



Jaarrond kasteelt van suikerbieten

Een haalbaarheidsstudie ten behoeve van de biobased economy

Anne Elings¹, Gerie van der Heijden², Johan Sanders³, Lubbert van den Brink⁴ en Frank Kempkes¹

¹ Wageningen UR Glastuinbouw ² PRI Biometris ³ WU Agrotechnologie & Voedingwetenschappen ⁴ PPO Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroente



Referaat

De potentie van suikerbietenteelt in een kas voor de productie van bouwstenen voor de biorenewables industrie is onderzocht in opdracht van Biorenewables Business Platform van AgentschapNL en de Rabobank. Een kasteelt biedt in vergelijking met de buitenteelt meer mogelijkheden voor klimaatoptimalisatie en productiespreiding. Met behulp van rekenmodellen (kas, gewas, kosten-baten) werd een kwantitatief beeld geschetst van scenario's betreffende: grond- en substraatenteelt, verwarming, diffuus kasdek materiaal, CO₂ dosering, in combinatie met raamventilatie of mechanische koeling, belichting, en meerlagenteelt. De variabele kosten voor energie en CO₂ liggen meer dan zeven keer zo hoog dan de financiële opbrengsten. De teelt kan daardoor niet rendabel kan zijn, zeker als de investeringskosten ook worden verdisconteerd. Meerlagenteelt leidt tot een stijging van de productie, maar ook tot een hoger energieverbruik omdat additionele assimilatiebelichting nodig is. Slim gebruik van energiegrids, zeolieten, goedkope CO₂, etcetera zal geen oplossing bieden op het niveau van de kas, maar wellicht wel mogelijkheden bieden op hogere aggregatieniveaus. Productie van bieten in de vollegrond is een alternatief, zeker als de productie goed met de keten richting bioplastics wordt afgestemd. Ook kan jaarrond verwerking worden nagestreeft door de oogst- en verwerkingsperiodes en op te rekken in combinatie met de opslag van diksap.

Abstract

The potential for sugar beet production in greenhouses for the production of building blocks for the biorenewables industry has been assessed for the Biorenewables Business Platform of AgentschapNL and the Rabobank. Greenhouse production offers in comparison with field production more possibilities for climate optimization and product spread. Using computational models (greenhouse, crop, costs-benefits) were used to quantify scenarios on soil and substrate cultivation, heating, diffuse greenhouse cover, CO₂ application in combination with window and mechanical ventilation, lighting, and multiple layers. The variable costs for energy and CO₂ are more than seven times higher than the financial revenues. Therefore, the system can not be profitable, certainly not if investment costs are accounted for. A multiple layer system leads to increased production but also to higher energy use because additional assimilation lighting is required. Smart use of energy grids, zeolites, cheap CO₂, etcetera will not offer a solution at the level of a greenhouse, however, may do so at higher aggregation levels. Field production may offer an alternative, certainly if the production is well integrated across the value chain with the production of bioplastics. Year-round processing can be pursued through stretching the production and processing periods in combination with improved storage of concentrated juice.

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Droevendaalsesteeg 1, 6708 PB Wageningen
: Postbus 644, 6700 AP Wageningen
Tel. : 0317 - 48 60 01
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
	1.1 Achtergrond	7
	1.2 Opzet van de studie	7
	1.3 Dankwoord	8
2	Verkenningen	9
	2.1 Methodiek	9
	2.1.1 Rekenmodellen	9
	2.1.2 Aannames	9
	2.1.3 Kosten	10
	2.1.3.1 Vaste kosten	10
	2.1.3.2 Variabele kosten	11
	2.1.4 Opbrengsten	11
	2.1.5 Klimaatinstellingen	11
	2.1.6 Scenario's	13
	2.2 Resultaten	14
	2.2.1 Buitenteelt suikerbieten	14
	2.2.2 Tomaat ter referentie	15
	2.2.3 Kosten - baten analyse	15
	2.2.3.1 Kosten en baten in een nieuwe kas	15
	2.2.3.2 Kosten en baten in een bestaande kas	18
	2.2.3.3 Verdere verlaging van de kosten, verdere verhoging van de opbrengst	18
	2.2.3.4 Minimale productprijzen	19
	2.2.4 Meerlagenteelt	19
3	Wet- en regelgeving	21
4	Discussie en conclusies	23
5	Referenties	25

Samenvatting

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van, en met financiering van Biorenewables Business Platform van AgentschapNL en de Rabobank. De studie beantwoordt de vraag of de teelt van suikerbieten in een Nederlandse kas een levensvatbare optie is voor de productie van bouwstenen voor de biorenewables industrie. Suikerbiet is buiten een hoogproductief gewas, maar kent een piekproductie in de verwerking van het geoogste product (al kan door goede opslag het verwerkingsproces wel worden gespreid) en staat uiteraard onder invloed van het weer, ziekten en plagen. Een kasteelt biedt meer mogelijkheden om het klimaat te optimaliseren en de productie te spreiden.

Voor de berekening van de jaarlijkse verdiensten is uitgegaan van de maximaal mogelijke opbrengst die theoretisch in de kas bereikt kan worden. Hierbij wordt aangenomen dat er elke dag van het jaar een gewas in de kas staat dat het licht volledig onderschept.

Met behulp van een aantal geavanceerde rekenmodellen (kas, gewas, kosten-baten) werd een kwantitatief beeld geschetst. De doorgerekende scenario's betreffen:

- a. Grond- en substraatteelt.
- b. Verwarming.
- c. Gebruik van diffuus kasdek materiaal.
- d. CO₂ dosering, in combinatie met raamventilatie of mechanische koeling.
- e. Belichting.
- f. Teelt in lagen.
- g. Een bestaande kas, waarbij is aangenomen dat er geen investeringskosten zijn.

Variabele en vaste kosten zijn inzichtelijk gemaakt, er is rekening gehouden met afschrijvingstermijnen en rente, en de netto jaarlijkse verdiensten zijn bepaald.

Kasteelt is energie-intensief. Berekeningen laten zien dat de kosten voor energie en CO₂ in alle scenario's de belangrijkste component van de variabele kosten vormen, en meer dan zeven keer zo hoog liggen als de financiële opbrengsten. Hierbij zijn de financiële opbrengsten reeds hoog ingeschat. Dit leidt er direct al toe dat de teelt niet rendabel kan zijn, zeker als de investeringskosten in een kas ook worden verdisconteerd.

Het toepassen van meerlagenteelt leidt wel tot een stijging van de productie, maar ook tot een hoger energieverbruik omdat additionele assimilatiebelichting nodig is. Het opwekken van deze energie met zonnepanelen kost meer oppervlak dan wordt gebruikt voor de planten.

Ook verdere verlaging van kosten of verhoging van de opbrengst leidt niet tot een renderende teelt. Slim gebruik van energiegrids, zeolieten, goedkope CO₂, etcetera zal daarom geen oplossing bieden op het niveau van de kas, maar wellicht biedt het toch mogelijkheden op hogere aggregatieniveaus.

Productie van bieten in de vollegrond lijkt een aantrekkelijker alternatief, waarbij dan gekeken moet worden naar een volledig afgestemde keten van productie van biet tot en met bioplastics. Ook kan jaarrond verwerking worden nagestreefd door de oogst- en verwerkingsperiodes op te rekken in combinatie met de opslag van diksap.

Op het gebied van wet- en regelgeving worden geen bijzondere omstandigheden voorzien.

De conclusie is dat de teelt van suikerbieten in Nederlandse kassen technisch het uitwerken waard zou zijn, maar dat de kosten van de teelt te hoog zullen liggen om deze te laten renderen. Mogelijkheden doen zich wellicht voor op hogere aggregatieniveaus, en door een betere integratie van de buitenteelt in de verwerkingsketen.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Nederlandse suikerbieten staan in de belangstelling van de biorenewables industrie. Het is een gewas dat goede mogelijkheden biedt voor de productie van building blocks voor bulkchemie, zoals ethyleen en butanol, maar ook om gefunctionaliseerde building blocks zoals itaconzuur en lysine te vergroenen.

