invloed. Naarmate de kasluchttemperatuur hoger is, neemt de uitgroeiduur af (Figuur 2.1). Dit temperatuureffect is afhankelijk van het ontwikkelingsstadium van de vrucht. Tomatenvruchten blijken met name in de beginfase van de ontwikkeling en bij de afrijping gevoelig te zijn voor de temperatuur. In het middelste deel van de ontwikkeling is de ontwikkelingssnelheid van de vruchten veel minder afhankelijk van de temperatuur (Klapwijk, 1987).



Figuur 2.1. Uitgroeiduur van tomatenvruchten bij verschillende kasluchttemperaturen (De Koning, 1994).

De totale productie van een tomatenplant wordt bepaald door het aantal vruchten en het gemiddeld vruchtgewicht. Over het algemeen streeft een tuinder naar vruchten met een zeker gemiddeld vruchtgewicht. Hij zal dan door het aantal vruchten aan de plant te sturen (trossnoei, het aanhouden van extra stengels) proberen de assimilatenvraag door de vruchten af te stemmen op het assimilatenaanbod (lichthoeveelheid in winter of zomer). Het aantal vruchten wordt vanzelfsprekend ook gestuurd door de vruchtzetting, zoals in bovenstaande alinea al is beschreven. Naarmate er meer assimilaten beschikbaar zijn, zal de totale productie van een tomatengewas toenemen. Bij meer licht en hogere CO₂ concentraties zal de productie toenemen (Verkerk, 1955; Heuvelink, 1996). Bij een hogere temperatuur is de uitgroeiduur van vruchten korter. Dit leidt tot een lager gemiddeld vruchtgewicht (De Koning, 1994). Maar omdat de ontwikkelingssnelheid van het gewas dan hoger is, worden meer trossen gevormd, zodat een hogere temperatuur per saldo nauwelijks effect heeft op de totale gewasproductie. De luchtvochtigheid heeft geen effect op de uitgroeiduur van de vruchten. De luchtvochtigheid kan echter wel de bladoppervlakte negatief beïnvloeden (zie onderstaande paragraaf), waardoor een verminderde beschikbaarheid van assimilaten ontstaat, en daarmee een lager gemiddeld vruchtgewicht van de trossen bij de kleinere bladeren (Bakker, 1993b).

Tomaat is een gewas met een oneindige groei. Er worden telkens clusters gevormd van 3 bladeren en 1 tros. Als er niet in de plantopbouw ingegrepen zou worden, zou het bladoppervlak in de tijd steeds verder toenemen. In de praktijk wordt de hoeveelheid blad aan de plant bepaald door het aantal bladeren dat geplukt wordt, zodanig dat er een bladoppervlakte-index van circa 3 aangehouden wordt. De hoeveelheid blad aan de plant is dan ook niet gauw een probleem. In het verleden werd in de zomer wel "kort blad" aangetroffen. In de bovenste bladeren werd als gevolg van een tijdelijk overschot aan assimilaten de bladeren dikker en kleiner. In de praktijk komt dit nauwelijks meer voor. Onder assimilatiebelichting kan een assimilatenoverschot in de bovenste bladeren wel een probleem vormen. Ook in recente proeven in de Gesloten Kas werd wel kort blad aangetroffen. De luchtvochtigheid heeft invloed op het bladoppervlak bij tomaten. Na één tot enkele weken een continu hoge luchtvochtigheid, kan een blad calciumgebrek vertonen. De bladoppervlakte wordt hierdoor fors kleiner (Bakker, 1989a).

Einde van de teelt:

Aan het einde van de teelt is vegetatieve groei niet meer nodig of gewenst, maar is het doel nog zoveel mogelijk vruchten te oogsten. Ongeveer 8 weken voor de geplande teeltwisseling worden de toppen uit de tomatenplanten gehaald. Alle assimilaten die aangemaakt worden, kunnen daarna door de plant gebruikt worden voor de vruchten. In

de laatste periode van de teelt wordt de temperatuur op de bestaande setpoints gehouden om de snelheid in de afrijping van de vruchten te houden. Wel staat men vaak toe dat de relatieve luchtvochtigheid toeneemt, omdat eventuele schimmelinfecties nu veel minder grote gevolgen hebben op de productie dan eerder in de teelt.

II.2 Paprika

Ontwikkeling van een jong gewas:

In vergelijking tot tomaat en komkommer is paprika een trage groeier. Vergelijkende groeianalyses geven aan dat paprika een 25% lagere relatieve groeisnelheid heeft dan tomaat en komkommer (Bruggink & Heuvelink, 1987). Deze langzame groei wordt veroorzaakt door een trage opbouw van het bladoppervlak. De ontwikkelingssnelheid van een jong gewas wordt sterk beïnvloed door de temperatuur. Bij hogere temperaturen worden de bladeren sneller afgesplitst, waardoor sneller volledige lichtonderschepping bereikt wordt. Voor de periode waarin alleen vegetatieve groei plaatsvindt, worden temperaturen van 21-23 °C optimaal geacht (Bakker & Van Uffelen, 1988). Naarmate de hoeveelheid licht groter is, zijn er meer assimilaten voor de plant beschikbaar. Er worden dan grotere en dikkere bladeren gevormd. Het verhogen van de CO₂ concentratie in de kaslucht heeft hetzelfde effect. De luchtvochtigheid heeft bij paprika nauwelijks effect op de bladgroei. Zowel het aantal bladeren als het bladoppervlak per blad worden nauwelijks beïnvloed (Bakker, 1993b).

Ontwikkeling van een producerend gewas:

Aan een paprikaplant worden in de praktijk meerdere stengels aangehouden, die allemaal in elke oksel een bloem vormen. Van het grote aantal bloemen, aborteert echter het grootste gedeelte. De belangrijkste factoren voor deze abortie zijn hoge temperaturen, lage lichtniveaus en de aanwezigheid van snel groeiende vruchten (Wien *et al.*, 1989). Bij hoge temperaturen treedt veel bloemabortie op. Hierbij geldt dat hoge nachttemperaturen de abortie sterker beïnvloeden dan hoge dagtemperaturen (Rylski & Spigelman, 1982). Lage temperaturen daarentegen leiden tot een verbeterde vruchtzetting (Rylski & Spigelman, 1982). Wanneer de assimilatenbeschikbaarheid voor de plant laag is onder laag licht omstandigheden (bijvoorbeeld in de winter) neemt het percentage vruchtzetting sterk af (Bakker, 1989c). Tenslotte leidt ook de aanwezigheid van snelgroeiende vruchten tot een slechtere vruchtzetting van de later gevormde bloemen en tot het afstoten van bloemetjes (bloemabscissie). Over het algemeen vindt er dan weer vruchtzetting plaats als de vruchten hun volwassen formaat hebben bereikt, wat de productievluchten in paprika tot gevolg heeft (Wien *et al.*, 1989).

Bij gelijkblijvende klimaatomstandigheden blijft het totale vruchtgewicht aan de plant gelijk. Als het aantal vruchten per plant dan toeneemt, neemt het gemiddeld vruchtgewicht af. Wanneer voor paprikaplanten meer licht beschikbaar is, neemt het aantal vruchten per plant toe. Het gemiddeld vruchtgewicht blijft ongeveer gelijk, dus de totale vruchtproductie neemt toe bij meer licht (Demers *et al.*, 1991). Ook het verhogen van de hoeveelheid assimilaten in de plant door de CO₂ concentratie in de kaslucht te verhogen leidt tot een verhoging van het de vruchtproductie (Nederhoff & Van Uffelen, 1988; Dieleman *et al.*, 2002). CO₂ beïnvloedt met name het aantal vruchten aan de plant, en nauwelijks het gemiddeld vruchtgewicht (Dieleman *et al.*, 2002).

Bij paprika is de hoeveelheid bladoppervlakte geen probleem gedurende de teelt. Er is ruim voldoende blad aanwezig voor volledige lichtonderschepping. In tegenstelling tot een gewas als tomaat, wordt er bij paprika geen blad geplukt, hoewel er wel aanwijzingen zijn dat dit goed zou kunnen zijn voor de productie (Dueck *et al.*, 2004).

Einde van de teelt:

Evenals in de tomatenteelt wordt ook in de teelt van paprika's de toppen uit de planten genomen ongeveer 8 weken voor de geplande teeltwisseling. In de laatste weken van de teelt wordt de temperatuur op niveau gehouden om de ontwikkelingsnelheid van de vruchten op peil te houden. Afhankelijk van de prijzen van groene of rode/gele vruchten worden de paprika's in deze periode onrijp of rijp geplukt. De luchtvochtigheid mag in de laatste weken van de teelt hoger oplopen dan gedurende de rest van de teelt.

II.3 Komkommer

Ontwikkeling van een jong gewas:

Komkommer is een snelgroeiend gewas. In het traject 19-26 °C is stengelstrekking en de ontwikkeling van het bladoppervlak lineair afhankelijk van de gemiddelde temperatuur (Krug & Liebig, 1980). Een snellere vorming van een bladoppervlakte-index van circa 3, leidt eerder tot volledige lichtonderschepping en dus snellere groei. In tegenstelling tot paprika en tomaat leidt de beschikbaarheid van meer assimilaten bij hogere lichtintensiteiten of hogere CO₂ concentraties ook tot een hogere bladafplitsingssnelheid (Liebig, 1980). Komkommer is een vochtminnend gewas. Bij hogere luchtvochtigheden vormt het gewas grotere en dunnere bladeren. Samen met de grotere huidmondjesopening bij hoge luchtvochtigheid leidt dit met name in het begin van de teelt tot een hogere totale gewasfotosynthese (Bakker, 1993a).

