CO_2-voorziening glastuinbouw 2008-2020

Vooruitblik bij toepassing 20% duurzame energie



LEI
WAGENINGEN UR

CO_2-voorziening glastuinbouw 2008-2020

Vooruitblik bij toepassing 20% duurzame energie

P.X. Smit

LEI-nota 10-034
April 2010
Projectcode 4090900
LEI, onderdeel van Wageningen UR, Den Haag

Het LEI kent de volgende onderzoeksvelden:



Sector & Ondernemerschap



Regionale Economie & Ruimtegebruik



Markt & Ketens



Internationaal Beleid



Natuurlijke Hulpbronnen



Consument & Gedrag

CO_2-voorziening glastuinbouw 2008-2020; Vooruitblik bij toepassing 20% duurzame energie
P.X. Smit
LEI-nota 10-034
34 p., fig., tab., bijl.

Project BO-03-006-904-LEI2, 'CO_2-voorziening glastuinbouw 2008-2020'

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van het LNV-programma Beleidsondersteunend Onderzoek; Thema: energie in beschermde teelten, cluster: Economisch perspectiefvolle agroketens.





Foto's : P.X. Smit

© LEI, onderdeel van stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2010
Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

Het LEI is ISO 9000 gecertificeerd.

Inhoud

	Woord vooraf	**6**
	Samenvatting	**7**
1	**Inleiding**	**8**
2	**CO_2 in de glastuinbouw**	**12**
3	**Vooruitblik CO_2-vraag**	**16**
4	**Vooruitblik CO_2-voorziening 2020**	**21**
5	**Discussie**	**26**
6	**Conclusie**	**30**
	Literatuurlijst en websites	**32**
	Bijlagen	
	1 Energiebalans glastuinbouw 2008	33
	2 Duurzame energie: 2008 en vooruitblikken	34

Woord vooraf

De Nederlandse glastuinbouw is een energie-intensieve sector met een grote variëteit aan producten en bedrijven. Gedreven door de maatschappelijk discussie over energiegebruik en bedrijfseconomische aspecten werkt de sector aan een efficiënte inzet van energie. De overheid is met de glastuinbouwsector in dialoog. Dit heeft geleid tot het convenant 'Schone en zuinige Agro-sectoren' en het programma 'Kas als Energiebron'.

De Nederlandse glastuinbouw en de overheid zijn in het convenant overeengekomen om 20% van het netto totaal energiegebruik in 2020 in te vullen met duurzame energie. Dit lijkt een aanzienlijke opgave, aangezien het aandeel duurzame energie in 2008 1,2% was.

Voor de groei van planten in kassen is CO_2 een essentiële factor. Wordt de bij de groei opgenomen CO_2 niet aangevuld, dan stagneert de groei. Glastuinbouwbedrijven brengen daarom CO_2 de kas in. Dit vindt in Nederland in de praktijk hoofdzakelijk plaats door de schone rookgassen van aardgas dat voor de energievoorziening wordt verstookt te doseren.

Een van de aspecten die de transitie naar verdere efficiëntie en duurzaamheid in energiegebruik bemoeilijkt, is dat bij toepassing van duurzame energiealternatieven geen (of moeilijk te betrekken) CO_2 beschikbaar komt. Dit lijkt een voornaam probleem te zijn op de weg naar de duurzaamheiddoelstelling. Een gebrek aan CO_2 kan ook een belangrijk negatief effect hebben op de productie(ontwikkeling).

Het LEI is gevraagd onderzoek te doen naar de vraag en voorziening naar CO_2 door de glastuinbouw in 2020. Hierbij is het verminderde volume CO_2 bepaald aan de hand van de referentie 2008 en de doelstellingen van 2020 met betrekking tot de toepassing van duurzame energie.

Het onderzoek vond plaats in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Bij de totstandkoming en de terugkoppeling zijn J. Mourits, L. Oprel van het ministerie van LNV en D. Medema van het Productschap Tuinbouw betrokken geweest.

Een woord van dank is verschuldigd aan ieder die medewerking heeft verleend aan de totstandkoming van en informatie heeft verstrekt voor dit onderzoek. In het bijzonder de glastuinbouwbedrijven met toepassing van duurzame energie en de toeleveranciers van CO_2 aan de glastuinbouw in Nederland.