Suikerbieten worden traditioneel als akkerbouwgewas buiten geteeld. Het gewas wordt in maart/april gezaaid, en vanaf half september tot begin november geoogst. De gemiddelde drogestofproductie in Nederland is 18 ton ha⁻¹, met 13 ton suiker ha⁻¹. Op basis van versgewicht is het gemiddelde suikergehalte 16-18%. Het gewas is gevoelig voor vorst in het voorjaar en droogte. Het gewas is daarnaast gevoelig voor bodemgebonden ziekten en plagen zoals Rhizomanie, bietecystealtjes en Rhizoctonia, en voor bladziekten zoals Cercospora, Ramularia, meeldauw en bietenvergelingsvirus (overgebracht door luizen). Deze omstandigheden zorgen voor een variabele productie en productkwaliteit. De business case van bio-ethyleen uit suikerbieten wordt negatief beïnvloedt door het kapitaalbeslag op de akkerbouwgronden die een deel van het jaar improductief zijn, en de productiepiek in het najaar die tot gevolg heeft dat ook de verwerkingscapaciteit een groot deel van het jaar improductief is. Een rendabele inzet van suikerbieten in de biorenewables industrie moet dan ook aan de volgende eisen voldoen:

- Een hoge en stabiele jaarrond productiviteit (kg m⁻²)
- Een hoge en stabiele productkwaliteit
- Een stuurbaar productieproces

Een oplossing wordt gezocht in de kasteelt van suikerbieten. Kasteelt van vruchtgroenten en bloemen in Nederland en daarbuiten heeft grote verbeteringen van productiviteit en productkwaliteit mogelijk gemaakt. De teeltomstandigheden kunnen worden gecontroleerd en geoptimaliseerd (bijvoorbeeld ten aanzien van CO₂, licht, temperatuur, watergift, voeding, substraat), en er kan jaarrond geteeld worden. In sommige gevallen wordt in lagen geteeld. Deze principes kunnen ook voor de teelt van suikerbieten in kassen aangenomen worden, en de mogelijkheden van deze teelt kunnen worden verkend. Kasteelt van suikerbieten biedt de volgende mogelijkheden:

- gecontroleerde teeltomstandigheden
- geen schade door bodemgebonden ziekten en plagen
- jaarrond teelt met meerdere 'seizoenen'
- minder areaal
- hogere productie per m² per jaar
- beter stuurbare productkwaliteit
- geen grondtarra in het geoogste product
- in potentie vrije locatiekeuze.

1.2 Opzet van de studie

De studie is gebaseerd op kennis van de plantenfysiologie, van de teelt van gewassen in kassen, van de technische mogelijkheden die een moderne kas biedt, van de kosten van kasteelt, en van de groei en de ontwikkeling van suikerbieten. Er is gebruik gemaakt van geavanceerde rekenmodellen die klimaat- en teeltomstandigheden vertalen naar drogestofproductie. Deze modellen worden regelmatig ingezet om kasteelt in Nederland te optimaliseren. Ze zijn zo goed mogelijk geschikt gemaakt om de drogestofproductie van suikerbieten onder verschillende omstandigheden te berekenen. Er is verder gebruik gemaakt van een model dat de baten en kosten van een kasteelt inzichtelijk maakt. Het project betrof een deskstudie waarbinnen geen metingen of experimenten zijn uitgevoerd.

1.3 Dankwoord

Het project is uitgevoerd in opdracht van, en met financiering van Biorenewables Business Platform van AgentschapNL en de Rabobank. Peter Vermeulen (Wageningen UR Glastuinbouw) gaf waardevolle toelichting op de variabele kosten.

2 Verkenningen

2.1 Methodiek

2.1.1 Rekenmodellen

Om de potentie van suikerbietenteelt in een Nederlands kassysteem te kwantificeren is gebruik gemaakt van drie verschillende rekenhulpmiddelen waarover Wageningen UR Glastuinbouw beschikt.

1. Met het kasmodel KASPRO (de Zwart, 1996) zijn klimaatbestanden gegenereerd, en zijn per teeltsysteem de hoeveelheden benodigd gas, elektriciteit en water berekend. Het KASPRO kasmodel bevat een groot aantal fysische rekenregels die op basis van een beschrijving van de kasconstructie, klimaatinstellingen (bijvoorbeeld een streef temperatuur van 10 °C in de nacht, en van 25 °C overdag) en een representatief buitenklimaat tot een representatief binnenklimaat komt. De beschrijving van het binnenklimaat bestaat uit lichtintensiteit, luchttemperatuur, CO₂ concentratie, en het dampdrukdeficiet (een maat voor luchtvochtigheid), en vindt plaats op uurbasis, wat voldoende is voor het gewasgroeimodel.
2. Met het gewasgroeimodel INTKAM (Elings & de Visser, 2009) is de gewasgroei berekend. Het INTKAM model is geschikt voor een breed palet aan kasgewassen (tomaat, komkommer, paprika, chrysant, gerbera, roos) en dat ten behoeve van deze studie is uitgebreid met rekenroutines die de groei en ontwikkeling van suikerbieten beschrijven (van Evert *et al.* 1986). De fotosyntheseberekeningen van een standaard kasgewas zijn gebruikt, terwijl de ontwikkeling, de organen en de drogestofverdeling naar de organen voor suikerbiet zijn gebruikt. Het model berekent op basis van gewaseigenschappen en het kasklimaat de snelheden van fotosynthese en groei van de verschillende organen. Deze berekeningen worden voor ieder uur uitgevoerd, en resulteren op seizoensbasis in een totale biomassa productie per m² van boven- en ondergrondse delen. De gewichten van de wortels, de biet, de kroon en de bladeren zijn hiervoor samengevoegd.
3. Met een kosten-baten rekenmodel is de winstgevendheid van de teeltsystemen bepaald. Aan de opbrengstkant zijn opbrengsten in kilo's met prijzen gecombineerd, en aan de kostenkant worden investeringen, rentes en afschrijvingen gecombineerd met operationele kosten voor arbeid, elektriciteit, water, gas, gewasbescherming, etcetera. Dit resulteert in een jaarlijkse winstgevendheid en een terugverdientijd.

2.1.2 Aannames

Er wordt uitgegaan van een standaard type Venlo kas, zoals dat in Nederland gebruikelijk is. Een dergelijke kas heeft een nokhoogte van 6 m, een goothoogte van 5 m, en kappen van 4,8 m. Het kasdek materiaal is glas, en het bedrijf bezit de gebruikelijke voorzieningen op het gebied van energie en CO₂-dosering van de kas, toegangswegen, loodsen, kantoren, sanitair, communicatiemiddelen, etc.

De teelt van suikerbieten vindt plaats in de grond of op substraat. Substraatteelt heeft een aantal voordelen: er kan geoogst worden met minder oogstverliezen omdat er weinig afgebroken punten in het substraat achterblijven en er veel minder bieten verloren gaan. Daarnaast hoeven de bieten in geval van substraatteelt niet te worden schoongemaakt. Hier tegenover staan de hogere investeringskosten op het gebied van installaties in de kas.