Ontwikkeling van een vruchtdragend gewas:

Bij komkommer is het proces van vruchtzetting zoals dat speelt bij paprika en tomaat niet aan de orde. Reden hiervoor is dat de meeste in Nederland geteelde rassen parthenocarp zijn. Dit houdt in dat vruchten ontwikkelen uit onbevruchte bloemen, met als resultaat zaadloze vruchten. Het moment van bloei van komkommer wordt voornamelijk bepaald door de temperatuur. Bij hogere temperaturen neemt de ontwikkelingssnelheid van de plant toe. Er worden sneller bladeren afgesplitst, bloemen aan gelegd en de tijd tot de eerste oogst neemt af (Krug & Liebig, 1980). Komkommervruchten worden in tegenstelling tot paprika en tomaat niet geoogst als ze rijp zijn, maar als ze een zeker vruchtgewicht hebben bereikt. De vruchtgroeisnelheid neemt toe met de temperatuur. Dat betekent dat de vruchten bij hogere temperaturen sneller hun oogstgewicht bereiken en geoogst zullen worden. Ook een verhoogde beschikbaarheid van assimilaten in de plant door een hogere lichtintensiteit of een hogere CO₂ concentratie versnelt de vruchtgroeisnelheid (Marcelis, 1994). Te hoge temperaturen echter leiden tot een kortere oogstduur en een verminderde totale productie (Liebig, 1980). De reactie van het gewas op temperatuur hangt af van de lichtintensiteit. Onder laag licht condities in de winter, zijn stengelstrekking en vroegheid van de productie maximaal bij 21 °C (Heij, 1980). Wanneer de lichtintensiteit verhoogd wordt bij een zekere temperatuur, neemt de ontwikkelingssnelheid en productie toe (Liebig, 1980). De uitgroeiduur van de vruchten wordt korter bij meer licht, en het gemiddeld vruchtgewicht wordt hoger (Marcelis, 1994). Bij weinig licht in de winter leidt een gebrek aan assimilaten tot afstoting van de vruchten. In de praktijk wordt dit ondervangen door in de winter een beperkt aantal vruchten aan te houden en zo de verhouding tussen vegetatieve groei en generatieve groei in de hand te houden.

Geraadpleegde literatuur

Bakker, J.C., 1989a.

Hoge luchtvochtigheid niet aan te bevelen. Groenten en Fruit 45 (17): 49.

Bakker, J.C., 1989b.

The effects of day and night humidity on growth and fruit production of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Horticultural Science 64: 41-46.

Bakker, J.C., 1989c.

The effects of temperature on flowering, fruit set and fruit development of glasshouse sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Horticultural Science 64: 313-320.

Bakker, J.C., 1993a.

Effect vocht op groei en ontwikkeling divers. In: Luchtvochtigheid. Proefstation Naaldwijk, brochure 104: 40-41.

Bakker, J.C., 1993b.

Vruchtgroenten reageren niet eender op vocht. In: Luchtvochtigheid. Proefstation Naaldwijk, brochure 104: 42-43.

Bakker, J.C. & J.A.M. van Uffelen, 1988.

The effects of diurnal temperature regimes on growth and yield of sweet pepper. Netherlands Journal of Agricultural Science 36: 201-208.

- Bruggink, G.T. & E. Heuvelink, 1987.
Influence of light on the growth of young tomato, cucumber and sweet pepper plants in the glasshouse: effects on relative growth rate, net assimilation rate and leaf area ratio. *Scientia Horticulturae* 31: 161-174.
- Calvert, A., 1969.
Studies on the post-initiation development of flower buds of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Journal of Horticultural Science* 44: 117-126.
- De Koning, A.N.M., 1994.
Development and dry matter distribution in glasshouse tomato: a quantitative approach. PhD dissertation Wageningen Agricultural University, Wageningen, 240pp.
- Demers, D.A., J. Charbonneau & A. Gosselin, 1991.
Effets de l'éclairage d'appoint sur la croissance et al productivité du poivron. *Canadian Journal of Plant Science* 71: 587-594.
- Dieleman, J.A., E. Meinen, A. Elings, D. Uenk, J.J. Uittien, A.G.M. Broekhuijsen, P.H.B. de Visser & L.F.M. Marcelis, 2003.
Effecten van langdurig hoog CO₂ op groei en fotosynthese bij paprika. Eindrapport van het project 'Efficiënt gebruik van CO₂'. Nota 274, Plant Research International, 32 pp.
- Dueck, T., K. Grashoff, J. Steenhuizen, D. Uenk, G. Broekhuijsen, E. Meinen & L. Marcelis, 2005.
Bladplukken bij paprika: Fase 2. Metingen van de bladactiviteit. Nota 346, Plant Research International, 24 pp.
- Heij, G., 1980.
Glasshouse cucumber, stem elongation and earliness of fruit production as influenced by temperature and planting date. *Acta Horticulturae* 118: 105-121.
- Heuvelink, E., 1996.
Tomato growth and yield: quantitative analysis and synthesis. Proefschrift Landbouwwuniversiteit Wageningen, 326 pp.
- Hussey, G., 1963.
Growth and development in the young tomato. I. The effect of temperature and light intensity on growth of the shoot apex and leaf primordia. *Journal of Experimental Botany* 14: 316-325.
- Klapwijk, D., 1987.
Temperatuur stooktomaat 2. Bloeisnelheid, rijpingsduur en lengtegroei. *Groenten en Fruit* 43 (23): 42-43.
- Krug, H. & H.P. Liebig, 1980.
Diurnal thermoperiodism of the cucumber. *Acta Horticulturae* 118: 83-94.
- Liebig, H.P., 1980.
Physiological and economical aspects of cucumber crop density. *Acta Horticulturae* 118: 149-164.
- Marcelis, L.F.M., 1994.
Fruit growth and dry matter partitioning in cucumber. Proefschrift Landbouwwuniversiteit Wageningen, 173 pp.
- Nederhoff, E.M. & J.A.M. van Uffelen, 1988.
Effect of continuous and intermittent carbon dioxide enrichment on fruit set and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Netherlands Journal of Agricultural Science* 36: 209-217.
- Picken, A.J.F., 1984.
A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Horticultural Science* 59: 1-13.
- Rylski, I. & M. Spigelman, 1982.
Effects of different diurnal temperature combinations on fruit set of sweet peppers. *Scientia Horticulturae* 17: 101-106.
- Verkerk, K., 1955.
Temperature, light and the tomato. *Mededelingen van de Landbouwhogeschool* 55: 175-224.
- Wien, H.C., K.E. Tripp, R. Hernandez-Armenta & A.D. Turner, 1989.
Abscission of reproductive structures in pepper: causes, mechanisms and control. In: *Tomato and pepper production in the tropics*. S.K. Green (ed.). Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan: 150-1656.

Bijlage III.

Effecten van plantdatum op groei en productie

III.1 Tomaat

Vleestomaat: vroege teelt

Tot en met het teeltseizoen van 1979 werden vleestomaten niet voor eind januari uitgeplant, want vroeger planten zou ten koste gaan van grofheid en de kwaliteit. In 1980 zijn een aantal telers vroeger gaan planten, te weten begin januari. Parallel zijn proeven genomen met diverse planttijden en verschillende plantleeftijden. Er werd gekozen voor het ras Delisa met plantdata van 8, 15, 22 en 29 januari en een plantleeftijd van 55, 62, 69 en 76 dagen. Uit de resultaten bleek dat vroeg uitplanten geen bezwaar was voor grofheid en kwaliteit (Buitelaar, 1980). De hogere geldopbrengst maakte vroeg uitplanten ook verantwoord. Met ingang van 1985 was er een gezamenlijk opbrengstvergelijkend overzicht van de veilingen de Kring en Westland-Noord voorhanden. Van 56 vleestomaten bedrijven is van de gewassen de zaaidatum, de plantdatum, het wortelmedium en het opbrengstverloop bekend. Moerman (1985) vermeldt naar aanleiding van deze bedrijfsvergelijking dat als ras en teeltwijze gekozen zijn, de zaaidatum en opkweekmethode bepaald moeten worden. Hoe eerder de jonge planten naar het eigen bedrijf gehaald worden, hoe eerder ook de oude teelt beëindigd moet worden. Kostentechnisch zijn er tussen de verschillende methoden geringe verschillen. De plantkwaliteit is echter voor meer tuinders een reden om de planten eerder dan voorheen naar huis te halen. Veel tuinders zetten daarom een plant van 6 weken oud direct op de uiteindelijke plaats naast het plantgat op de steenwolmat. Uit de gegevens bleek dat de plantdata in vijf groepen verdeeld werden en dat later zaaien een lagere opbrengst gaf. Elke dag verlating betekende 45 cent minder opbrengst. Uitgaande van eenzelfde opkweekmethode betekende elke dag later zaaien een dag later planten en dus later beginnen met stoken. Bij een gasverbruik van $2.1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ per week spaarde elke dag later stoken 15 cent per m^2 . Omdat de spreiding van de resultaten in de relatie zaaidatum en opbrengst erg groot was, kan in feite slechts 20% van de verschillen in geldopbrengst verklaard worden door de zaaidatum. In een artikel in de Tuinderij meldt Peerlings in 1986 dat het naar de tuin halen van een 4-weekse plant in economisch opzicht het meest gunstig lijkt. De prijs van een tomatenplant varieert van hfl. 1.00 bij een plant van 4 weken oud tot hfl. 2.12 voor een plant van 7 weken oud (voorzien van stok en stiekje).

Plantgrootte

In de stookteelt van tomaten was de regel dat medio januari planten 80 gram moeten wegen voor een voldoende vroege productie (Klapwijk, 1986a). Om de relatie tussen plantgewicht en (vroege) productie te bepalen zijn 180 plantmonsters van teeltbedrijven vanuit 5 teeltgebieden in Nederland verzameld. Op 7 januari varieerden de plantgewichten tussen ongeveer 10 en 140 gram per plant, bij zaaidata tussen 23 oktober en 20 november. In de vroegste monsters van de rassen Counter en Dombito werden op 7 januari 6 en 5 trossen geteld. In de volgende 3-4 weken van januari kwamen er nog minstens 3 trossen bij. De laatste zaaisels, rond 15 november, hadden op 7 januari al drie trossen. Geadviseerd werd de eerste week in februari, ondanks het donkere weer niet de temperatuur te verlagen, omdat daarmee de zes tot negen trossen in snelheid geremd zouden worden. Liever een tros voor de helft te laten mislukken dan de ontwikkeling van het blad te remmen en daardoor onvoldoende lichtonderschepping te krijgen in de maanden februari en maart. Ontwikkelingen als de opkweek in steenwol, het zaaien in pluggen in plaats van verspenen, belichten, CO_2 doseren en harder stoken hebben de opkweek aanzienlijk versneld. De keus voor een grote plant is gebaseerd op het onderzoek van Klapwijk (1986a). Daaruit blijkt dat hoe zwaarder het plantmateriaal is op het moment dat de eerste bloemen opengaan, des te groter de vroege productie is. In 1987 geeft Klapwijk nog een opsomming van een aantal zaken over de vraag of tomatenplanten wel of niet belicht moeten worden tot het uitplanten. Hierbij komen een aantal zaken aan de orde zoals bij voorbeeld de kosten van het belichten en of een belichte plant meer waard is. Basis is dat het plantgewicht bij het uitplanten voor het

grootste deel bepalend is voor de productie, mits de planten op eenzelfde manier verder worden geteeld. Tevens verklaart Klapwijk dat bij belichten de eerste tros uiteindelijk eerder hoger dan lager zit bij belichte planten. De voorkeur wordt gegeven aan elf bladeren onder de eerste tros, want dan is er meer blad per bloem aanwezig en door wat latere bloei is er ook wat meer licht en dat bevordert de goede bloei en zetting. Een nevenvoordeel van een hoge eerste tros is dat de tweede tros meestal drie bladeren hoger wordt aangelegd. Bij een lager eerste tros is dit vaak vijf bladeren.