Ten slotte bedanken wij Nico van der Velden, Volkert Beekman, Olaf Hietbrink en Pepijn Smit (LEI) voor hun bijdrage aan dit onderzoek.



Prof.dr.ir. R.B.M. Huirne
Algemeen directeur LEI

Samenvatting

Voor de groei van planten in kassen is CO_2 een essentiële factor. Wordt de bij de groei opgenomen CO_2 niet aangevuld, dan stagneert de groei. Glastuinbouwbedrijven brengen daarom CO_2 de kas in. Dit vindt in Nederland in de praktijk hoofdzakelijk plaats door de schone rookgassen van aardgas dat voor de energievoorziening wordt verstookt te doseren.

De Nederlandse glastuinbouw en de overheid zijn in het Agro-convenant overeengekomen om 20% van het netto totaal energiegebruik in 2020 in te vullen met duurzame energie. Dit lijkt een aanzienlijke opgave, aangezien het aandeel duurzame energie in 2008 1,2% was.

Een van de aspecten die deze transitie bemoeilijkt, is dat bij toepassing van duurzame energiealternatieven geen (of moeilijk te betrekken) CO_2 beschikbaar komt. Dit lijkt een voornaam probleem te zijn op de weg naar de duurzaamheidsdoelstelling. Een gebrek aan CO_2 kan ook een belangrijk negatief effect hebben op de productie(ontwikkeling).

In dit onderzoek is een vooruitblik gemaakt op de vraag en voorziening naar CO_2 door de glastuinbouw in 2020. Hierbij is het verminderde volume CO_2 bepaald aan de hand van de referentie 2008 en de doelstellingen van 2020 met betrekking tot de toepassing van duurzame energie.

Door toepassing van duurzame energie zullen traditionele, fossiele brandstofbronnen vervangen worden. Hierdoor mist de glastuinbouw een deel van de CO_2 die het op dit moment wel ter beschikking heeft.

De glastuinbouw kent in 2008 verschillende bronnen van CO_2. Dit zijn CO_2 uit rookgassen en zuivere CO_2. De rookgassen van gasmotoren (wkk) en ketels van de eigen energievoorziening zijn de voornaamste bronnen van CO_2. Met name op de bedrijven waar duurzame energie kansrijk is, neemt wkk in 2008 een belangrijke plaats in. Hierdoor zal bij de transitie naar een meer duurzame energievoorziening hoofdzakelijk de CO_2 afkomstig van wkk vervangen gaan worden.

In 2008 betrok de glastuinbouw 465 kton CO_2 van derden. Het aandeel duurzame energie ten opzichte van het totaal netto-energiegebruik was 1,2%; hierdoor kwam er circa 120 kton minder CO_2 beschikbaar voor de gewasproductie door vervanging van fossiele brandstoffen.

In een scenario uitgewerkt voor 2020 met een aandeel duurzame energie 20%, zal er circa 1.200 kton minder CO_2 beschikbaar zijn en zal deze alternatief moeten worden ingevuld.

Wanneer de in 2008 extern betrokken CO_2 als mix van de standaardvraag en -compensatie voor de al toegepaste duurzame energie gezien wordt, ontstaat er in de vooruitblik naar 2020 een vraag van 1.550 kton CO_2.

In de verschillende mogelijke scenario's ligt de spreiding van de verminderde beschikbaarheid van CO_2 als gevolg van vervanging fossiele energie door duurzame energie globaal tussen de 1.000 en 2.500 kton CO_2.

Deze vraag naar aanvullende CO_2 kan ingevuld worden door de uitbreiding van bestaande, toegepaste technieken en de introductie van nieuwe bronnen. Op dit moment zijn er diverse bronnen in beeld.

1 Inleiding

Glastuinbouw, energie en CO_2

De glastuinbouw in Nederland streeft ernaar om jaarrond hoogwaardige producten af te zetten. Ondernemers streven ernaar de productieomstandigheden in de kassen te optimaliseren. Het beheer van het kasklimaat is een complexe samenstelling van acties en installaties die gezamenlijk en gelijktijdig worden ingezet om een optimaal teeltresultaat te behalen.

Voor de groei van het gewas is koolstofdioxide (CO_2), naast warmte, water, licht, temperatuur en mineralen, noodzakelijk. Planten nemen tijdens de groei CO_2 op uit de lucht. De koolstof uit de CO_2 wordt hierbij deels omgezet in plantaardige massa.