Buiten vindt er een teelt per jaar plaats, van maart-april tot aan oktober-november. Omdat in de kas de gemiddelde etmaaltemperaturen ook in de winter relatief hoog zijn, zijn er in de kas meerdere teelten per jaar mogelijk. Het is dan natuurlijk wel een vereiste dat de teeltwisseling uitermate snel plaatsvindt omdat er anders tijd verloren gaat. Het preciseren van de optimale plantdata, teeltduren en teeltwijzen is een complex proces dat voor iedere situatie weer anders is en buiten het bereik van deze studie valt. De vraag hoeveel teelten er per jaar plaats kunnen vinden is eigenlijk een afgeleide van de vraag hoe op iedere dag van het jaar de groei gemaximaliseerd kan worden. Wij hebben ons daarom tot doel gesteld om voor iedere dag de maximale groeisnelheid te bepalen, en deze 365 waarden tot een jaartotaal te accumuleren.

Het in de praktijk realiseren van deze maxima beschouwen we als iets dat eventueel later uitgewerkt kan worden. Met het INTKAM rekenmodel is daarvoor op de eerste dag van iedere maand een plantdatum aangenomen en vanaf dat moment de teelt doorgerekend. Er werden zo 12 gewasteelten verkregen, ieder startend aan het begin van een andere maand. Deze gesimuleerde teelten overlaptten elkaar, en als de teelten naast elkaar werden geplaatst, werden voor iedere dag van het jaar 12 groeiselheden verkregen. Hiervan werd steeds de hoogste waarde geselecteerd. In deze berekening wordt dus de maximaal mogelijke opbrengst per jaar vastgesteld, uitgaande van de situatie dat er elke dag van het jaar een gewas aanwezig is dat de grond volledig bedekt met blad en er dus geen licht verloren gaat.

Er wordt aangenomen dat water en voeding (de combinatie ervan wordt in de kasteelt 'fertigatie' genoemd) optimaal worden toegediend. Er worden geen berekeningen uitgevoerd met suboptimale fertigatie omdat de besparingen niet opwegen tegen het opbrengstverlies.

Waar het scenario het verlangde, was het mogelijk om de kas te verwarmen, te koelen of te ontvochtigen, om CO₂ te doseren, en om assimilatiebelichting met behulp van SON-T of LED lampen te geven.

Er werd een plantdichtheid van 8 planten m² aangenomen.

Een teelt in lagen vereist een constructie. Het is realistisch om aan te nemen dat dit mogelijk is - technisch is dit niet ingewikkeld -, al is er in het kader van dit project niet nagedacht over de details van zo'n constructie. Aan de kostenkant is voor iedere laag eenzelfde bedrag aangenomen, uitgaande van een normale constructie voor het installeren van belichting en substraat.

2.1.3 Kosten

2.1.3.1 Vaste kosten

De vaste kosten bestaan uit de investeringen die moeten worden gedaan om de kas en bijbehorende installatie te plaatsen. Afhankelijk van het technische niveau bestaat dit uit de volgende componenten:

- Kasconstructie met standaard glazen kasdek materiaal
- Diffuus kasdek materiaal
- Betonnen paden
- Verwarming
- Koeling
- Schermen (energieschermen om warmteverlies te beperken, lichtschermen om lichtoverlast te voorkomen)
- CO₂ dosering
- Goten, fertigatie en recirculatie
- Belichting
- Computer
- Bijgebouwen

Er is uitgegaan van een kas zoals die in de Nederlandse tuinbouw normaal is. Het is heel goed mogelijk, waarschijnlijk zelf, dat voor de teelt van suikerbieten er een andere infrastructuur moet worden neergelegd. Dit geldt voor de plantmachines, oogstmachines, de opslag, etc. Hier zijn echter geen aannames over gemaakt.

Hierbij worden opgeteld de kosten van afschrijving, rente en onderhoud. De afschrijvingskosten variëren van 7% voor bijvoorbeeld de kasconstructie en de buizen, tot 25% voor bijvoorbeeld het schermstelsel; de rente is gesteld op 4%; en de onderhoudskosten variëren van 0,5% voor bijvoorbeeld de kasconstructie en de buizen, tot 5% voor bijvoorbeeld de schermen en het fertigatiesysteem.

2.1.3.2 Variabele kosten

Het telen van suikerbieten in een kas is tot op zekere hoogte vergelijkbaar met het telen van sla of andijvie, in de zin dat dit ook gewassen zijn die eenmalig worden geoogst en daardoor een lagere arbeidsbehoefte hebben dan een gewas als tomaat, dat een continu onderhoud en een continue oogst kent. Een kasteelt op substraat kent geen onkruiden zodat er geen arbeid in wieden hoeft te worden gestoken. Uiteraard kunnen er wel ziekten en plagen optreden, net als in reguliere kasgewassen. Hiervoor zijn daarom standaard bedragen opgenomen voor arbeid en kosten aan bestrijdingsmiddelen.

Tabel 1. Aannames met betrekking tot de jaarlijkse variabele kosten van de belangrijkste componenten.

kostensoort	eenheid	Kosten (€ per eenheid)	Vergelijkbaar gewas / opmerking	Bron
LP gas	Alle gas is omgezet in kWh*			
elektriciteit	kWh	0.07	-	Vermeulen et al. 2010
CO ₂	kg	0.07	Ocap	Vermeulen et al. 2010
zaailingen	stuks	0.02	paperpots	
arbeid	m ²	3.17	2 seizoenen andijvieteelt	Vermeulen et al. 2010
gewasbescherming	m ²	0.375	Jaarrond tomatenteelt, gehalveerd**	Vermeulen et al. 2010
voeding	m ²	0.06	Jaarrond tomatenteelt	Vermeulen et al. 2010
Kosten van land***	m ²	3	60 € m ² ; 5% rente	Vermeulen et al. 2010

* € 0.30 m³ komt overeen met € 0.034 kWh⁻¹ warmte

** Er is aangenomen dat er de inzet van gewasbescherming de helft bedraagt van een tomatenteelt vanwege de verwachte lagere gevoeligheid voor bladziekten.

*** Grond met een kastuinbouwbestemming kost in het Westland 50-60 € m². (KWIN 2010 hanteert nog een bedrag van 60 € m², maar de prijzen zijn iets dalende). In de gebieden waar glastuinbouw minder succesvol is, is de grondprijs 10-20 € m². Dit betreft bijvoorbeeld Drenthe, Almere en de Koekoekspolder bij Kampen. Grond met een landbouwbestemming kost in Nederland veel minder: 3-6 € m². Tegen 5% rente is dit 0,15-0,3 € m², in het geval de teler de grond in eigendom heeft. Het pachten van deze grond zal 0,1 € m² zijn.

2.1.4 Opbrengsten

De enige opbrengsten worden uit de verkoop van de volledige biomassa van het bietengewas gegenereerd. Hiervoor is een prijs van 0.05 € kg⁻¹ aangenomen. De volledige biomassa wordt voor deze prijs verkocht, dus niet alleen de bieten. In KWIN (Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt) 2012 (PPO-AGV, 2012) wordt een prijs van ongeveer 0.04 € kg⁻¹ aangenomen. De ledenprijs in 2011 was 0.056 € kg⁻¹ (COSUN, 2012).

2.1.5 Klimaatinstellingen

Het KASPRO kasmiddel kent een groot aantal parameters die van een waarde moeten worden voorzien. Deze parameters sturen activiteiten zoals het stoken, koelen en ventileren aan op basis van de wensen van de tuinder. Er is hierbij uitgegaan van een reguliere tomatenteelt omdat de hierbij horende instellingen geoptimaliseerd en gebalanceerd zijn zowel voor wat betreft het gewas als voor wat betreft energieverbruik.