Een belangrijke zaak is het afstemmen van het einde van de oude teelt en de start van de nieuwe teelt. Bij een zaaidatum van medio november wordt gekozen voor een 4-weekse of een 6-weekse plant. De plantdatum kan dan variëren van 10 tot 24 december. Twee tot drie weken daarvoor worden dan de laatste tomaten van de vorige teelt geoogst. Ruimen en plantklaar maken in een week is soms mogelijk, maar mag nooit ten koste gaan van de bedrijfs-hygiëne tijdens de teeltwisseling. Tomatenplanten worden in de praktijk al vroeg op het plantgat gezet. Gemiddeld wordt geplant als de eerste tros voor de helft bloeit. Vroeger stond de plant naast het plantgat totdat de derde tros bloeide. Hierdoor waren de vruchten van prima kwaliteit. Maar de plant wortelde niet voldoende in de steenwolmat. Door vroeger te planten is de beworteling veel beter, maar er moet wel voldoende maatregelen genomen worden om een voldoende goede tros en zetting te forceren. De plant moet ook na het planten generatief en vegetatief gestuurd worden. Dechering (1997) noemt een aantal maatregelen zoals het opkleur zetten van de jonge planten, de etmaaltemperatuur, het interen van de vochttoestand van de mat en de mattemperatuur.

Vleestomaat: teeltwijze

De manier van telen bij de vroege stookteelt van vleestomaat liep in het verleden sterk uiteen in de verschillende regio's in Nederland (Banken, 1989). Men hield er een verschillende visie op na voor wat betreft de zaaidatum, de manier van stoken en de teeltmethoden. Toch bleken de financiële verschillen aan het eind van de teelt klein. Belangrijk is de juiste verhouding tussen vegetatieve en generatieve groei, welke bereikt wordt door een goede beheersing van de plant. Rond de bloei van de vierde of vijfde tros kan een vleestomatenplant in evenwicht zijn. In het Westen werd tussen 5 en 10 november gezaaid, terwijl het zaaien van vleestomaten in het midden en zuiden van Nederland een week eerder gebeurde (Van Duyn, 1989). In Vleuten en omgeving werd een rustig temperatuurregime aangehouden, waardoor de bloei van de eerste tros wordt uitgesteld. In Zuid-Nederland werd een hoger temperatuurniveau aangehouden en werd de pas gevormde eerste tros weggeknepen. De gerealiseerde etmaaltemperatuur is de belangrijkste factor. Het droog telen van deze substraatteelt is in verband met onder andere Fusarium en Pythium een maatregel waarbij niet te ver mag worden gegaan. De meegedruppelde EC van de voedingsoplossing mag maximaal 4,5 mS zijn. Bij twee of drie gezette vruchten kan de plant altijd op de mat worden gezet. Met de vroege zaaidatum wordt gerekend met een productie van 12 tot 13 kg per m² tot en met medio mei. Dit heeft als extra voordeel dat de plant zich in een vroeger stadium kan herstellen van de zware belasting. Op deze manier is het mogelijk met voldoende gewas de zomerperiode te overbruggen.

Vleestomaat: economie

In 1989 was de totale bedrijfsoppervlakte van vroege vleestomaten 86 ha (= 55 bedrijven) en van de late 102 ha (=69 bedrijven). De opbrengst varieerde bij de vroege zaaiers per 24 november van 34,9 tot 52,8 kg per m², met een gemiddelde van 45,2 kg per m². Bij de late zaaiers was de gemiddelde opbrengst in week 47 43,9 kg per m². Het netto bedrijfsresultaat van vleestomatentuinders, die tussen 28 oktober en 9 november zaaien was in 1989 gemiddeld ruim positief en beter dan in 1988 (Nienhuis, 1989). De telers met een zaaidatum tussen 10 en 21 november kwamen gemiddeld ook tot een positief netto bedrijfsresultaat, maar dat was wel fl. 3,50 per m² lager dan dat van de vroege zaaiers. De rentabiliteit van de vroege zaaiers was in 1989 gemiddeld 113%. Dit was 2% hoger dan in 1988. Bij laagste opbrengst was de rentabiliteit 94% en bij de hoogste 128%. Bij de groep late zaaiers was de rentabiliteit gemiddeld 108% en varieerde van 94% tot 124%.

Het zaaien van vleestomaten half november, in plaats van laatste week oktober of begin november, geeft een rustiger teeltverloop en een betere kwaliteit van de vroege tomaten (Bogaard, 1993). Bij latere plantingen komt de plantbelasting later opgang. De gewassen kunnen gemakkelijker doorgestookt worden en de kwaliteit van de vruchten is beter. Omdat de prijzen vroeg in het seizoen niet meer zo aantrekkelijk zijn, is later zaaien aantrekkelijker. De gemiddelde prijs van vleestomaten in maart/april bedroeg in 1990 nog fl. 3,88 per kg. In 1991 daalde dit naar fl. 3,31 en in 1992 was dit nog maar fl. 3,09 per kg.

Cherrytomaat

Een vroege zaaidatum, van 3 oktober met een plantdatum van eind november, leidt tot een moeilijke teelt (Dechering, 1997). Begin januari staat dan de derde tros in bloei. Er is dan vaak sprake van een vroege hoge plantbelasting, waardoor met lage etmaaltemperaturen gewerkt moet worden. De voorsprong op de normale zaaidata wordt daardoor wel kleiner, maar blijft nog voldoende groot.

Herfstteelt trostomaat

Vanaf 2000 daalde de opbrengst (Visser, 2003) van de herfsttomaten teelt van 15 euro naar 11 euro per m². Een veel vroegere of juist een wat latere plantdatum kan een gunstiger rendement opleveren. Deze teelt behoort eigenlijk een zomerteelt genoemd te worden, omdat gebruikelijk pas in week 23/24 geplant wordt en men vooral geïnteresseerd is in de hogere tomatenprijzen tussen half september en half oktober. Bij een planting is week 23 is tot een productie tot half januari 24 tot 26 kg trostomaten mogelijk. Om een grove, laatste tros met goede productie te krijgen, moet de bloei voor 20-25 oktober gerealiseerd zijn. Jaarrond levering van trostomaten was in 1997 nog niet mogelijk. Dechering beschrijft dat op een bedrijf gekozen is voor meerdere zaaidata om zoveel mogelijk jaarrond te kunnen leveren. Dit is echter niet haalbaar, omdat toch zeker gedurende een periode van vier weken geen tomaten oogstrijp zijn. De herfstteelt trostomaat is in 2000 goed uitpakend, zowel in kilogrammen als in prijs. Daarbij realiseerden de vroege planters het beste resultaat, dankzij een goede Amerikaanse markt. Geproduceerd werden door de vroege kwekers (plantperiode 24 tot 30 augustus) aan ongeveer 7 trossen met een opbrengst van 8,0 kg en hfl. 28,50 per m². Voor late planters (na 5 september) was het resultaat minder goed, vooral voor degenen met hoge productie na 10 januari. Het gemiddelde aantal trossen was bij deze groep telers 5,5 en de kg opbrengst 6,0 en de geldelijke opbrengst hfl. 21,50 per m². De middelprijs daalde na 10 januari sterk en kwam uit op een laag niveau. Veel telers overwogen in 2001 vroeg de teelt te beëindigen en eerder te gaan ethrellen om voor 5 januari de teelt te stoppen.

Kwaliteit

Neusrot is in de heteluchtteelt van tomaten een vrijwel jaarlijks terugkerend probleem. Het kost niet alleen productie, maar ook veel extra arbeid. Uit onderzoek (De Bruin & Van der Ziel, 1989) bleek dat neusrot minder voorkomt als een oudere plant uitgepoot wordt. Mogelijk dat een jongere plant naar verhouding te weinig wortels en vruchten maakt. Bij sterke verdamping zal dan gemakkelijk neusrot ontstaan. Echter de mate van trossnoei speelt ook een rol in het ontstaan van neusrot. Hoe minder vruchten er aangehouden worden, des te groter is de kans op neusrot. Andere oorzaken worden nog genoemd, zoals Ca, K en Mg verhouding in het wortelmilieu, de EC, de mattemperatuur en het vochtdeficit gedurende de nacht.

III.2 Paprika

Plantgrootte bij uitplanten

Uit het onderzoek in de jaren '83 tot '88 (Van Uffelen, 1988) blijkt dat de grootte van de plant op het moment van uitplanten in grote mate de vroegheid en de totaal productie beïnvloedt. In dit onderzoek worden zaden van paprika gezaaid van 7 tot 19 oktober. Door de opkweektemperatuur te variëren en het wel of niet belichten worden planten verkregen met een verschillende grootte en dus ook verschillende plantgewicht. Dit plantgewicht varieert van 13 gram tot 60 gram. Het productieverval van de grootste planten ten opzichte van de kleinste planten bedraagt in het eerste jaar 3 kg en in het tweede jaar 2 kg per m². In 1987 is op een groot aantal bedrijven plantgegevens verzameld (Klapwijk, 1987b) en de opbrengsten per bedrijf. Uit dit onderzoek bleek dat de vroege opbrengst per 100 gram plantgewicht op 14 januari met ongeveer 0,6 kg per m² toeneemt. De factor plantgrootte levert een niet onbelangrijke bijdrage aan de verschillen in opbrengst die in de praktijk voorkomen.

Een toename van het plantgewicht medio januari met 100 gram heeft een verhoging van de vroege opbrengst tot gevolg van circa 0,6 kg en fl. 4,00 per m².

De verschillen in productie tussen bedrijven (Klapwijk, 1988a) die uitgaan van hetzelfde plantgewicht zijn erg groot. Veel groter zelfs dan de verschillen als gevolg van plantgrootte. Dit betekent dat de manier van telen veel invloed

heeft en dat er veel aandacht besteed moet worden aan het opsporen van teeltfouten. Na half juni heeft de plantgrootte geen invloed meer op de productie of op de geldopbrengst. Het verband tussen de plantgrootte en de productie is ongeveer hetzelfde als die tussen de zaaidatum en de productie.