Aangezien het gewas is afgeschermd van het buitenklimaat door de kas, kan de opname van CO_2 door de planten bemoeilijkt worden. Dit komt doordat de concentratie van CO_2 in de kaslucht afneemt, naarmate planten CO_2 opnemen. De aanvulling van CO_2 die van de buitenlucht de kas in stroomt is te beperkt voor een optimale groei. Om de groei van het gewas niet te beperken wordt het CO_2-gehalte in de kaslucht continu door glastuinbouwbedrijven gemonitord en indien nodig aangevuld.

Bedrijven hanteren verschillende methoden om het gehalte CO_2 in de kaslucht zo optimaal mogelijk te houden. Omdat het CO_2-gehalte in de buitenlucht relatief te laag is om via ventilatie te compenseren voor de opname van CO_2 door het groeiend gewas, doseren de bedrijven aanvullend CO_2.

De bedrijven kunnen voor het doseren van CO_2 kiezen uit twee bronnen. De eerste, en op dit moment voornaamste, bron van CO_2 zijn rookgassen: het verbrandingsproduct bij het gebruik van fossiele brandstof (aardgas). De CO_2 verkregen uit de gecondenseerde, schone rookgassen uit aardgasverbranding wordt door de bedrijven verkregen als bijproduct van de energievoorziening. Hiernaast kan CO_2 ook vanuit andere bronnen worden toegediend. Een voorbeeld hiervan is zuivere CO_2. Dit is een industrieel bijproduct en wordt aangeleverd door derden.

Rookgas-CO_2 wordt geproduceerd door de energievoorzieningen van de glastuinbouw zelf, en in sommige gevallen door de energievoorzieningen van derden en geleverd aan de glastuinbouw.

Maatschappelijk kader

De Nederlandse overheid en de agrarische sector, waaronder de glastuinbouwsector, hebben een convenant gesloten, kortweg het 'Agro-convenant'. In dit convenant zijn onder andere afspraken gemaakt op het gebied van energiegebruik en emissie uit energievoorzieningen.

In een onderdeel van het Agro-convenant hebben de glastuinbouwsector en de overheid afspraken gemaakt met betrekking tot het aandeel duurzame energie van het totaal energiegebruik.

Probleemstelling en doelstelling

CO_2 is noodzakelijk voor de groei van het gewas. Bij het invullen van de energievraag met energie-efficiënte en duurzame opties blijkt dat de invulling van de CO_2-vraag voor gewasbemesting voor een belangrijk deel het succes van de energieoptie bepaalt.

Om opties verder te ontwikkelen en succesvoller te maken hebben het ministerie van Landbouw en het Productschap Tuinbouw behoefte aan inzicht in de vraag naar CO_2 bij de inzet van duurzame energie.

Daartoe is onder andere antwoord gewenst op de volgende twee vragen:
- Als in 2020 het aandeel duurzame energie gehaald wordt, welk volume aan CO_2 moet dan voor de glastuinbouw beschikbaar komen ter vervanging van de vermeden rookgassen uit fossiele energie?
- Wat zijn de alternatieve bronnen voor CO_2?

De doelstelling van dit onderzoek is het vaststellen van de verminderde beschikbaarheid van CO_2, wanneer de toepassing van duurzame energiealternatieven ertoe geleid heeft dat in 2020 het aandeel duurzame energie overeengekomen in het Agro-convenant gehaald wordt. Dit volume CO_2 dient toegelicht te worden aan de hand van de transitie van fossiele naar duurzame energieopties. Ten slotte wordt er vooruitgeblikt op de mogelijke alternatieven voor de invulling van dit CO_2.

Methode en leeswijzer

Het onderzoek is uitgevoerd als bureaustudie. Hierbij is gebruik gemaakt van beschikbare gegevens, eerder uitgevoerde onderzoeken van derden en het LEI, via interviews verkregen data, kennis van externe deskundigen en de expertise van het LEI.