De volgende klimaatinstellingen zijn vervolgens doorgevoerd:

- De vochtregeling is energiezuinig gehouden. In geval van tomaat wordt er bijvoorbeeld ruim voor zonsopkomst ('de nanacht'¹) al gestookt om de temperatuur te verhogen en daarmee condensvorming ('natslaan') op de bladeren, stengels en vruchten te voorkomen. Dit kost uiteraard energie. In het geval van suikerbiet is dit niet gedaan, in de gedachte dat er in de buitenteelt toch veel dauw en regen aanwezig is en het suikerbietengewas een relatief hoge tolerantie heeft voor een vochtige lucht. De vochtregeling is daarom op 95% ingesteld: pas bij een hogere waarde van de relatieve luchtvochtigheid wordt ingegrepen.
- De nachttemperatuur mag tot 10 °C² dalen voordat door middel van verwarming wordt ingegrepen, in plaats van ongeveer 14 °C zoals bij bijvoorbeeld tomaat. In de zomer zal deze nachttemperatuur van 10 °C trouwens niet worden bereikt. Een lage nachttemperatuur is toegestaan omdat dit minder onderhoudsademhaling³ tot gevolg heeft, en daardoor een hogere dagelijkse groei.
- De dagtemperatuur mag tot tussen 13 en 27 °C stijgen voordat wordt ingegrepen door middel van koeling. Deze spreiding is afhankelijk van het tijdstip van het jaar en de hoeveelheid licht buiten (zie volgende punt voor uitleg). In de zomer zal de gemiddelde etmaaltemperatuur hoger komen te liggen dan $(10+27)/2 = 18,5$ °C omdat de nachttemperatuur relatief hoog is en op warme en zonnige dagen de temperatuur verder op mag lopen dan in de winter met weinig licht. In de zomer, als de warmte niet helemaal weggekoeld kan worden zonder excessieve koelcapaciteit en energieverbruik kan de kasluchttemperatuur tot boven de 30 °C oplopen.
- Als de zon gaat schijnen wordt de kas automatisch warmer, ook als er niet wordt gestookt. Dit samen opgaan van licht en warmte is ook nodig om een goede balans te houden tussen de aanmaak van assimilaten (de fotosynthese, onder sterke invloed van licht) en het verbruik van assimilaten (onder sterke invloed van de temperatuur). Om ervoor te zorgen dat tussen zonsopkomst en het middaguur de temperatuur ook is gestegen (van minimaal 10) naar 27 °C, wordt er indien nodig toch gestookt. Heel vaak is dit echter gratis zonnewarmte. Bij iedere 100 W m² toename in het lichtniveau buiten wordt ervoor gezorgd dat de temperatuur 1 °C extra mag stijgen boven 'de stooklijn'. In het geval van bijbelichting (zie hieronder) wordt er iets minder snel gekoeld, zodat de warmte die de lampen afgeven, behouden blijft.
- Bijbelichting wordt maximaal 20 uren per etmaal toegepast. Een continue bijbelichting is niet goed voor het gewas, zo leert de ervaring. Omdat regelgeving erop is gericht om lichtvervuiling tegen te gaan, wordt gebruik gemaakt van zogenaamde lichtschermen, die ook isolerende werking hebben, maar wel licht voor ten minste 96% (huidige regelgeving) binnen houden. In de zomer is het maximale lichtniveau buiten ongeveer 800-900 W m², en binnen ongeveer 550-600 W m². Een deel van het licht gaat namelijk verloren door de absorptie en reflectie door het kasdek materiaal en de kasconstructie. Er wordt begonnen met bijbelichten als het lichtniveau binnen onder 250 W m² zakt. Voor zowel SON-T als LED verlichting wordt een elektrisch vermogen van 200 W m² aangenomen, wat naar huidige standaarden een fors vermogen is (150-160 W m² is meer gebruikelijk). Dit komt in het geval van SON-T verlichting overeen met ongeveer 60 W m² PAR en 60 W m² NIR (photosynthetically active radiation, near infrared radiation). De resterende 80 W m² is convectieve warmte. Vrijwel alle elektrisch ingebrachte warmte moet ook weer worden weggekoeld. In het geval van LED verlichting komt een elektrisch vermogen van 200 W m² overeen met ongeveer 65 W m² PAR. LED verlichting is dan ook iets efficiënter dan SON-T verlichting. Met deze belichtingsniveaus en perioden worden echter zeer grote hoeveelheden elektriciteit gebruikt, ca. 800 kWh m² j⁻¹.
- In de tomatenteelt wordt op jaarbasis 30-40 m³ m² jaar⁻¹ gas (265 -350 kWh m² jaar⁻¹ warmte) gebruikt voor verwarming en 50-65 kg CO₂ m² jaar⁻¹ om het CO₂ niveau in de kas te verhogen. We willen goed gebruik maken van de potentie van CO₂ om opbrengststijging te realiseren, zodat voor suikerbieten een hoog niveau 100 kg CO₂ m² jaar⁻¹ wordt toegestaan, om zo een CO₂-concentratie van 1000-2000 ppm te realiseren, waarbij de fotosynthesesnelheid hoog is (Qian *et al.* 2012).

1 We hebben ter illustratie een aantal termen uit de kasteelt opgenomen.

2 Vernalisatie van suikerbieten treedt op bij temperaturen tussen 3 en 12 °C. Er is dus een kleine kans dat het suikerbietengewas te maken krijgt met een temperatuur tussen 10 en 12 °C. We zijn er in deze studie van uitgegaan dat er rassen worden gebruikt die als gevolg van temperaturen in dit traject geen schieters vormen.

3 Onderhoudsademhaling is het proces in een plant waarbij de organen worden onderhouden, bijvoorbeeld door afgebroken eiwitten te herstellen. Het is een sterk temperatuurafhankelijk proces.

2.1.6 Scenario's

Er zijn een aantal duidelijk verschillende scenario's opgesteld die inzicht verschaffen in de gevolgen van een aantal grote stappen, van een eenvoudige grondteelt in een koude kas naar een substraatteelt in een gesloten kas met optimale voorzieningen.

- Van grond naar substraat. Het startpunt is de grondteelt in een koude kas, dus zonder verwarming. De productie bij grondteelt kan even hoog liggen als bij een substraatteelt. Jaarrond telen van bieten in de grond kan niet zonder de grond te verversen of te ontsmetten. Bij substraatteelt zijn er kosten verbonden aan het substraat zelf, maar de oogstverliezen zijn waarschijnlijk lager. Bovendien zal er bij substraatteelt geen grondtarra meegeogst worden.
- Verwarming op koudere dagen is de eerste technische verbetering die wordt aangenomen.
- De kwaliteit van het licht kan worden verbeterd door kasdek materiaal toe te passen dat direct licht omzet in diffuus licht.
- Ook kan CO₂ dosering worden toegepast. In de zomer moet er met de ramen worden geventileerd, of mechanisch worden gekoeld in het 'gesloten kas' principe. Als er met de ramen wordt geventileerd om warmte kwijt te raken zal er ook CO₂ verloren gaan. In het geval van een gesloten kas móet er trouwens CO₂ worden gedoseerd om de opname door het gewas te compenseren.
- Verdere productiestijging worden gerealiseerd door belichting toe te passen, hetzij met SON-T, hetzij met LED verlichting.
- Teelt in lagen heeft als voordeel dat er op dezelfde m² meters meer productie kan worden gerealiseerd. Het zonlicht wordt door de bovenste teeltlaag geabsorbeerd, zodat de onderliggende teeltlagen van assimilatielicht moeten worden voorzien. Hiervoor wordt 200 W m⁻² elektrisch vermogen en 65 W m⁻² PAR gerekend, wat ten opzichte van het niveau van de zonnestraling relatief laag is. De ingebrachte energie moet worden weggekoeld, voor zover het leidt tot te hoge temperaturen, wat ook energie kost (er is dus zeker sprake van inefficiëntie).

Tabel 2. Doorgerekende scenario's voor suikerbietenteelt in een kas.