Teeltmaatregelen jong gewas

Opmerkelijk is dat in de jaren 90 de teelt zo veranderd is, dat juist plantgrootte een ondergeschikt belang heeft. Afhankelijk van het gereed zijn van de kas in november of december, voor de nieuwe teelt, worden kleine of grote planten uitgeplant. Het tijdstip van beëindigen van de oude teelt hangt bij de vroege stookteelt af van tijdstip, omvang, kwaliteit en oogstkleur van het laatste zetsel. Echter aan de zaaidatum mag bij een vroege geen concessies gedaan worden teelt (Verberne, 1999). Door vroeg kleine planten op de steenwolmat te zetten kunnen de jonge planten met een lagere kostprijs van de plantenkweker betrokken worden. Uiteindelijk is het verschil in stookkosten en het kostprijsverschil van de planten het resultaat voor de tuinder.

In de teelt van paprika bepaalt uiteindelijk de hoeveelheid blad of plantgrootte of er zetting aan de plant toegelaten mag worden. Daarom wordt in de begin weken in de kas een constante temperatuur van 21 à 22 graden aangehouden. Tevens wordt overdag om energie te sparen het (vast) folieschermbesloten, waarbij dan ook tevens een hogere luchtvochtigheid gerealiseerd wordt. Gedurende de nacht wordt bij buitentemperaturen lager dan 6 °C tevens het energieschermdoek gesloten. Dit alles om maar groei te initiëren, een grote plant te met veel blad. De vroegste zetting vindt plaats eind december of begin januari. Echter dan moet de plant voldoende omvang hebben en is wel instraling gewenst, omdat anders de gezette vruchten weer geaborteerd worden. De tuinder neemt dan ook klimaatmaatregelen, immers is in december en januari de instraling te laag om spontaan zetting te verkrijgen. De nachttemperatuur in de kas wordt daarom in de periode waarin zetting gewenst wordt, verlaagd naar 18 of naar 17 °C. Pas medio maart is er voldoende instraling om zetting te verkrijgen zonder verlaging van de nachttemperatuur. Echter dan wordt de nachttemperatuur ook op 18 graden gehouden omdat anders door de hoge dagtemperaturen de etmaaltemperatuur te hoog oploopt en de energiekosten te hoog worden.

Wekelijkse productie

Het verloop van de weekproductie van paprika vertoont een sterke golfbeweging (Klapwijk, 1988), doordat de zetting stagneert, zodra de vruchtgroei van betekenis is. Deze golfbeweging vindt plaats bij alle vruchtkleuren. Bij rijp oogsten (Verberne, 1991) van paprika's met de kleuren rood, geel, oranje, bruin en paars treedt deze productie-golf op, die zich elke zeven à acht weken herhaalt. Bij het oogsten van groene vruchten is er elke vijf of zes weken een productiepiek. De plantdatum heeft geen invloed op de productiepiek. Door vruchtdunning of door het oogsten groene vruchten kan de eerste productiepiek enige weken verschoven worden, echter vanaf de oogst van medio mei liggen alle oogstpieken in dezelfde week. Gebruikelijk hebben de bedrijven in de praktijk bij een planting van eind november tot medio december tot oogstweek 38 vier zetsels geoogst. Als door vruchtdunning het eerste zetsel gehalveerd wordt, behoren vijf zetsels tot een mogelijkheid.

Ook bij de latere plantingen, in februari of maart, komen de productiepieken voor. Deze teelten kennen een zeer vlotte start (Verberne, 1992) door enerzijds een hogere instraling en daardoor ook een hoge temperatuur. Vaak wordt in deze teelten een vast folieschermbesloten in de kas gemonteerd om de plant zo snel mogelijk te laten groeien en om energie te sparen. De zetting zal in maart vrij gemakkelijk gaan, daarom is juist in de beginperiode van de groei vruchtdunning noodzakelijk omdat anders de planten te generatief worden en er uiteindelijk een tekort gewas ontstaat.

Heuvelink & Saied (2000) vinden een oplossing van de sterke schommelingen in productie door het opvullen van de dalen in productie van de ene teelt op te vullen met de productiepiek van een andere teelt. Daartoe zijn planten met een tussenpose van 4 weken geplant. Echter deze plantingen waren eind april en eind mei. Hierdoor schuift een zetsel enkele weken op en geeft geen oplossing voor de teelt die gebruikelijk eind november of december aanvangen.

Herfstpaprika

In de tachtiger jaren werden in sommige gebieden van Nederland nog herfstpaprika's geteeld (Burg, 1982). Pas na de teelt van sla en andere bladgewassen werd in april of mei paprikaplanten in de kasgrond geplant. Vier rijen

planten per 3.20 m kap en een plantafstand van circa 50 cm. Per plant werden 4 stengels aangehouden, die ook aangebonden werden. Geteeld werden alleen rood kleurende rassen, omdat vaak aanvankelijk groene vruchten geoogst werden en als laatste pas de gekleurde vruchten. Deze laatste werden vaak eenmalige geoogst. Hoewel er in de warmere periode geteeld werd, kwam men al gauw met de heteluchtkachels uit op een gasverbruik van 12 m³ per m². Producties tot 8 kg per m² werden hoog bevonden.

Energieverbruik

Bij de start van de commerciële paprikateelt in Nederland werden de paprika's pas in februari in de kasgrond geplant. Een energiegebruik van 30 m³ was niet bijzonder. Later in de vroege plantingen van november, december was een gemiddeld gasverbruik van 50 m³ normaal. Echter met het gebruik van schermdoek (in de nacht) en plastic folie (gedurende het etmaal) daalde het gasverbruik naar 35 tot 40 m³. Om energie te besparen zijn in de negentiger jaren onderzoek verricht naar de invloed van temperatuurintegratie op productie en kwaliteit van groente- en bloemgewassen. Bij paprika bleek dat met temperatuurintegratie binnen 24 uur met een vrij grote bandbreedte (2, 4 en 6 °C) gewerkt kan worden, zonder gevolgen voor productie en kwaliteit (Heij, 1998). Echter een te lage dagtemperatuur, zoals bereikt wordt bij een grote bandbreedte (8 °C) geeft een te schraal gewas met kleinere bladoppervlakte en licht groene bladeren. Bij een vroege planting wordt daarom een grote bandbreedte afgeraden, ook al levert het een aanzienlijke energiebesparing op.

III.3 Komkommer

Opkweek

Tijdens de opkweek kan extra CO₂ een grotere plant opleveren. Ook door een paar dagen eerder te zaaien ontstaat op een zelfde plantdatum een grote plant. Glas (1985) beschrijft de resultaten van een onderzoek naar deze twee factoren. Uit de resultaten blijkt dat het opkweken met een verhoogd CO₂ gehalte tot 800 ppm de planten ten opzichte van 350 ppm bij de plantdatum 10% groter in omvang zijn. De groep planten die 4 dagen eerder gezaaid waren echter groter dan de planten met extra CO₂. Ook de vroege productie was hoger bij de eerder gezaaide planten.

Aanvankelijk was het de gewoonte grote komkommerplanten op de steenwolmat te zetten. Opmerkelijk is dat in de tweede helft van de tachtiger jaren, evenals bij tomaat, de planten steeds vroeger en jonger naar de tuin te halen. De plantkosten zijn dan lager in vergelijking met een 28-daagse plant, echter is het niet eenvoudig om een voor de jonge plant een optimaal klimaat aan te houden (Van der Horst, 1989). Bovendien wordt in de praktijk gediscussieerd dat vroeger jonge planten op de mat zetten geen duidelijke productieverhoging tot gevolg heeft.

In 1992 geeft Koot een beschrijving en overweging over de keuze tussen een niet-uitgezette komkommerplant, die naar het tuinbouwbedrijf wordt gehaald en een door het plantenkweekbedrijf afgekweekte komkommerplant. Met een gasprijs van hfl. 0,25 en extra gasverbruik van 2 tot 4 m³ voor verdere opkweek op het komkommerbedrijf is het economisch interessant om een niet-uitgezette plant op de steenwolmat te zetten. Bovendien kan het vaste personeel op het bedrijf beter ingezet worden. Zevenendertig dagen na het zaaien is de jonge (16-daagse) niet-uitgezette plant groter dan de volledig afgekweekte plant. De afgekweekte plant moet op de steenwolmat nog herstellen van de overgang van de plantenkweker naar het bedrijf.

Twee teelten

In sommige gebieden in Nederland bestaat het teeltschema uit twee komkommerplantingen per jaar. De vroege teelt maakt dan plaats voor een herfstteelt. De Hoog (1986) beschrijft aan de hand van voorbeelden van opbrengsten en kosten dat deze twee teelten per jaar in vergelijking met een lange doorteelt geen voordeel oplevert. Dit blijkt volgens De Hoog al jaren lang zo te zijn. Een voordeel van de lange teelt blijkt te zijn dat er meer tijd is voor het ziektevrij maken van de opstanden en voor de opkweek van het plantmateriaal. Aan de hand van cijfermateriaal van de jaren 1982 tot 1986 uit de teeltgebieden in De Kring (De Hoog, 1987) blijkt dat het planten eind december de hoogste gemiddelde opbrengst geeft ten opzichte van de plantingen van begin januari. Kortere teelten hebben wel lagere kosten, echter de vroege teelt brengt meer op.

Voor de voorjaarssteelt heeft een hoog energie gebruik. Dit in tegenstelling tot de herfststeelt. In het algemeen zijn de energiebesparingsmogelijkheden in de herfst niet groot. De buitentemperaturen zijn vaak zodanig dat er nauwelijks gestookt hoeft te worden om de gewenste etmaaltemperatuur te handhaven. Echter door het gewas te activeren en door het stoken met weinig geopende luchtramen wordt toch energie gebruikt. Vaak wordt in de morgenuren een minimumbuistemperatuur gehandhaafd, omdat de planten, onder lichtrijke omstandigheden in de zomer, gemakkelijk gutteren (De Hoog, 1988). Van Uffelen (1984) beschrijft teeltmaatregelen, zoals ventilatietemperatuur, minimumbuistemperatuur en schermgebruik. De maatregelen die beschreven worden, leiden tot een minimaal effect van de besparing van energie omdat anders onverantwoorde risico's genomen worden.

De plantdatum van de herfststeelt is afhankelijk van de productie van de voorjaarssteelt. De Bruyn & Van de Sande, 1988, beschrijven dat als er minder dan 2,5 exportwaardige komkommers per week geoogst worden het rendabeler is een herfststeelt te beginnen. Uit proefresultaten blijkt dat de gewenste plantdatum begin augustus is. De Hoog beschrijft in 1988 dat de variatie in plantdata voor de tweede (herfst)teelt is toegenomen. Het komt dan voor dat er half juni voor de tweede maal wordt geplant en dat half september de laatste herfstkomkommers worden geplant.