Het onderzoek omvatte 6 onderdelen:
1) het opstellen van een conceptueel raamwerk 'Verminderde beschikbaarheid CO_2 als gevolg van toepassing van duurzame energie in de glastuinbouw';
2) het opstellen van de voorwaarden voor een scenario voor het jaar 2020;
3) het verkrijgen van data omtrent de toegepaste externe CO_2 in de glastuinbouw;
4) het invullen van het raamwerk voor de situatie 2008 en een scenario 2020, ofwel het vaststellen van de verminderde beschikbaarheid van CO_2 voor de situatie 2008 en voor een scenario 2020;
5) het inventariseren van potentiële alternatieve bronnen van CO_2;
6) conclusies en aanbevelingen.

ad 1) Raamwerk verminderde beschikbaarheid CO_2 door toepassing van duurzame energie in de glastuinbouw

Er is een raamwerk ontwikkeld waarbij de inzet van duurzame(re) energie in de Nederlandse glastuinbouw in relatie wordt gebracht met de verminderde inzet van fossiele energie en energie uit van oorsprong fossiele bron.

Het is als volgt opgesteld:
- de toepassing van duurzame energie komt in de plaats van de toepassing van fossiele energie;
- de toepassing van fossiele energie geeft CO_2 als verbrandingsproduct;
- verlaging van het gebruik van fossiele brandstoffen leidt tot verminderde beschikbaarheid van CO_2.

Hiernaast is er de bestaande inzet van CO_2 geleverd door derden. Samen geeft dit inzicht in de potentiële vraag naar CO_2 in 2020.

Figuur 1.1	**Vaststelling verminderde beschikbaarheid CO_2 uit duurzame energie**
Energiebalans	→ aandeel duurzame energie [%]:
	→ duurzame elektriciteit [GJ]
	→ duurzame warmte [GJ] → vermeden fossiele brandstof [m^3] → verminderde beschikbaarheid CO_2 [kg]

Figuur 1.2	**Som externe CO_2**
Externe CO_2	→ som van rookgas-CO_2 en zuivere CO_2 geleverd door derden aan de glastuinbouw [kg]

De bouwstenen van dit raamwerk zijn de streefbeelden van de transitiepaden van het programma 'Kas als Energiebron', aangevuld met de aanvullende vormen van duurzame energie uit het Agro-convenant en de CO_2 die door derden aan de glastuinbouw geleverd wordt.

ad 2) Opstellen scenario 2020
Voor het vormen van een scenario voor 2020 is gekeken naar de streefbeelden van het programma 'Kas als Energiebron' en de doelstelling 20% duurzame energie toepassing van het Agro-convenant. Voor de transitiepaden en overige duurzame energieopties zijn volumes gesteld voor de toegepaste duurzame energie.

De toepassing van duurzame energie uit het Agro-convenant is de enige dynamische factor ten opzichte van de situatie 2008, zoals deze werd vastgesteld in de Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2008. Overige factoren worden statisch verondersteld (deze overige factoren zijn onder andere areaal, energiegebruik, CO_2-toepassing en CO_2-vraag).

ad 3) Vaststellen levering CO_2 aan de Nederlandse glastuinbouw in 2008
Uit statistieken van 2008 is de hoeveelheid rookgas-CO_2 door derden geleverd vastgesteld. Uit gegevens van de leveranciers van zuivere CO_2 is een inventarisatie gemaakt van de CO_2 die door de Nederlandse glastuinbouw is afgenomen.

ad 4) Invulling raamwerk voor de situatie 2008 en een scenario 2020
De invulling van de bouwstenen vindt voor 2008 plaats uit de data van de *Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2008* en de data van externe CO_2-afname door de Nederlandse glastuinbouw.

Uit het raamwerk kan hierna onder andere de verminderde inzet van fossiele brandstoffen voor 2008 afgeleid worden en voor het scenario 2020 ingeschat worden.

Bij het vaststellen van de verminderde beschikbaarheid van CO_2 voor de teelt is rekening gehouden met de inzet van gasmotoren (wkk's) bij de invulling van de energievraag. Dit is gedaan omdat de bedrijven die momenteel gasmotoren inzetten, door hun energievraag de voornaamste kandidaten zijn om duurzame energiealternatieven toe te passen.