#	Grond / substraat	Verwarming	Diffuus kasdek	Jaarrond CO ₂ (max 2000 ppm)		Belichting (max 200 W m ² elektrisch)		Teelt in lagen
				raamventilatie in zomer	gesloten kas	SON-T	LED	
1	G	'koude kas'						
2	G	X						
3	S	X						
4	S	X	X					
5	S	X	X	X				
6	S	X	X	X		X		
7	S	X	X	X			X	
8	S	X	X		X			
9	S	X	X		X	X		
10	S	X	X		X		X	
11	S	X	X		X		X	X

2.2 Resultaten

2.2.1 Buitenteelt suikerbieten

Tabel 3. Kosten-baten analyse voor een buitenteelt van suikerbieten.

Onderdeel	Financiële waarde (€ ha ⁻¹ jaar ⁻¹)	Totale financiële waarde (€ ha ⁻¹ jaar ⁻¹)
Opbrengsten		
Wortelopbrengst vers (83,1 ton à € 39,95)	3320	3320
Kosten		
Zaaizaad	254	
Bemesting	244	
Gewasbeschermingsmiddelen	206	
Brandstof	102	
Rente over zaaizaad, bemesting, gewasbescherming	16	
N-mineraalmonsterkosten	17	
Productschapsheffing	11	
Loonwerk zaaien	75	
Loonwerk rooien	330	
Totale toegerekende kosten		1255
17 uur gezinsarbeid à € 25,57		435
Pacht van de grond*		871 Range: 700 tot 1041
Mechanisatie (afschrijving, onderhoud, renteverlies)**		500 Range: 300 tot 700
Totale kosten		3061 Range: 2690 tot 3431
Netto opbrengst		260 Range: -111 tot +630

* hangt af van de historie van het pachtcontract

** hangt af van bedrijfsgrootte, aanschaffingsbeleid van machines, etc.

In de Tabel 3 wordt een geschatte kosten-batenanalyse van de buitenteelt van suikerbieten in Nederland gegeven. De waarden zijn gebaseerd op de situatie in de IJsselmeerpolders, waar de opbrengsten voor Nederland het hoogst zijn. De gemiddelde opbrengst over de laatste 5 jaar is 83,1 ton versgewicht aan netto bieten ha⁻¹ (exclusief blad en koptarra) bij een financiële opbrengst van € 39,95 ton⁻¹. Bij een 22% drogestof is dit 18,3 ton drooggewicht ha⁻¹. De bruto financiële opbrengst is daarmee €3320 ha⁻¹, en afhankelijk van de kosten voor de pacht van de grond en voor de mechanisatie varieert de netto opbrengst tussen een verlies van € 111 ha⁻¹, of een winst van € 630 ha⁻¹. De gemiddelde netto opbrengst is € 260 ha⁻¹. Bovenstaande berekeningen zijn gebaseerd op de Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegroondsgroenteteelt 2012 (PPO-AGV, 2012) en op aannames voor pacht en mechanisatiekosten .

De totale versopbrengst, dus inclusief kop en bladeren, over de laatste jaren is ongeveer 114 ton ha⁻¹ (11,4 kg m²), en de totale droogopbrengst is ongeveer 22 ton ha⁻¹ (2,2 kg m²) (Corre & Langeveld, 2008).

2.2.2 Tomaat ter referentie

Het meest productieve kasgewas in Nederland is tomaat, met een versproductie van vruchten van 64 kg m² jaar⁻¹ (de Gelder *et al.* 2012a; Vermeulen, 2010). Ook de meest recente experimenten op het gebied van “Het Nieuwe Telen” geven een totale productie van 65 kg m² jaar⁻¹ (de Gelder *et al.* 2012b). Hier wordt echter zuinig, maar wel effectief, CO₂ toegepast. Bij een drogestofgehalte van 5.5% komt dit overeen met een drooggewicht van ongeveer 3,5 kg m² jaar⁻¹. Tomaat heeft een harvest index van 70%, zodat de totale bovengrondse drogestofproductie 5 kg m² jaar⁻¹ bedraagt. Er gaat nog 10% drogestof in de ondergrondse wortels, zodat de totale drogestofproductie zo'n 5,6 kg m² jaar⁻¹ is.

Vaak wordt aangenomen dat een gesloten kas tot zeer hoge opbrengsten kan leiden. Dit is in theorie waar, omdat het CO₂ niveau erg bepalend is voor de groeisnelheid van het gewas. Een jaarrond gesloten kas zou ook in de zomer hoge CO₂ niveaus mogelijk maken, maar wel ten koste van een zeer hoog energieverbruik voor koeling. Om deze reden is een jaarrond gesloten kas in Nederland slechts twee maal gerealiseerd in een tomatenteelt. Experimenten zijn verslagen in Dieleman *et al.* 2012; een gesloten kas bleek 16% meer op te brengen dan een open kas (na correctie voor de gevolgen van botrytisinfectie). Omdat de uitgangssituatie niet helder is, en deze stijging niet jaarrond kan worden toegepast, zal een stijging op jaarbasis lager zijn. In Zuid-Frankrijk is in de zomermaanden een experiment gedaan met hogere CO₂ niveaus om betere koelapparatuur te evalueren; men registreerde toen 34% productiestijging (Grisey *et al.* 2011). De resultaten zijn over het geheel genomen bijzonder wisselend, ook omdat men het gewas niet optimaal door de zomer kan brengen wat ten koste gaat van potentiële productie. Om deze reden is een volledig gesloten kas ook niet als scenario in deze studie behandeld.

Om toch een indruk te krijgen van een theoretisch maximum kan worden uitgegaan van de maximale maandproductie die in Nederland in het geval van tomaat wordt bereikt. Dit is 8,5 - 9,0 kg m² 4 weken⁻¹ (Vermeulen *et al.* 2010). Dit is gelijk aan 110,5 - 117 (zeg 115) kg vruchten vers m² jaar⁻¹ op jaarbasis als de hierbij horende gunstige groeiomstandigheden het hele jaar gehandhaafd zouden kunnen worden. 115 kg m² jaar⁻¹ versgewicht komt overeen met 6,3 kg m² jaar⁻¹ drooggewicht aan vruchten, met 9 kg m² jaar⁻¹ drooggewicht bovengronds en met 10 kg m² jaar⁻¹ totaal drooggewicht.

2.2.3 Kosten - baten analyse

Er wordt onderscheid gemaakt tussen de situatie waarin een nieuwe kas wordt gebouwd en waarin dus de investerings- en rentelasten in de balansrekening moeten worden meegenomen, en de situatie waarin met een bestaande kas die volledig is afgeschreven wordt gewerkt.

2.2.3.1 Kosten en baten in een nieuwe kas

Productie

Op basis van gesimuleerde teelten waarbij er elke dag van het jaar een gewas aanwezig is dat de grond volledig bedekt met blad en er dus geen licht verloren gaat kan berekend worden dat de productie in de grond in een koude kas 24 kg m² jaar⁻¹ bedraagt (scenario 1). Verwarming verandert daar niet veel aan (scenario 2). De temperatuur in de winter is weliswaar iets hoger, maar doordat de hoeveelheid beschikbaar licht in de winter niet hoger is, neemt de groei niet noemenswaardig toe. De toename die plaatsvindt, wordt in negatieve zin gecompenseerd door de ook toenemende onderhoudsademhaling van het gewas. De overgang naar substraatteelt, zodat er minder oogstverliezen zijn, doet de productie stijgen tot 26 kg m² jaar⁻¹ (scenario 3). Het toepassen van folie dat direct licht omzet in diffuus licht doet de opbrengst toenemen tot 28 kg m² jaar⁻¹ (scenario 4). Deze 5-10% productiestijging komt overeen met recente experimenten. Als vervolgens CO₂ wordt toegediend, stijgt de productie verder tot 33 kg m² jaar⁻¹ (scenario 5). Deze productiestijging is beperkt omdat de CO₂ dosering alleen in de winter als de ramen dicht staan tot hogere CO₂ concentraties leidt. In de zomer gaat eventueel toegediende CO₂ door de openstaande ramen (vanwege de noodzakelijke koeling) snel naar buiten verloren. Bovendien heeft een verhoogde CO₂ concentratie in de winter alleen een sterke invloed als ook het stralingsniveau hoog is. Dit is

zichtbaar in scenario's 6 en 7. De productie in scenario 7 is hoger dan in scenario 6 omdat bij hetzelfde vermogen LEDs efficiënter zijn dan SON-T lampen. In geval van scenario's 8, 9 en 10 wordt de kas zo lang mogelijk gesloten gehouden, wat resulteert in een langere periode van hoge CO₂ niveaus en dus hogere producties. Vergelijk bijvoorbeeld scenario 5 (32.7 kg m² jaar⁻¹) met scenario 8 (39.6 kg m² jaar⁻¹).