Drie teelten

De kwaliteit van de komkommers verbetert normaal gesproken als de vroege teelt wordt vervangen (De Hoog, 1988). Dit betekent echter niet dat twee teelten per jaar ten opzichte van een lange teelt bedrijfseconomisch voordeel biedt. Een plantdatum van 20 augustus voor de herfststeelt lijkt het meest interessant. Door driemaal te planten wordt de kwaliteit nog verder verbeterd. In 1987 zet een tuinder in Pijnacker driemaal nieuw plantmateriaal (Van Duyn, 1988) op de steenwolmat. Meer arbeidsvreugde en een betere kwaliteit zijn de argumenten van de tuinder. Het vraagt wel meer arbeid, maar het is relatief simpel werk, dat je met schooljongens kunt doen. Echter een hogere productie en kwalitatief betere kilo's komkommers richting veiling staat voorop, aldus de kweker. In de zomer blijkt de kwaliteit van komkommers van een zomerteelt (De Hoog *et al.*, 1988) beter te zijn dan van de vruchten afkomstig van oudere gewassen. Uit houdbaarheidsproeven op de veiling bleek dat het verschil in uniformiteit en kleur groot is. Het product van de zomerteelt bleek uitermate geschikt te zijn voor de kwaliteitsmarkten. Drie keer planten is wat kwaliteit betreft een hele verbetering. Echter wordt door de auteurs getwijfeld aan de rentabiliteit van driemaal planten. Uit een vergelijking van de kosten en opbrengsten blijkt dat drie keer planten economisch gezien mogelijk is. Het is echter afhankelijk van de productie van het oude gewas. De voordelen van tweemaal overplanten zijn talrijk. Er is een verbetering van de kwaliteit, een lagere infectiedruk, een verbetering van de concurrentiepositie en meer arbeidsvreugde. Het is de vraag of de handel de beste komkommers uit de oude teelten aangevuld met jonge komkommers uit de zomerteelten, ook via een meerprijs gaat waarderen (Goedknecht, 1989). Dit onderschrijft ook van Velden in 1989. De opmerking wordt gemaakt dat met de teeltmethode in de zomer een betere kwaliteit geleverd wordt, maar dat de waardering matig is. Het Centraal Bureau van Tuinbouwveilingen schrijft in 1990 in Consumentenonderzoek dat het driemaal planten bij komkommers een zeer positieve bijdrage levert aan de Nederlandse concurrentiepositie die niet direct te vertalen is in een betere omzet voor een bedrijf dat drie maal plant. Voor de markt is in zijn geheel drie maal planten op langere termijn beslist wel rendabel. Het verdient dan ook aanbeveling dat meer telers hiertoe overgaan. Dit wordt door Goedknecht (1990) bevestigd. Hij schrijft dat het stabiliseren en mogelijk wat verder uitbreiden van het aantal bedrijven dat drie maal plant, het mogelijk moet zijn om een hoogwaardig product aan te bieden in een voorheen kwalitatief moeilijke periode. Betreffende kwaliteit moet opgemerkt worden dat de vruchten van de zomerteelt wat korter kunnen zijn dan de vruchten van een ouder gewas, echter de houdbaarheid is aanmerkelijk beter. De uiterste plantdatum voor de derde teelt ligt in de praktijk meestal in de laatste week van augustus (De Hoog, 1992). Gebruikelijk wordt bij de derde teelt een plant van maximaal 23 dagen oud gebruikt. De stand van het gewas van de tweede teelt mag plantdatum van eind augustus niet beïnvloeden. Om voldoende te kunnen oogsten mag niet later dan eind augustus worden geplant. Bovendien is gebleken dat planten in september eventueel met een hoge plantdichtheid een tegenvallende productie en kwaliteit geeft.

Na enkele uitstekende jaren is het de driemaalplanters in 1991 minder goed gegaan. De tegenvallende prijzen van het afgelopen seizoen maken de keus tussen twee of drie keer planten weer actueel (De Hoog, 1992). Nog steeds zijn de voordelen van driemaal planten vergelijkbaar met die van 1988, zoals een kwaliteitsverbetering van de vruchten in de zomer. De nadelen zijn de extra kosten, welke opgelopen zijn naar hfl. 4,00 per m² en een wat hoger

verbruik van gewasbeschermingsmiddelen. Immers na iedere teelt zal al het ongedierte zo goed mogelijk worden opgeruimd en dit gebeurt hoofdzakelijk chemisch. Het verbruik van gewasbeschermingsmiddelen werkt dus in het nadeel van het teeltplan met drie komkommerteelten.

Kwaliteit is een belangrijk wapen in de concurrentiestrijd. Veel telers planten om die reden drie keer per jaar. Bij twee keer planten kan de kwaliteit ook goed zijn (Beekmans, 1994). Voorwaarde daarvoor is wel dat veel aandacht aan de gewasverzorging besteed wordt.

In 1994 blijft er discussie over het twee of driemaal planten van komkommers. Jaarlijks kiest een groep komkommer-telers voor drie en een andere groep voor tweemaal planten (De Hoog, 1994). De keuze wordt door de kweker bewust gemaakt. Door omstandigheden, bij voorbeeld hoge infectiedruk van schimmels of insecten of door tegenvallende productie, kan het voorgenomen teeltplan wijzigen. Mogelijk zal door het komen van meeldauwtolerante rassen het resultaat voordelig uitvallen voor de kwekers die tweemaal planten.

Hoge draad teelt

In 1991 zijn proefgewijs de eerste telten met hogedraad geweest. Deze teeltwijze is bekend in de teelt van tomaten en omdat het bekend is dat stamvruchten van komkommerplanten een betere kwaliteit en een langere houdbaarheid hebben, is deze teeltmethode ook bij komkommers beproefd. Een lange doorteelt heeft ten opzichte van de traditionele teeltwijze een betere vruchtkwaliteit en minder teeltwisselingen (Haghuis & Esmeijer, 1992). De Proeftuin in Klazienaveen en het Proefstation in Naaldwijk probeerden toen al ruim een jaar deze hogedraadteelt geschikt te maken voor de praktijk. Ondanks minde teeltwisselingen vraagt de hogedraadteelt meer arbeid. Door de teeltmethode kan ook een hogere plantdichtheid worden aangehouden. Evenals bij tomaat, moet bij komkommer de onderste bladeren worden verwijderd. Dit gebeurt door het afsnijden van het blad. Echter door het ontstaan van *Botrytis* ontstaat enige plantuitval, wat de vergelijking met productie van meerdere keren planten verstoort. Ook bij het hogedraadsysteem blijft vruchtsnoei noodzakelijk. De onderzoekers melden in 1992 dat de teelt van hogedraad komkommers nog niet rijp is voor de praktijk.

Rentabiliteit

Uit bedrijfseconomische berekeningen (De Hoog & Goedknegt, 1990) blijkt dat driemaal telen van komkommers goede resultaten heeft. Hoewel de kosten ten opzichte van tweemaal telen met hfl. 3,85 per m² verhoogd worden. De hoogste kostenpost is het plantmateriaal van 1,25 plant per m² en een totale kostprijs van hfl. 1,75. De tweede kosten post is de energie. Ongeveer 4 m³ per m² wordt meer verbruikt. Dit leidt tot een verhoging van hfl. 1,00 per m².

In 1990 was het nettobedrijfsresultaat van de vroege, van 13 november tot 1 december, zaaigroep gemiddeld hfl. 0,40 per m². De latere zaaigroep, van 2 december tot 16 december, kwam op hfl. 2,60 per m² negatief uit. De rentabiliteit was in 1990 gemiddeld 101% voor de vroege en 97% voor de late zaaigroep. In de berekeningen is geen rekening gehouden met 1, 2 of 3 maal planten. De exacte informatie daarover werd niet verkregen. Daarom is in de berekeningen vanuit gegaan dat er in week 31 voor de tweede maal werd geplant. In het algemeen wordt de teeltperiode steeds langer. Stopten de vroege telers in het verleden rond week 42, in 1990 ging een grote groep nog door tot en met week 45. De latere zaaigroep gaat zelfs door tot week 46.

Geraadpleegde literatuur

Banken, J.A., 1989.

Vleestomaat: start vroege stookteelt verschilt sterk per regio. Groenten en fruit 45 (25): 84-85.

Beekmans, G., 1994.

Komkommer: twee keer planten vergt meer gewaswerk. Vakdeel glasgroenten 4(7): 8-9.

Bogaard, R. van den, 1993.

Vleestomaat : later zaaien lijkt de tendens. Groenten + fruit: Vakdeel glasgroenten 3 (34): 15.

Bruin, J. de & A. van der Ziel, 1989.

Tomaat : oudere plant minder gevoelig voor neusrot. Groenten en fruit 44 (31): 30-31.