Figuur 1.3	**Vaststelling verminderde beschikbaarheid CO_2 uit duurzame energie en maximale vraag naar externe CO_2**	
2008		
Energiebalans →	aandeel duurzame energie [%]:	
	→ duurzame elektriciteit [GJ]	
	→ duurzame warmte [GJ] → vermeden fossiele brandstof [m^3] → verminderde beschikbaarheid CO_2 [kg]	**X**
Externe CO_2	→ som van rookgas-CO_2 en zuivere CO_2 geleverd door derden aan de glastuinbouw [kg]	**Y**
2020		
Energiebalans →	aandeel duurzame energie [%]:	
	→ duurzame elektriciteit [GJ]	
	→ duurzame warmte [GJ] → vermeden fossiele brandstof [m^3] → verminderde beschikbaarheid CO_2 [kg]	**X'**
Externe CO_2	→ som van rookgas-CO_2 en zuivere CO_2 geleverd door derden aan de glastuinbouw [kg]	**Y'**

Als de volumes zijn vastgesteld kan met behulp van de rekenregels 1 en 2 de verminderde beschikbaarheid van CO_2 en de maximale vraag naar externe CO_2 bepaald worden.

Verminderde beschikbaarheid van CO_2 = $X' - X$ *(rekenregel 1)*

Maximale vraag naar externe CO_2 = $Y' + (X' - X)$ *(rekenregel 2)*

ad 5) Inventariseren CO_2-bronnen
Ten slotte is een inventarisatie gemaakt van bronnen die CO_2 kunnen leveren aan de glastuinbouw. Hiervoor zijn de leveranciers van zuivere CO_2 en rookgas-CO_2 benaderd om de volumes te inventariseren.

Methode en leeswijzer
Na de inleiding en methode volgt een toelichting rondom de thematiek van CO_2-toepassing in de glastuinbouw, de relatie met het energiegebruik en de doelstellingen ten aanzien van het energiegebruik vastgelegd in het Agro-convenant. Hierna wordt een hoofdstuk gewijd aan de vooruitblik naar 2020 gericht op de vraag naar externe CO_2. Aansluitend worden in hoofdstuk 4 de mogelijke opties gegeven voor de invulling van die vraag naar CO_2. Hoofdstuk 5 behandelt enkele aspecten die van grote invloed op de vraag naar CO_2 kunnen zijn. Ten slotte zijn in hoofdstuk 6 de conclusie en aanbevelingen opgenomen.

2 CO_2 in de glastuinbouw

CO_2-toepassing

Bij het groeiproces nemen planten CO_2 op uit de lucht. Wanneer dit gebeurt in een afgesloten ruimte kan het CO_2-gehalte in de lucht tot een punt dalen dat de groei beperkt wordt of stopt door een gebrek aan CO_2. Ook groeien planten beter in omstandigheden met een hogere CO_2-concentratie dan de buitenlucht. Vanwege deze processen wordt door glastuinbouwbedrijven extra CO_2 in de kaslucht gedoseerd. Hierbij wordt de CO_2-concentratie in de kas hoger dan de CO_2-concentratie in de buitenlucht, omdat dit de productie bevordert.

De mate waarin dit gebeurt, hangt onder andere af van het soort gewas, het type bedrijf, de technische uitrusting, lokale factoren en de inzichten van de ondernemer. Grofweg wordt verondersteld dat hoe energie-intensiever het bedrijf, hoe meer toegevoegde waarde extra CO_2 heeft. De diversiteit van de sector komt dus ook naar voren bij de toepassing van CO_2.

CO_2 wordt gedoseerd als het gewas groeit. De vraag naar CO_2 door het gewas is gerelateerd aan het toetredende licht aangezien dit de hoofdmotor is van de groei.

Voor alle gewassen zijn er verschillende doseernormen. Ook verschillen de inzichten per ondernemer hoeveel en wanneer te doseren. Belangrijke verschillen zijn er ook met betrekking tot de technische installatie, de doseermethode en capaciteiten (kg/uur/ha).

De technische installaties bestaan uit een doseerunit in de technische ruimte, gaskwaliteitindicator en het afgiftesysteem in de kas. Systemen worden uitgelegd op basis van de te verwerken hoeveelheid (rook)gassen; doseercapaciteiten worden uitgedrukt in (maximum) kg/ha/uur. In de praktijk variëren deze tussen 100 en 300 kg/ha/uur, waarbij de eerste bij oudere bedrijven en bedrijven met lagere CO_2-prioriteit voorkomt en de laatste bij energie-intensieve bedrijven met hoge CO_2-prioriteit.