De maximale versproductie is 70.6 kg m² jaar⁻¹, wat overeenkomt met een drogestofproductie van 13.6 kg m² jaar⁻¹. Dit is hoger dan de 10 kg m² jaar⁻¹ die in paragraaf 2.2.2. werd berekend.

Tabel 4. Kosten-baten analyse voor diverse scenario's binnenteelt van suikerbieten, bij gebruik van een nieuwe kas.

		Scenario										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
OPBRENGST												
Versproductie*	kg m ² jaar ⁻¹	24.4	24.4	25.7	28.2	32.7	61.8	62.2	39.6	70.1	70.6	211.7
Drogestofproductie	kg m ² jaar ⁻¹	4.7	4.7	5.0	5.4	6.3	11.9	12.0	7.6	13.5	13.6	40.9
inkomsten	€ m ² jaar ⁻¹	1.22	1.22	1.28	1.41	1.63	3.09	3.11	1.98	3.50	3.53	10.58
VARIABLE KOSTEN												
Verwarming	€ m ² jaar ⁻¹	0	6	6	6	6	0	0	8	0	1	1
Koeling	€ m ² jaar ⁻¹	0	0	0	0	0	0	0	11	22	26	104
CO ₂	€ m ² jaar ⁻¹	0	0	0	0	7	12	12	2	3	3	3
Licht	€ m ² jaar ⁻¹	0	0	0	0	0	60	65	0	60	65	260
Totaal energie & CO ₂	€ m ² jaar ⁻¹	0	6	6	6	12	72	77	20	86	95	368
Arbeid	€ m ² jaar ⁻¹	3	3	3	4	4	8	8	5	9	9	28
Water, nutriënten (& recirculatie)	€ m ² jaar ⁻¹	2	2	2	3	2	4	4	2	3	3	7
Andere (chemicalien, substraat, etc.)	€ m ² jaar ⁻¹	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	6
Totaal variabele kosten	€ m ² jaar ⁻¹	9	15	17	17	24	88	94	33	103	112	432
INVESTERINGS-KOSTEN	€ m ² jaar ⁻¹											
investeringen	€ m ²	89	107	122	138	139	264	227	249	373	337	600
Kasconstructie en -dek	€ m ² jaar ⁻¹	4	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6
Verwarming	€ m ² jaar ⁻¹	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Koeling	€ m ² jaar ⁻¹	0	0	0	0	0	0	0	14	14	14	14
CO ₂	€ m ² jaar ⁻¹	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Licht	€ m ² jaar ⁻¹	0	0	0	0	0	23	16	0	23	16	64
Totaal verwarming, CO ₂ , schermen, klimaatcontrole, etc.	€ m ² jaar ⁻¹	1	4	4	4	5	31	23	19	45	38	86
transport, verwerking liften, opslag etc.	€ m ² jaar ⁻¹	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	11
totale installatiekosten (incl. afschrijving, onderhoud, rente)	€ m ² jaar ⁻¹	11	13	15	17	17	44	36	32	58	51	103
TOTALE KOSTEN	€ m ² jaar ⁻¹	20	29	32	35	42	132	130	64	161	163	535
NETTO INKOMEN	€ m ² jaar ⁻¹	-19	-28	-31	-33	-40	-129	-127	-63	-157	-159	-524
TERUGVERDIEN-TIJD	jaar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*De versproductie is berekend op basis van de aanname dat er elke dag van het jaar een bietengewas in de kas staat dat de grond volledig met blad bedekt.

Inkomsten

Bij een prijs van 0.05 Euro per kilo versgewicht zijn de inkomsten laag, variërend van 1,22 € m² jaar⁻¹ bij grondteelt in een koude kas (scenario 1) tot 3,53 € m² jaar⁻¹ in een semi-gesloten kas met CO₂ dosering en LED verlichting (scenario 10). In het geval van een meerlagenteelt bedragen de inkomsten 10,58 € m² jaar⁻¹.

Variabele kosten

De belangrijkste component van de variabele kosten is die van het energieverbruik. Deze stijgt sterk bij een technologisch meer geavanceerde kas tot 95 € m² jaar⁻¹ in een semi-gesloten kas met CO₂ dosering en LED verlichting (scenario 10). De energiekosten zijn in alle situaties meer dan zeven keer zo hoog als de inkomsten, waarmee het systeem direct al niet rendabel wordt. De kosten van water, nutriënten, chemicaliën, etc. vallen hierbij in het niet. Ook arbeid is een relatief kleine component ten opzichte van energieverbruik voor verlichting en mechanische koeling (scenarios 6-10).

Vaste kosten

De investeringen in een kas zijn hoog. Een koude kas kost 89 € m² (scenario 1), en een semi-gesloten kas met verlichting kost 337-373 € m² (scenario's 9 en 10). De belangrijkste componenten van de vaste kosten zijn de de kasconstructie (alle scenario's), het koelsysteem (scenario's 8-10), de bijgebouwen (alle scenario's), en de assimilatiebelichting (scenario's 6, 7, 9, en 10). Rekening houdend met afschrijving, onderhoud en rente resulteren de investeringskosten in jaarlijkse kosten die variëren van 11 tot 58 € m². In het geval van een meerlagenteelt is dit 103 € m² jaar⁻¹.

Netto inkomsten

De jaarlijkse netto inkomsten zijn in alle gevallen negatief: er wordt verlies geleden.

Terugverdiëntijd

Omdat in alle gevallen de jaarlijkse netto inkomsten negatief zijn, kunnen de vaste en variabele kosten niet worden terugverdiend.

2.2.3.2 Kosten en baten in een bestaande kas

Tabel 5. Kosten-baten analyse voor diverse scenario's binnenteelt van suikerbieten, bij gebruik van een bestaande kas.

		Scenario										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
OPBRENGST												
Versproductie*	kg m ² jaar ⁻¹	24.4	24.4	25.7	28.2	32.7	61.8	62.2	39.6	70.1	70.6	211.7
Drogestofproductie	kg m ² jaar ⁻¹	4.7	4.7	5.0	5.4	6.3	11.9	12.0	7.6	13.5	13.6	40.9
inkomsten	€ m ² jaar ⁻¹	1.22	1.22	1.28	1.41	1.63	3.09	3.11	1.98	3.50	3.53	10.58
VARIABLE KOSTEN												
Verwarming	€ m ² jaar ⁻¹	0	6	6	6	6	0	0	8	0	1	1
Koeling	€ m ² jaar ⁻¹	0	0	0	0	0	0	0	11	22	26	104
CO ₂	€ m ² jaar ⁻¹	0	0	0	0	7	12	12	2	3	3	3
Licht	€ m ² jaar ⁻¹	0	0	0	0	0	60	65	0	60	65	260
Totaal energie & CO ₂	€ m ² jaar ⁻¹	0	6	6	6	12	72	77	20	86	95	368
Arbeid	€ m ² jaar ⁻¹	3	3	3	4	4	8	8	5	9	9	28
Water, nutriënten (& recirculatie)	€ m ² jaar ⁻¹	2	2	2	3	2	4	4	2	3	3	7
Andere (chemicalien, substraat, etc.)	€ m ² jaar ⁻¹	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	6
Totaal variabele kosten	€ m ² jaar ⁻¹	9	16	17	17	24	88	94	33	103	112	432
INVESTERINGS-KOSTEN												
investeringen	€ m ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
totale installatiekosten (incl. afschrijving, onderhoud, rente)	€ m ² jaar ⁻¹	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
TOTALE KOSTEN	€ m ² jaar ⁻¹	9	16	17	17	24	88	94	33	103	112	437
NETTO INKOMEN	€ m ² jaar ⁻¹	-8	-14	-16	-16	-22	-85	-91	-31	-99	-108	-427
TERUGVERDIEN-TIJD	year	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2.2.3.3 Verdere verlaging van de kosten, verdere verhoging van de opbrengst