- Bruin, J. de, 1982.
Entmethoden opnieuw in onderzoek. De tuinderij 62(1): 42.
- Bruyn, J. de & J. van de Sande, 1988.
Plantdata herfstkommers: Produktie oud gewas bepalend voor meest interessante plantdatum. Groenten en fruit 43(48): 35-36.
- Buitelaar, K., 1980.
Vroeg uitplanten ook bij vleestomaten verantwoord. De tuinderij 20 (22): 28-29, 31.
- Burg, C. van de, 1982.
Teelt herfstpaprika's. Groenten en Fruit 37 (49): 30-31.
- Dechering, A., 1997.
Tomaat: vroege zaai geeft moeilijke teelt. Vakdeel glasgroenten 7 (4): 18.
- Dechering, A., 1997.
Tomaat: ook na planten groei en bloei stimuleren. Vakdeel glasgroenten 2: 17.
- Duyn, P. van, 1988.
Ton van Winden (Pijnacker): drie keer planten wordt de toekomst. Groenten en fruit 43(41): 31.
- Duyn, P. van, 1989.
Vleestomaat: vroeg zaaien en de eerste tros eraf, voor hoge vroege produktie en meer gewas in de zomer. Groenten en fruit 44(31): 36-37.
- Glas, R.I., 1985.
CO₂ bij de opkweek van komkommer. Groenten en fruit 40(26): 42-43.
- Goedknegt, G., 1989.
Zomerteelt komkommers: met een korte teelt in het superblok. De tuinderij 69(8): 22-25.
- Goedknegt, G., 1990.
Komkommer: drie keer planten is inspelen op kwaliteitsmarkt. Groenten en fruit 45(36): 43.
- Heij, G., 1998.
Temperatuurintegratie werkt ook bij paprika. Groenten + fruit: Vakdeel glasgroenten 13: 12-13.
- Heuvelink, E. & A. Saied, 2000.
Variatie in plantdatum kan productiepieken in paprika voorkomen. Groenten en fruit 34: 18-19.
- Hoog, J. de, 1988.
Betere kwaliteit en meer arbeidsvreugde gaan hand in hand. Groenten en Fruit 43(41): 30-31.
- Hoog, J. de, 1986.
Doorteelt komkommer heeft voor- en nadelen. Groenten en fruit 41(50): 36-37.
- Hoog, J. de, 1987.
Aspecten van extra vroeg planten van komkommers: Welk planttijdstip geeft de beste resultaten. De tuinderij 67(21): 50-52.
- Hoog, J. de, A. Urselmann & G. Goedknegt, 1988.
Komkommer: drie keer planten economisch verantwoord?. Groenten en fruit 44(25): 37-38.
- Hoog, J. de, A. Urselmann & G. Goedknegt, 1988.
Komkommer: kwaliteitsimago hoog houden met drie keer planten. Groenten en fruit 44(25): 36-37.
- Hoog, J. de, 1988.
Rond de start van (herfst) komkommers: Varieer plantdata voor aanvoer spreiding. De tuinderij 68(14): 22-23.
- Hoog, J. de, 1992.
Komkommer: de voor- en nadelen van drie keer planten. Groenten + fruit: Vakdeel glasgroenten 2(16): 28-29.
- Hoog, J. de, 1992.
Komkommer: in september planten is een te grote gok. Groenten + fruit: Vakdeel glasgroenten 2(29): 30-31.
- Hoog, J. de, 1992
Komkommer: eigen ideaal bepaalt twee of drie maal. Vakdeel glasgroenten 4(12): 8-9.
- Horst, M. van der, 1989.
Start komkommerteelt: jonge plant vraagt meer aandacht. De tuinderij 69(25): 19.
- Klapwijk, D., 1986.
Stoottomaten: Grote verschillen in plantgewicht bij eenzelfde zaaidatum. De tuinderij 66(4): 39.
- Klapwijk, D., 1986.
Hoeveel trossen op 7 januari 1986? Groenten en fruit 41(32): 44-45.

- Klapwijk, D., 1987.
Tomatenplanten belichten tot uitplanten? Groenten en fruit 42(41): 30-31.
- Klapwijk, D., 1987.
Onderzoek bij paprika : Relatie plantgrootte en vroege produktie. De tuinderij 67 (17): 28-29.
- Klapwijk, D., 1987.
Temperatuur stooktomaat 2. Bloeisnelheid, rijpingsduur en lengtegroei. Groenten en Fruit 43 (23): 42-43.
- Klapwijk, D., 1988.
Plantgrootte paprika beïnvloedt vroege produktie, maar manier van telen is belangrijker. Groenten en Fruit 43 (48): 30-31.
- Klapwijk, D., 1988.
Sterke wisselingen in wekelijkse productie paprika. Groenten en fruit 43(48): 32-33.
- Koot, J.T., 1992.
Komkommer: een goede start met een kleine plant. Groenten + fruit: Vakdeel glasgroenten 2(40): 10-11.
- Lamers, A., 2001.
Herfstteelt eindigt met prijsval: herfsttostomaat. Vakdeel glasgroenten 9: 8-9,11.
- Moerman, E., 1985.
Optimale zaai- en plantdatum voor vleestomaat: lering trekken uit bedrijfsvergelijking. De tuinderij 65(23): 30-31.
- Mourits, J., P. Vermeulen & J. Nienhuis, 1991.
Komkommer: later zaaien niet rendabel. Groenten + fruit: Vakdeel glasgroenten 5: 45.
- Nienhuis, J., 1989.
Vleestomaat: evaluatie opbrengstgegevens 1989: vroege zaaiers komen iets beter uit de bus. Groenten en fruit 45(25): 79.
- Peerlings, M., 1986.
Substraat: De kosten van het zelf afkweken van tomaat: Voordelig? De tuinderij 66 (20): 34-36.
- Uffelen, J.A.M. van, 1984.
Telen met zo weinig mogelijk gas, zonder onverantwoorde risico's. De Tuinderij: 24-27.
- Uffelen, J.A.M. van, 1988.
Opkweekmethoden paprika : plantgrootte bij uitpoten moet voorop staan. Groenten en fruit 44 (14): 44-45.
- Velden, P. van, 1989.
Drie keer komkommers planten: extra inspanning moet wel kwaliteit opleveren. De tuinderij 69 (10): 26-27.
- Velden, P. van, 1989.
Drie keer komkommers planten: kwaliteit weegt op tegen extra moeite. De tuinderij 69 (18): 38-39.
- Verberne, C.E.J., 1991.
Paprika: plantdatum beïnvloedt produktiepatroon niet. Groenten + fruit: Vakdeel glasgroenten 1 (41): 18-21.
- Verberne, C.E.J., 1992.
Paprika : geef de late teelt een vliegende start. Groenten + fruit: Vakdeel glasgroenten 2 (7): 34-35.
- Verberne, C., 1999.
Geen concessies aan zaaidatum paprikaplanten. Groenten en fruit. Vakdeel glasgroenten 39: 26-27.
- Visser, P., 2003.
Rendabele combinaties met trostomaat. Groenten + fruit 14: 26-27.

Bijlage IV.

Referentieteelten

Standaardteelt

Bij de standaardteelten is voor alle drie de gewassen uitgegaan van een kas van 4 ha met een goothoogte van 4.5 meter. De traliemaat is 8 meter (2 kappen van 4 meter) en de pootafstand is 5 meter. Het verwarmingssysteem is bij deze 3 teelten gelijk. Voor de productie van warmte wordt alleen gebruik gemaakt van een ketel. Er wordt ten behoeve van CO₂-productie geen warmte vernietigd.

Buitenklimaat

Voor de straling, buitentemperatuur en overige van belang zijnde buitenklimaatfactoren op de groei en het energiegebruik, wordt gebruik gemaakt van het SELJaar, dat representatieve klimaatgegevens voor Nederland bevat en dat de variatie in klimaateigenschappen tussen dagen en tussen uren heeft gehandhaafd.

IV.1 Tomaat

Het verwarmingssysteem is een standaard systeem voor de intensieve glasgroenteteelt en bestaat uit vijf 51 mm buizen per kap in het ondernet en half zo veel 32 mm buizen in het secundaire verwarmingsnet. Dit net fungeert als condensornet, maar ook als secundair verwarmingsnet wanneer een groot verwarmingsvermogen noodzakelijk is. De buistemperaturen zijn begrensd op 70 °C voor het onder- en 60 °C het boven-net. Het secundaire net wordt pas ingeschakeld voor verwarming indien het ondernet een buistemperatuur van 60 °C heeft bereikt.

De kas is uitgerust met een rookgas-verdeelsysteem voor de CO₂-dosering waarmee maximaal 180 kg CO₂ per ha per uur kan worden toegediend.

De ketel heeft een verwarmingscapaciteit van 110 W/m² (125 m³/ha/uur) en er is een warmte-opslag buffer met een waterinhoud van 140 m³/ha. Indien de buffer vol is, wordt de CO₂-dosering gestopt. De kas is voorzien van tweeruits halve luchtramen.

De tomaten worden geplant op 10 december en op 15 november geruimd.

Kasklimaat

In onderstaande tabel worden de temperatuursetpoints weergegeven. Er wordt met 2 dagdelen gewerkt. De opstookhelling is 1 °C per uur.

Datum		Setpointtemperatuur (°C)	
10/12	20	20	
25/12	20	19	
25/01	19	17	
15/11	5	5	
Datum		Temperatuur bereikt op	
gehele jaar	1 uur na zonop	bij zon onder	

Van de teeltstart (10 december) tot 1 februari, staat de ventilatielijn 3 °C boven de stooklijn. Er wordt daardoor weinig warmte afgelucht, zodat op heldere dagen hogere etmaaltemperaturen kunnen worden behaald. Op 1 februari wordt dit terug gebracht tot 2 °C en vanaf 1 april is dit nog 1 °C, wat tot het eind van de teelt zo blijft gehandhaafd. Deze temperaturen zijn dag en nacht gelijk. Op licht kan er tussen de 200 en 400 W/m² globale straling 2 °C lichtverhoging op de setpointtemperatuur verwarmen worden gezet.

Er wordt beperkt gebruik gemaakt van een minimumbuistemperatuur. Van de teeltstart tot 15 maart is deze dag en nacht 45 °C. Van 15 maart tot het einde van de teelt is tussen 2 uur voor zonsopkomst tot zonsondergang de minimumbuistemperatuur 45 °C en buiten deze periode (de nacht) is dat 35 °C. Dit blijft zo gehandhaafd tot het einde van de teelt.

Tussen de 200 en 400 W/m² globale straling wordt deze buistemperatuur afgebouwd tot de kasluchttemperatuur. De vochtregeling geschiedt met de luchtramen en indien de ruimtetemperatuur door deze ventilatie onder de setpointtemperatuur verwarmen komt, wordt er pas bijgestookt.

Er wordt ingegrepen op de luchtvochtigheid wanneer de kaslucht een RV van 87% bereikt. Aan het einde van de teelt (vanaf 25 oktober) wordt dit opgetrokken tot 92 %. De regelactie is afhankelijk van de buitentemperatuur. Bij een buitentemperatuur van 5 °C wordt per % overschrijding van het setpoint 0.25 % raamopening ingezet. Bij 12 °C is dit opgelopen tot 0.5%. Daartussen wordt de raamstand lineair aan de buitentemperatuur aangepast.

Het setpoint voor de CO₂-concentratie in de kas is jaarrond 1000 ppm. De CO₂ wordt gedoseerd met een maximale hoeveelheid van 180 kg/ha/uur tussen zonsopkomst en zonsondergang. De resterende ruimte in de buffer wordt over de rest van de CO₂-doseerperiode verdeeld. Er wordt in principe van zonsopkomst tot zonsondergang CO₂ gedoseerd. In de zomerdag wordt er 2 uur later begonnen en 2 uur eerder gestopt om de buffercapaciteit beter te benutten.