De CO_2 die wordt gedoseerd komt hoofdzakelijk van de rookgassen die vrijkomen bij de energievoorziening van de glastuinbouw. Bedrijven hebben warmte en elektriciteit nodig en halen deze voor een belangrijk deel uit fossiele brandstoffen. De rookgassen hiervan zijn de voornaamste bron van CO_2.

De rookgassen van heteluchtkachels, maar voornamelijk ketels en gasmotoren (wkk) worden hiervoor gebruikt. Bij de toepassing van ketels of wkk bestaat de mogelijkheid tot het opslaan van warmwater in een warmwateropslagtank. Hierdoor kan men rookgassen produceren en doseren op het moment dat er geen actuele warmtevraag is. De vrijkomende warmte wordt opgeslagen en bijvoorbeeld 's nachts gebruikt als er wel warmtebehoefte is.

Wanneer aardgas voor louter warmte wordt gebruikt komt er globaal 8,8 kilowattuur warmte en 1,78 kg CO_2 beschikbaar uit 1 m^3 aardgas.

Tegenwoordig beschikken veel bedrijven over één of meerdere gasmotoren. Deze produceren globaal 3,5 kilowattuur elektriciteit, 4,5 kilowattuur warmte en 1,78 kg CO_2 per m^3 aardgas. De warmte en CO_2 worden op het eigen bedrijf gebruikt; de elektriciteit wordt aangewend of verkocht aan derden via het openbaar net. Voorwaarde voor de toepassing van de rookgassen is dat deze gereinigd worden.

Het gebruik van gasmotoren is ingegeven door de mogelijkheden voor kostenbeheersing op de energiemarkt; een nevenvoordeel is dat door deze ontwikkeling deze bedrijven de mogelijkheid hebben tot het doseren van meer CO_2. Dit heeft een belangrijk positief effect gehad op de gewasproductie (snelheid en massa) en er worden zelfs nieuwe rassen geïntroduceerd die sterk presteren bij hoge CO_2-gift. Hiernaast zijn er de effecten op het vlak van energie-efficiëntie en CO_2-emissie voor de teelt.

Aan glastuinbouwbedrijven wordt ook door derden CO_2 geleverd. Er is levering van rookgas-CO_2 en van zuivere CO_2. Bedrijven hebben diverse argumenten om CO_2 van derden af te nemen:

1) *Aanvulling op de eigen CO_2-productie*
   Bedrijven kopen extern CO_2 aan, zodat er geen brandstof verstookt hoeft te worden om extra CO_2 te verkrijgen en tegen een warmteoverschot aangelopen wordt.
2) *Borging van de zuiverheid van het kasklimaat*
   Ondernemers zien, bij de teelt van sommige gewassen, rookgas-CO_2 als een risico voor de kwaliteit. Om toch te doseren kopen zij zuivere CO_2.
3) *Gebruik energiealternatieven*
   Wanneer bedrijven energiealternatieven toepassen voor invulling van (een deel van) de warmtevraag, zal ook de CO_2-vraag ingevuld moeten worden. Wanneer het energiealternatief geen bruikbare CO_2 levert (zoals restwarmte), wijkt men dikwijls uit naar aanvulling via externe CO_2.

Er zijn vier vormen van extern geleverde CO_2 te onderscheiden:

- *rookgas*-CO_2 *centraal* aangeleverd via een centrale distributieleiding aan meerdere afnemers;
- *rookgas*-CO_2 *decentraal* via een kleinschalige distributie aan één of enkele afnemers;
- *zuivere* CO_2 *centraal* aangeleverd via een centrale distributieleiding aan meerdere afnemers;
- *zuivere* CO_2 *aangeleverd* per as (tankwagens) aan individuele afnemers geleverd.

Voor dit onderzoek is een inventarisatie gemaakt van de CO_2 die door partijen (anders dan glastuinbouwbedrijven) aan de glastuinbouw geleverd wordt (hoofdstuk 3).

Energiebalans

In de vorige paragraaf is aangegeven dat de primaire bron voor CO_2 van de glastuinbouw de energievoorziening is. Hierdoor is van groot belang inzicht te hebben in de energiebalans van de glastuinbouw.