Er zijn een aantal mogelijke kostenreducties of opbrengststrijgingen geëvalueerd. Omdat geen van de opties tot een positief netto inkomen leidde, zijn hieronder slechts deze netto inkomens gepresenteerd. De scenario's betroffen:

- Halvering van de energiekosten (elektriciteit, gas)
- Geen energiekosten
- Halvering van de CO₂ prijs
- Halvering van de hoeveelheid arbeid
- Halvering van de huurprijs van het land
- Een 25% hogere bietenprijs (bijvoorbeeld omdat er buiten het reguliere seizoen kan worden geleverd), of een 25% hogere productie, bijvoorbeeld als gevolg van veredeling dat het buitengewas geschikter maakt voor binnenteelt.
- Productie van het eiwit cyanophycine, met een waarde van 78 € ton⁻¹ bieten.

Ook in geval van gebruik van een reeds bestaande kas, zonder energiekosten, blijven de netto opbrengsten negatief.

Schone bieten leveren betere mogelijkheden dan bieten met aarde om mineralen terug te winnen. Een kosten-baten analyse hiervan valt buiten deze studie.

Tabel 6. Netto inkomen van suikerbietenteelt in geval van verdere kostenreductie of opbrengstverbetering.

	Scenario										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Standaard	-19	-28	-31	-33	-40	-129	-127	-63	-157	-159	-524
Halvering energiekosten	-19	-25	-28	-30	-37	-99	-95	-53	-116	-113	-342
Geen energiekosten	-19	-21	-25	-27	-34	-69	-62	-44	-75	-67	-160
Halvering CO ₂ prijs	-19	-28	-31	-33	-37	-123	-121	-62	-156	-157	-523
25% hogere bietenprijs	-19	-27	-31	-33	-40	-128	-126	-62	-156	-158	-522
Halvering arbeid	-17	-26	-29	-31	-38	-125	-123	-60	-153	-158	-511
Halvering huur land	-18	-26	-30	-32	-39	-127	-126	-61	-156	-158	-523
cyanophycine	-18	-27	-30	-32	-39	-127	-126	-61	-155	-157	-518

2.2.3.4 Minimale productprijzen

Uitgaande van een terugverdientijd van 7 jaar is uitgerekend wat de minimale productprijs moet zijn (zie onderstaande tabel). Afhankelijk van het technologisch niveau bedraagt dit 1-2,7 € kg⁻¹, wat aanzienlijk meer is dan de prijs voor suikerbieten (0.05 € kg⁻¹).

Het niveau van 1-2 € kg⁻¹ is belangrijk in het kader van een eventuele biorenewable bestemming: er moet een flinke toegevoegde waarde worden gecreeerd.

Deze verhoging kan trouwens ook gezien worden als een noodzakelijke verhoging in het productieniveau om de teelt renderend te maken.

Tabel 7. Minimale productprijzen om de investeringen in 7 jaar terug te verdienen.

		Scenario										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
productprijs	€ kg ⁻¹	1,05	1,26	1,69	1,66	1,53	1,67	1,98	1,91	1,80	1,86	2,71

2.2.4 Meerlagenteelt

Er wordt vaak verondersteld dat meerlagenteelt, door het efficiëntere gebruik van het grondoppervlak, tot een meer rendabele teelt kan leiden. Dit is doorgerekend door scenario 10 uit te breiden. Er zijn vier teeltlagen verondersteld, waarvan de onderste drie geen zonlicht ontvangen (dat is immers geabsorbeerde door de bovenste laag), en 200 W m⁻² elektrisch vermogen door middel van LED verlichting,, wat neerkomt op 65 W m⁻² diffuus PAR licht, ontvangen. Ten eerste kost dit bijzonder veel investeringen en energie, wat niet opweegt tegen de marginale groei van de onderste lagen als gevolg van het relatief lage lichtniveau.

De conclusie is dat meerlagenteelt geen optie is.

3 Wet- en regelgeving

De teelt van suikerbieten in een Nederlandse kas zal aan de gebruikelijke wet- en regelgeving moeten voldoen, waarbij we geen speciale omstandigheden voorzien. Zonder uitputtend te zijn, zal wet- en regelgeving op de volgende gebieden relevant zijn:

- Gemeentelijke, provinciale en landelijke bestemmingsplannen.
- Lichtvervuiling. Er wordt een maximum gesteld aan het aantal uren dat een kas licht mag afgeven. Als langer belichten nodig wordt geacht, worden lichtschermen gebruikt die het licht voor ten minste 96% afschermen.
- Arbeid. Uiteraard moet er op een legale manier arbeid worden ingehuurd.
- Het transport van de suikerbieten naar de verwerkingsfabriek zal moeten plaatsvinden volgens de regels die momenteel ook voor de buitenteelt gelden.
- GMO's. Mocht er ooit worden overwogen om GMO suikerbieten in kassen te telen, dan gelden de hier heersende strenge regels (vaak op EU-niveau). Er kan hoogstwaarschijnlijk niet worden geargumenteed dat de teelt van de suikerbieten in een afgesloten ruimte plaatsvindt, want de kas is niet gesloten, zelf niet een 'gesloten kas'.
- De EU Kaderrichtlijn water is op komst, die strengere eisen stelt op het gebied van waterkwaliteit. Dit is met name relevant voor waterlozing vanuit de kas.

4 Discussie en conclusies

De vraag moest worden beantwoord of de teelt van suikerbieten in een Nederlandse kas een levensvatbare optie is voor de productie van bouwstenen voor de biorenewables industrie. Suikerbiet is buiten een hoogproductief gewas, maar kent een piekproductie (al kan door goede opslag het verwerkingsproces wel worden gespreid) en staat uiteraard onder invloed van het weer, en ziekten en plagen. Een kasteelt biedt meer mogelijkheden om het klimaat te optimaliseren en de productie te spreiden.

Kasteelt is energie-intensief. Berekeningen laten zien dat de kosten voor energie en CO₂ in alle scenario's de belangrijkste component van de variabele kosten vormen, en meer dan zeven keer zo hoog liggen als de financiële opbrengsten (Tabel 4.). Hierbij zijn de financiële opbrengsten reeds hoog ingeschat (berekend op basis van gesimuleerde teelten waarbij er elke dag van het jaar een gewas aanwezig is dat de grond volledig bedekt met blad). Dit leidt er direct al toe dat de teelt niet rendabel kan zijn, zeker als de investeringskosten in een kas ook worden verdisconteerd.

Teeltintensivering door middel van het toepassen van meerlagenteelt leidt wel tot een stijging van de productie, maar ook tot een nog hoger energieverbruik omdat additionele assimilatiebelichting nodig is voor de onderliggende lagen waar geen zonlicht beschikbaar is. Op jaarbasis bereikt in Nederland tussen de 900 en 1100 kWh m² zonne-energie de bodem. Het kost 1500 tot 1800 kWh m² aan elektriciteit om met lampen dezelfde hoeveelheid voor het gewas bruikbaar groeilicht te maken. Om bij een meerlaagse teelt in de "donkere" lagen evenveel groei te bereiken als in de bovenste, dan moet daar per laag dus meer dan 1000 kWh m² aan elektriciteit ingestopt worden. Voor een vierlagenteelt (waarvan de bovenste met zonlicht) leidt dit dus tot meer dan 3000 kWh m² aan benodigde elektriciteit.