Er wordt een transparant beweegbaar scherm type SLS 10 ultra plus gebruikt tussen 25 oktober en 1 mei. Vanaf het eind van de oude teelt (10 november) tot 1 januari, wordt het scherm pas geopend bij een stralingsniveau van boven de 100 W/m². Daarna bij een niveau van 50 W/m² en na 15 februari bij 10W/m². Komt de straling weer onder deze niveaus, dan wordt het scherm weer gesloten. Als tweede voorwaarde is er de buitentemperatuur. Vanaf 10 november gaat het scherm pas dicht bij een buitentemperatuur lager dan 10 °C. Vanaf 15 januari bij een buitentemperatuur van 8 °C, vanaf 15 februari 7 °C, 15 maart 5 °C en na 1 mei wordt het scherm tot 25 oktober uitgeschakeld. Vanaf 25 oktober mag het scherm pas weer dicht bij een buitentemperatuur van lager dan 5 °C. Wanneer het vochtniveau boven het setpoint komt wordt het scherm op een vochtier van maximaal 3% getrokken. Blijft het vochtniveau dan nog te hoog, dan wordt het scherm geheel geopend. In de gevel is een beweegbaar gevelscherm geplaatst, dat gelijktijdig met het horizontale scherm geopend en gesloten wordt.

Er wordt in de standaardteelt geen temperatuurintegratie toegepast. Daarnaast wordt er ook geen gebruik gemaakt van minimum raamstanden.

IV.2 Paprika

Het verwarmingssysteem is een standaard systeem voor de intensieve glasgroenteteelt en bestaat uit vijf 51 mm buizen per kap in het ondernet en half zo veel 32 mm buizen in het secundaire verwarmingsnet. Dit net fungeert als condensornet, maar ook als secundair verwarmingsnet wanneer een groot verwarmingsvermogen noodzakelijk is. De buistemperaturen zijn begrensd op 70 °C voor het onder- en 60 °C het boven-net. Het secundaire net wordt pas ingeschakeld voor verwarming indien het ondernet een buistemperatuur van 60 °C heeft bereikt.

De kas is uitgerust met een rookgas-verdeelsysteem voor de CO₂-dosering waarmee maximaal 180 kg CO₂ per ha per uur kan worden toegediend.

De ketel heeft een verwarmingscapaciteit van 110 W/m² (125 m³/ha/uur) en er is een warmte-opslag buffer met een waterinhoud van 140 m³/ha. Indien de buffer vol is, wordt de CO₂-dosering gestopt. De kas is voorzien van tweeruits halve luchtramen.

De paprikaplanten worden uitgezet op 20 november en op 6 november geruimd.

Kasklimaat

In onderstaande tabel worden de temperatuursetpoints weergegeven. Er wordt met 2 dagdelen gewerkt. De opstookhelling is 1 °C per uur.

Datum	Setpointtemperatuur (°C)	
20/11	21	21
05/12	21	20
25/12	20	19
20/01	20	17
06/11	5	5

Datum	Temperatuur bereikt op	
gehele jaar	1 uur na zonop	bij zon onder

Van 20 oktober tot 1 april, staat de ventilatielijn 4 °C boven de stooklijn. Er wordt daardoor weinig warmte afgelucht, zodat op heldere dagen hogere etmaaltemperaturen kunnen worden behaald. Vanaf 1 april is dit nog 2 °C, wat tot 20 oktober zo blijft gehandhaafd. Deze temperaturen zijn dag en nacht gelijk. Op licht kan er tussen de 100 en 300 W/m² globale straling 2 °C lichtverhoging op de setpointtemperatuur verwarmen worden gezet. Dit gebeurt alleen in de periode van 1 april tot het einde van de teelt.

Er wordt gebruik gemaakt van een minimumbuis temperatuur. Van de teeltstart tot 15 maart is deze dag en nacht 45 °C. Van 15 maart tot het einde van de teelt is tussen 2 uur voor zonsopkomst tot 5 uur na zonsopkomst de minimumbuis temperatuur 42 °C en buiten deze periode is dat 30 °C. Dit blijft zo gehandhaafd tot het einde van de teelt.

Tussen de 200 en 400 W/m² globale straling wordt deze buis temperatuur afgebouwd tot de kasluchttemperatuur. De vochtregeling geschiedt met de luchtramen en indien de ruimtetemperatuur door deze ventilatie onder de setpointtemperatuur verwarmen komt, wordt er pas bijgestookt.

Er wordt ingegrepen op de luchtvochtigheid wanneer de kaslucht een RV van 90% bereikt. De regelactie is afhankelijk van de buitentemperatuur. Bij een buitentemperatuur van 5 °C wordt per % overschrijding van het setpoint 2 % raamopening ingezet. Bij 15 °C is dit opgelopen tot 5%. Daartussen wordt de raamstand lineair aan de buitentemperatuur aangepast.

Het setpoint voor de CO₂-concentratie in de kas is jaarrond 800 ppm. De CO₂ wordt gedoseerd met een maximale hoeveelheid van 180 kg/ha/uur tussen zonsopkomst en zonsondergang. De resterende ruimte in de buffer wordt over de rest van de CO₂-doseerperiode verdeeld. Er wordt in principe van zonsopkomst tot zonsondergang CO₂ gedoseerd. In de zomerdag wordt er 2 uur later begonnen en 2 uur eerder gestopt om de buffercapaciteit beter te benutten.

Er wordt een transparant beweegbaar scherm type SLS 10 ultra plus gebruikt tussen 15 oktober en 1 mei. Vanaf de teeltstart (20 november) tot 15 december blijft het scherm dag en nacht gesloten. Daarna wordt tussen 15 december en 15 januari het scherm pas geopend bij een stralingsniveau van boven de 150 W/m². Vervolgens bij een niveau van 100 W/m² (15 januari tot 15 maart) en na 15 maart bij 50 W/m². Tussen 15 april en de teeltwisseling is dit 5 W/m². Komt de straling weer onder deze niveaus, dan wordt het scherm weer gesloten. Als tweede voorwaarde is er de buitentemperatuur. Vanaf 20 november gaat het scherm dicht bij een buitentemperatuur lager dan 10 °C. Vanaf 25 oktober mag het scherm al weer dicht bij een buitentemperatuur van lager dan 5 °C. Wanneer het vochniveau boven het setpoint komt wordt het scherm op een vochtier van maximaal 3% getrokken. Blijft het vochniveau dan nog te hoog, dan wordt het scherm geheel geopend. In de gevel is een beweegbaar gevelscherm geplaatst, dat gelijktijdig met het horizontale scherm geopend en gesloten wordt.

Er wordt in de standaardteelt geen temperatuurintegratie toegepast. Daarnaast wordt er ook geen gebruik gemaakt van minimum raamstanden.

IV.3 Komkommer

Het verwarmingssysteem is een standaard systeem voor de intensieve glasgroenteteelt en bestaat uit vijf 51 mm buizen per kap in het ondernet en half zo veel 32 mm buizen in het secundaire verwarmingsnet. Dit net fungeert als condensornet, maar ook als secundair verwarmingsnet wanneer een groot verwarmingsvermogen noodzakelijk is. De buistemperaturen zijn begrensd op 70 °C voor het onder- en 60 °C het boven-net. Het secundaire net wordt pas ingeschakeld voor verwarming indien het ondernet een buistemperatuur van 60 °C heeft bereikt.

De kas is uitgerust met een rookgas-verdeelsysteem voor de CO₂-dosering waarmee maximaal 180 kg CO₂ per ha per uur kan worden toegediend.

De ketel heeft een verwarmingscapaciteit van 110 W/m² (125 m³/ha/uur) en er is een warmte-opslag buffer met een waterinhoud van 140 m³/ha. Indien de buffer vol is, wordt de CO₂-dosering gestopt. De kas is voorzien van tweeruits halve luchtramen.

De komkommerteelt kenmerkt zich door op jaarbasis 3 teelten te zetten. De tweede teelt wordt er tussen geplant. Hiervoor worden de helft van de planten uit de kas verwijderd, op de vrijgekomen plaats worden nieuwe planten gezet en na 10 dagen wordt de rest van de oude planten verwijderd om plaats te maken voor nieuwe. Bij de derde teelt wordt de kas wel geheel ontruimd voordat de nieuwe planten komen. De plantdata zijn 6 december, 15 april (tussenplanten) en 30 juli. De derde teelt wordt op 5 november geëindigd.

Kasklimaat

In onderstaande tabel worden de temperatuursetpoints weergegeven. Er wordt met 2 dagdelen gewerkt. De opstookhelling is 1 °C per uur.

Datum	Setpointtemperatuur (°C)	
12/12	21	19
01/04	20	19
15/05	19,5	19
01/08	21	19
01/09	20	19
17/11	5	5

Datum	Temperatuur bereikt op	
gehele jaar	1 uur na zonop	bij zon onder

Van de teeltstart tot 1 februari, staat de ventilatielijn 3 °C boven de stooklijn. Er wordt daardoor weinig warmte afgelucht, zodat op heldere dagen hogere etmaaltemperaturen kunnen worden behaald. Vanaf 1 februari is dit nog 2 °C. Op 15 april wordt dit verlaagd tot 1 °C. In de periode 15 mei 20 september is de dode zone slechts 0.5 °C. Na 20 september tot het einde van de teelt is de dode zone 2 °C. Deze temperaturen zijn dag en nacht gelijk. Op licht kan er in de periode van teeltstart tot 10 maart tussen de 150 en 300 W/m² globale straling 1.5 °C lichtverhoging op de setpointtemperatuur verwarmen worden gezet. Tussen 10 maart en 1 mei is dit stralingstraject tussen 300 en 400 W/m². Na 1 mei tot het einde van de teelt wordt er geen lichtverhoging meer toegepast.

Er wordt gebruik gemaakt van een minimumbuistemperatuur. Op het ondernet (de buisrail) staat jaarrond van 2 uur voor zonsopkomst tot 12 uur 's middags een minimumbuistemperatuur van 42 °C ingesteld. de rest van de dag is

dit 30 °C. Tussen de 250 en 350 W/m² globale straling wordt deze minimumbuis temperatuur afgebouwd tot de kasluchttemperatuur. Op de hijsverwarming wordt van de teeltstart tot 10 januari dag en nacht een minimumbuis temperatuur van 40 °C aangehouden. Van 10 januari tot 15 maart is dit verlaagd tot 30 °C. Na 15 maart tot het einde van de teelt wordt er op dit verwarmingsnet geen minimumbuis temperatuur meer toegepast. Ook deze buis temperatuur wordt tussen de 250 en 350 W/m² globale straling afgebouwd tot de kasluchttemperatuur. De vochtregeling geschiedt met de luchtramen en indien de ruimtetemperatuur door deze ventilatie onder de setpointtemperatuur verwarmen komt, wordt er pas bijgestookt.

Er wordt ingegrepen op de luchtvochtigheid wanneer de kaslucht een RV van 90% bereikt. De regelactie is afhankelijk van de buitentemperatuur. Bij een buitentemperatuur van 5 °C wordt per % overschrijding van het setpoint 1 % raamopening ingezet. Bij 10 °C is dit opgelopen tot 3%. Daartussen wordt de raamstand lineair aan de buitentemperatuur aangepast.