De energiebalans van de glastuinbouw is een referentiepunt voor analyses met betrekking tot het energiebeheer in de glastuinbouwsector. In deze balans wordt de inname en levering van energie door de glastuinbouw naast elkaar gezet. De energiebalans wordt gepresenteerd in de *Energiemonitor van de Glastuinbouw* 2008 (Van der Velden et al., 2009). In bijlage 1 zijn de resultaten opgenomen van 2008, hierin is onderscheid gemaakt tussen fossiele en duurzame energie.

Het totaal energiegebruik is de som van het duurzame en niet-duurzame energiegebruik. Het primair energiegebruik is de som van de fossiele brandstof om de afzonderlijke energiesoorten te kunnen produceren minus de verkoop. Het totaal energiegebruik bedroeg in 2008 116,6 PJ. Het primair brandstofgebruik 2,65 miljard aardgasequivalenten. Uit de *Energiemonitor 2008* blijkt dat het overgrote deel van de ingenomen energie van fossiele oorsprong is; slechts een bescheiden deel van de energievraag wordt ingevuld met duurzame energie (1,2%). Een belangrijk deel van de ingenomen fossiele brandstof wordt toegepast in gasmotoren. Naar schatting van experts is ruim twee derde van het wkk-vermogen in de glastuinbouw voorzien van rookgasreiniging. Deze produceren naast warmte en elektriciteit ook toepasbare CO_2.

Agro-convenant

In 2008 is een convenant gesloten tussen de Nederlandse overheid, de Nederlandse agrarische sector en zijn ketenpartijen. Voor de glastuinbouw specifiek zijn hierin separate afspraken gemaakt met betrekking tot diverse milieuvelden.

Met betrekking tot het invullen van de vraag naar CO_2 door glastuinbouwbedrijven zijn drie afspraken het meest belangrijk. Deze hebben primair het doel emissies naar lucht te beperken en fossiele energiegebruik te beperken.

Deze relevante afspraken zijn:

1) *CO_2-emissie*
   De glastuinbouwsector realiseert in 2020 een totale emissiereductie (inclusief de inzet van wkk) van minimaal 3,3 Mton CO_2 per jaar ten opzichte van 1990. Hiervan wordt door de inzet van wkk zo'n 2,3 Mton door de glastuinbouw op nationaal niveau gerealiseerd en circa 1 Mton gerelateerd aan de teelt.
2) *Energie-efficiëntie*
   De glastuinbouwsector streeft naar gemiddeld 2% energie-efficiëntieverbetering per jaar tot aan 2020.
3) *Duurzame energie*
   De glastuinbouwsector streeft naar een aandeel duurzame energie van 4% in 2010 en een aandeel duurzame energie van 20% in 2020.

Bron: Agro-convenant 'Schone en zuinige agrosectoren', ministerie van LNV (2008).

De afspraken worden toegepast binnen de dynamiek van de ontwikkelende sector en van een ontwikkeld energiebeheer en energiegebruik.

Deze drie afspraken worden gemonitord in de *Energiemonitor* van het LEI. Tabel 2.1 geeft de situatie weer voor de CO_2-emissie, de energie-efficiëntie en het aandeel duurzame energie tot en met 2008, zoals deze gepubliceerd zijn in de *Energiemonitor 2008* (Van der Velden et al., 2009).



Voorraadsilo centrale zuivere CO_2

Tabel 2.1	Interpretatie convenant 'Schone en zuinige agrosectoren', onderdeel glastuinbouw en energie				
Indicatoren	**Eenheid**	**In referentiejaar**		**2008**	***Doel 2020***
CO_2-emissieteelt	Mton/jaar	6,8	1990	5,2	5,8
CO_2-emissie inclusief energielevering	Mton/jaar	6,8	1990	7,2	a)
Energie-efficiëntie	$\%_{1980}$	100	1980	30	28
Aandeel duurzame energie	%	-	n.v.t.	1,2	20
a) Is een dynamische doelstelling, omdat deze afhankelijk is van de inzet van wkk.					

Uit tabel 2.1 blijkt dat de glastuinbouw de doelstellingen voor CO_2-emissie en energie-efficiënte benadert. Voor het bepalen van de doelstelling van het aandeel duurzame energie is nog een grote inspanning vereist.