Zonnepanelen kunnen deze elektriciteit op zich leveren, alleen is er veel meer oppervlak aan zonnepanelen nodig dan er aan gewas staat. De jaarlijkse hoeveelheid van 900 en 1100 kWh m² zonne-energie kan met zonnepanelen in ongeveer 130 kWh m² elektriciteit worden omgezet. Om voor drie 'donkere' lagen minimaal 3000 kWh m² aan elektriciteit op te wekken is dus $3000/130 = 23$ m² zonnepaneel per m² kas nodig. Daarnaast zal er nog een behoorlijke hoeveelheid elektriciteit benodigd zijn voor de koelapparatuur omdat vrijwel alle energie die er elektrisch wordt ingebracht als warmte vrijkomt, wat neerkomt op minimaal 5 m² extra zonnepaneel per m² kas. In totaal is er voor een vierlagenteelt minimaal 28 m² zonnepaneel nodig per m² kasoppervlak.

Ook verdere verlaging van kosten of verhoging van de opbrengst (Tabel 6.), leidt niet tot een renderende teelt. Slim gebruik van energiegrids, zeolieten, goedkope CO₂, etcetera zal daarom geen oplossing bieden op het niveau van de kas, maar wellicht biedt het toch mogelijkheden op hogere aggregatieniveaus.

In een kas wordt veel latente warmte geproduceerd doordat water onder invloed van zonlicht in de dampfase wordt gebracht. Als het kasklimaat te vochtig of te warm wordt, worden de waterdamp en de latente energie door ventilatie afgevoerd. Door middel van het binden van de waterdamp aan een zeolietkolom kan deze latente warmte teruggewonnen worden, en de hogere temperatuur is wellicht te benutten om ethanol te destilleren. De kaslucht moet daarvoor over een kolom worden geleid die buiten de kas staat opgesteld, bijvoorbeeld in het alcoholfabriekje dat in de buurt operationeel is. De kosten kunnen verder omlaag worden gebracht indien we het systeem uitbreiden. Een ethanolproces kan bijvoorbeeld gekoppeld worden aan de kas, zodat de CO₂ uit het alcoholproces direct in de kas gebruikt kan worden. Bovendien kunnen we de warmte die nodig is voor destillatie betrekken uit een WKK en de restwarmte uit de destillatie gebruiken om de kas te verwarmen.

Productie van bieten in de vollegrond lijkt een aantrekkelijker alternatief, waarbij dan gekeken moet worden naar een volledig afgestemde keten van productie van biet tot en met bioplastics. Zo zou onderzocht kunnen worden hoe bijvoorbeeld warmte en CO₂ geproduceerd in het ene proces gebruikt kunnen worden in andere stappen, hoe reststromen verwaard of geminimaliseerd kunnen worden, hoe de productie zo goed mogelijk over het jaar gespreid kan worden, en hoe transportkosten geminimaliseerd kunnen worden. Goed en relatief goedkoop areaal is er in principe voldoende voorhanden in Nederland. Ook kan er gebruikt gemaakt worden van de kracht van de Nederlandse infrastructuur, en het hoge mechanisering- en kennisniveau.

Om jaarrond bieten te kunnen verwerken zal gezocht moeten worden naar alternatieven. In de huidige situatie in Nederland worden de bieten verwerkt in de periode van ca. half september tot in januari. Deze periode zou uitgebreid kunnen worden door vroeger te beginnen met de oogst, bijvoorbeeld vanaf half augustus, en langer door te gaan met de verwerking, bijvoorbeeld tot in maart. Een vroegere oogst geeft wel een lagere opbrengst en voor verwerking in de periode januari tot in maart zullen de bieten langer bewaard moeten worden wat gepaard zal gaan met bewaarverliezen, maar in principe is het mogelijk om suikerbieten te verwerken van half augustus tot ca. eind maart. Voor de periode eind maart tot half augustus zou diksap, een tussenproduct dat ontstaat in de verwerking, bewaard kunnen worden. Mogelijk is dit alternatief sneller rendabel dan de teelt van bieten in de kas.

De conclusie is dat de teelt van suikerbieten in Nederlandse kassen technisch het uitwerken waard zou zijn, maar dat de kosten van de teelt te hoog zullen liggen om deze te laten renderen. Mogelijkheden doen zich wellicht voor op hogere aggregatieniveaus, en door een betere integratie van de buitenteelt in de verwerkingsketen.

5 Referenties

- Bos, H., K. Meesters, S. Conijn, W. Corré & M. Patel, 2010.
Sustainability aspects of biobased applications. Comparison of different crops and products from the sugar platform. Wageningen UR Food & Biobased Research, Report 1166.
- Corré, W.J. & J.W.A. Langeveld, 2008.
Energie- en broeikasgasbalans voor enkele opties van energieproductie uit suikerbiet en bietenblad. Wageningen UR, Plant Research International, Rapport 197.
- Cosun, 2012.
Samenvatting Jaarverslag 2011. Cosun-magazine april 2012.
- Dieleman, A., A. de Gelder, J. Janse, B. Eveleens, P. Lagas, A. Elings, T. Qian, J. Steenhuizen & R. Biemans, 2012.
Temperatuurstrategieën in geconditioneerde kassen. Effecten op groei, ontwikkeling en onderliggende processen bij tomaat. Wageningen UR Glastuinbouw, rapport GTB-1123.
- Elings, A. and de Visser, P.H.B. 2009.
Modelling fruit dynamics in greenhouse vegetable crops. Acta Hort. 893: 757-764.
- Evert, F. van, S. Nonhebel & W. Smeets, 1986.
Een systeemanalytische benadering van de concurrentie tussen suikerbiet en melganzevoet. Verslag studentenonderzoek Landbouwhogeschool Wageningen.
- Gelder, A. de, J.A. Dieleman, G.P.A. Bot & L.F.M. Marcelis, 2012a.
An overview of climate and crop yield in closed greenhouses. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 87: 193-202.
- Gelder, A. de, M. Warmenhoven, W. Kromdijk, E. Meinen, F. de Zwart, H. Stolker & M. Grootsholten, 2012b.
Gelimiteerd CO₂ en Het Nieuwe Telen Tomaat. Wageningen UR Glastuinbouw, Rapport GTB-1159.
- Grisey, A., D. Grasselly, L. Rosso, F. D'Amaral & S. Melamedoff, 2011.
Using heat exchangers to control and heat a closed tomato greenhouse: application in the south of France. Acta Horticulturae 893: 405-412.
- PPO-AGV, 2012.
Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt. PPO Publicatienr. 486.
- Qian, T., A. Elings, J.A. Dieleman, G. Gort & L.F.M. Marcelis, 2012.
Estimation of photosynthesis parameters for a modified Farquhar-von Caemmerer-Berry model using the simultaneous estimation method and the nonlinear mixed effects model. Environmental and Experimental Botany 82: 66-73.
- Sanders, J.P.M., D.A. van der Hoeven & C. van Dijk, 2008.
Voorwaartse integratie in de akkerbouw. InnovatieNetwerk, Rapport 082175.
- Vermeulen, P.C.M. (red.), 2010.
Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw. Kengetallen voor Groenten - Snijbloemen - Potplanten Teelten. Wageningen UR Glastuinbouw, Rapport GTB-1037.
- Zwart, H.F. de, 1996.
Analyzing energy-saving options in greenhouse cultivation using a simulation model. IMAG-DLO rapport 96-05.