Het setpoint voor de CO₂-concentratie in de kas is jaarrond 800 ppm. De CO₂ wordt gedoseerd met een maximale hoeveelheid van 180 kg/ha/uur tussen zonsopkomst en zonsondergang. De resterende ruimte in de buffer wordt over de rest van de CO₂-doseerperiode verdeeld. Er wordt in principe van zonsopkomst tot zonsondergang CO₂ gedoseerd. In de zomerdag wordt er 2 uur later begonnen en 2 uur eerder gestopt om de buffercapaciteit beter te benutten.

Van de teeltstart tot 25 januari wordt er een vast foliescherf met een perforatie van 1% geïnstalleerd. Daarnaast is er een transparant beweegbaar scherm type SLS 10 ultra plus aanwezig. In de winter wordt deze voor energiebesparing gebruikt. In de zomer is dit ook ten behoeve van zonwering. In onderstaande tabel is beschreven onder welke voorwaarde het beweegbare scherm geopend dan wel gesloten wordt.

Datum	Globale straling (W/m ²)	Buitemperatuur (°C)
14/12	20	7
25/01	50	10
01/04	10 # 400	7
15/04	20 # 400	7
15/05	10 # 500	-10
01/07	10 # 900	-10
15/09	10 # 900	8

*De **vet** weergegeven cijfers zijn de stralingsniveaus waarbij het scherm 80% sluit ten behoeve van de zonwering.*

Wanneer het vochniveau boven het setpoint komt wordt het scherm op een vochtkier van maximaal 3% getrokken. Blijft het vochniveau dan nog te hoog, dan wordt het scherm geheel geopend. In de gevel is een beweegbaar gevelscherm geplaatst, dat gelijktijdig met het horizontale scherm geopend en gesloten wordt.

Er wordt in de standaardteelt geen temperatuurintegratie toegepast. Daarnaast wordt er ook geen gebruik gemaakt van minimum raamstanden.

Bijlage V.

Aanpassingen in de instellingen ten behoeve van de scenarioberekeningen

In dit hoofdstuk worden de aanpassingen voor de verschillende cases en varianten binnen de cases ten opzichte van de standaardteelten zoals deze in hoofdstuk 1 beschreven zijn uitgewerkt. De aanpassingen ten opzichte van de standaardteelten zijn aangegeven. De **vet** gemarkeerde veranderingen geven aan dat de wijziging afwijkt van de te verwachten aanpassing. Soms is een fase verschuiving van de teelt ten opzichte van de standaard zodanig groot dat aanpassing van het setpoint mogelijk zal leiden tot een ongewenst klimaat. Zo zou bijvoorbeeld het standaard gesloten houden van het scherm in de eerste weken van de teelt bij paprika bij een verschuiving van de teeltstart naar april tot ongewenst hoge temperaturen kunnen leiden.

V.1 Standaardteelt eerder eindigen

De cases, beschreven in deze paragraaf, kenmerken zich door het 1 tot 4 weken eerder beëindigen van de teelt. Voor de setpoints betekent dit dat het vochtsetpoint (spvocht) aan het eind van de teelt eerder wordt verhoogd. Daarnaast mag het scherm eerder dicht. Dit wordt bereikt door het criterium voor de buitentemperatuur (Tbuitmax) waarbij het scherm dicht moet lopen verlaagd wordt.

1. Teelt 1 week eerder eindigen (tomaat, paprika, 3^e teelt komkommer)
Aanpassingen:
 - Tomaat: ruimdatum 08/11, Tbuitmax 18/10 7 °C, spvocht 18/10 92 %
 - Paprika: ruimdatum 30/10, Tbuitmax 09/10 10 °C, spvocht 09/10 93 %
 - Komkommer: ruimdatum 3^e teelt 10/11
2. Teelt 2 weken eerder eindigen (tomaat, paprika, 2^e teelt komkommer 1 week korter, 3^e teelt komkommer 2 weken korter)
Aanpassingen:
 - Tomaat: ruimdatum 01/11, Tbuitmax 11/10 7 °C, spvocht 11/10 92 %
 - Paprika: ruimdatum 23/10, Tbuitmax 02/10 10 °C, spvocht 02/10 93 %
 - Komkommer: ruimdatum 3^e teelt 03/11
3. Teelt 3 weken eerder eindigen (tomaat, paprika, 2^e teelt komkommer 1 week korter, 3^e teelt komkommer 2 weken korter)
Aanpassingen:
 - Tomaat: ruimdatum 25/10, Tbuitmax 4/10 7 °C, spvocht 4/10 92 %
 - Paprika: ruimdatum 16/10, Tbuitmax 25/09 10 °C, spvocht 25/09 93 %
 - Komkommer: ruimdatum 2^e teelt 25/07, startdatum 3^e teelt 25/07, ruimdatum 3^e teelt 27/10
4. Teelt 4 weken eerder eindigen (tomaat, paprika, 2^e teelt komkommer 2 weken korter, 3^e teelt komkommer 2 weken korter)
Aanpassingen:
 - Tomaat: ruimdatum 18/10, Tbuitmax 27/9 7 °C, spvocht 27/9 92 %
 - Paprika: ruimdatum 09/10, Tbuitmax 18/09 10°C, spvocht 18/09 93%
 - Komkommer: ruimdatum 2^e teelt 18/07, startdatum 3^e teelt 18/07, ruimdatum 3^e teelt 20/10

V.2 Latere teeltwisseling

De cases, beschreven in deze paragraaf, worden gekenmerkt door een fase verschuiving van de gehele teelt. Zo wordt de teelt 2, 4 of 6 weken later gestart maar ook zoveel later beëindigd. De teeltwisselingperiode blijft dan ook gelijk in lengte. Voor de komkommer is in alle teelten de start en einddatum aangepast. In onderstaande tabel zijn de data gegeven.

Komkommer

	1 ^e teelt		2 ^e teelt		3 ^e teelt	
	Start	Einde	Start	Einde	Start	Einde
Referentie	12 dec	1 mei	1 mei	1 aug	1 aug	17 nov
+ 2 weken	26 dec	7 mei	7 mei	8 aug	8 aug	1 dec
+ 4 weken	9 jan	15 mei	15 mei	15 aug	15 aug	15 dec
+ 6 weken	23 jan	22 mei	22 mei	22 aug	22 aug	29 dec

De aanpassingen zijn zodanig uitgebreid dat in onderstaande tabellen per gewas de wijzigingen ten op zichte van de standaard zijn weergegeven.

Tomaat

	Waarde	+ 2 weken	+ 4 weken	+ 6 weken
startdatum		24/12	07/01	21/01
ruimdatum		29/11	13/12	27/12
stooktemp	20#####20	24/12	07/01	21/01
	20#####19	08/01	22/01	05/02
	19#####17	08/02	22/02	08/03
dodezone	3	24/12	07/01	21/01
	2	15/02	01/03	15/03
	1	15/04	29/04	13/05
spvocht	87	24/12	07/01	21/01
	92	08/11	22/11	06/12
minbuislow (niet echt noodzakelijk maar bij grote verschuivingen kan het fout gaan)	45	24/12	07/01	21/01
	45####35	29/03	12/04	26/04
minbuislowtijdstip	0	24/12	07/01	21/01
	op-2####on	29/03	12/04	26/04
lglobopen	100	24/11	08/12	22/12
	50	15/01	29/01	12/02
	10	01/03	15/03	29/03
Tbuitmax	10	24/11	08/12	22/12
	8	29/01	12/02	26/02
	7	01/03	15/03	29/03
	5	29/03	12/04	26/04
	-10	15/05	22/05	29/05
	7	08/11	15/11	22/11

Paprika

	Waarde	+ 2 weken	+ 4 weken	+ 6 weken
startdatum		04-12	18/12	01/01
ruimdatum		20-11	04/12	18/12
stooktemp	21#####21	4/12	18/12	01/01
	21#####20	19/12	02/01	16/01
	20#####19	08/01	22/01	05/02
	20#####17	03/02	17/02	03/03
dodezone	4	03/11	17/11	01/12
	2	15/04	29/04	13/05
lichtv	0	04/12	18/12	01/01
	2	15/04	29/04	13/05
spvocht	90	04/12	18/12	01/01
	93	30/10	13/11	27/11
minbuislow	45	04/12	18/12	01/01
	42###30	29/03	12/04	26/04
minbuislowtjdstip	0	04/12	18/12	01/01
	op-2 op+5	15/02	01/03	15/03
lglobopen	1000	04/12	18/12	01/01
	150	29/12	12/01	26/01
	100	29/01	12/02	26/02
	50	29/03	05/04	12/04
	5	29/04	06/05	13/05
Tbuitmax	10	04/12	18/12	01/01
	-10	08/05	15/05	15/05
	5	29/10	05/11	12/11

Komkommer

	Waarde	+ 2 weken	+ 4 weken	+ 6 weken
stooktemp	21####19	26/12	09/01	23/01
	20####19	01/04	01/04	01/04
	19.5####19	15/05	15/05	15/05
	21####19	01/08	01/08	01/08
	20####19	01/09	01/09	01/09
dodezone	3	14/12	09/01	23/01
	2	01/02	01/02	01/02
	1	15/04	15/04	15/04
	0.5	15/05	15/05	15/05
	2	20/09	20/09	20/09
lichtv	1.5	20/12	09/01	23/01
	0	10/05	10/05	10/05
minbuisUPP	40	28/12	11/01	25/01
	30	10/01	15/02	28/02
	0	15/03	15/03	15/03
lglobopen 1 ^e scherm	20	26/12	11/01	01/12
	50	08/02	15/02	25/02
	10#400	01/04	01/04	01/04
	20#400	01/05	01/05	01/05
	10#500	15/05	15/05	15/05
	10#900	01/07	01/07	01/07
Tbuitmax 1 ^e scherm	7	26/12	11/01	01/12
	10	08/02	15/02	25/02
	7	01/04	01/04	01/04
	-10	01/05	01/05	01/05
	8	15/09	15/09	15/09
2 ^e scherm	ja	26/12	11/01	01/12
	nee	08/02	15/02	25/02

V.3 Lagere temperatuur aan het einde van de teelt

In de cases die in deze paragraaf beschreven worden, wordt aan het einde van de teelt (de laatste 3 weken) het setpoint verwarmen met 2 °C verlaagd (dag en nacht).

- Tomaat: stooktemp 01/11 17###15.
- Paprika: stooktemp 16/10 18###15.
- Komkommer: stooktemp 20/10 18###17.