Om het aandeel duurzame energie te verhogen, is door het bedrijfsleven en de overheid het programma 'Kas als Energiebron' in gebruik. Het Productschap Tuinbouw en het ministerie van LNV hebben dit programma opgestart om de sector te ondersteunen de doelstellingen te behalen. Hiervoor zijn acht zogenaamde transitiepaden omschreven. Deze transitiepaden zijn kansrijke mogelijkheden voor het veranderen van het energiebeheer van één dat volledig op niet-duurzame energie is gebaseerd, naar een energiebeheer dat minder fossiele energie gebruikt en een belangrijk deel duurzame energie toepast.

Gebleken is dat de CO_2-voorziening naast duurzame energievoorziening een succesbepalende factor is. Dit is de reden waarom in dit onderzoek de beoogde verhoging van het aandeel duurzame energie als dynamische factor is gekozen.

3 Vooruitblik CO_2-vraag

Situatie 2008

De situatie in 2008 ten aanzien van de CO_2-voorziening kenmerkt zich door de eigen opwekking van CO_2 uit rookgassen van aardgasgestookte installaties.

Opvallend is de rol van wkk. In 2008 is circa 2.800 MW_{el} wkk-vermogen in gebruik in eigen beheer van de glastuinbouwbedrijven, waarvan circa twee derde van rookgasreiniging voorzien is waarmee de glastuinbouw de rookgassen kan gebruiken voor de CO_2-voorziening. Deze wkk's nemen gezamenlijk circa driekwart van het aardgasgebruik van de glastuinbouw voor hun rekening.

De productie van warmte met de ketel is hiermee voor de energie-intensieve glastuinbouw zo goed als komen te vervallen. De glastuinbouw met een gemiddelde of hoge energie-intensiteit voorziet zich hoofdzakelijk in warmte via wkk. De ketel heeft bij deze bedrijven slechts een bescheiden rol. Hiernaast wordt in 2008 een deel van CO_2 betrokken van derden. De motieven hiervoor zijn besproken in hoofdstuk 2 (aanvulling, zuiverheid, alternatieve energie).

In de *Energiemonitor* is het aandeel duurzame energie gepresenteerd en toegelicht. Tabel 3.1 is de samenvatting hiervan.

Tabel 3.1 Aandeel duurzame energie, onderverdeeld naar soorten in 2008

Energieopties		Areaal	Energie	Aandeel in duurzaam	Aandeel in totaal
		ha	GJ	%	%
Aard	elektriciteit	0	0	0	0,0
	warmte	15	120.000	8	0,1
Biomassa	elektriciteit	10 b)	1.000	0	0,0
	warmte	15	120.000	8	0,1
Zon	elektriciteit	0	0	0	0,0
	warmte	169	676.000	47	0,6
Inkoop duurz.	elektriciteit	-	389.000	27	0,3
	warmte	33	140.000	10	0,1
Totaal a)		*232*	*1.446.000*	*100,0*	*1,2*

a) Water en windenergie zijn niet opgenomen in de tabel, omdat deze twee vormen van duurzame energie niet worden toegepast.; b) Niet opgenomen in totaal; omdat dit cogeneratie betreft, zit dit in het 'biomassawarmte-areaal'.

Om duurzame energie in relatie te brengen met het vraagstuk van de CO_2-voorziening, is het noodzakelijk te weten dat bij de omzetting van duurzame energie naar toepasbare energie (warmte, koude of elektriciteit) bruikbare CO_2 niet vanzelfsprekend voorhanden komt, zoals bij de energie uit aardgas. De meeste soorten duurzame energie leveren geen CO_2 (aardwarmte, waterkracht, windenergie en zonne-energie) en biomassa heeft doorgaans een complexe tussenstap van rookgasreiniging nodig voordat CO_2 gedoseerd kan worden.[1]

Als de toepassing van duurzame energie niet-duurzame energie verdringt, zal dit betekenen dat ook de bruikbare CO_2 van niet-duurzame energie niet beschikbaar komt. In theorie zou dit warmte van de ketel óf de wkk kunnen zijn. Maar de praktijk is dat bedrijven met een relatief intensief energiegebruik in aanmerking komen voor toepassing van duurzame energie, omdat de inzet van duurzame energie met grote in-

[1] Rookgasreiniging is een complexe bewerking. Met de vereisten voor arbeidsveiligheid en de gezondheid en productie van het gewas in het achterhoofd is het logisch dat de rookgassen die de kaslucht inkomen van perfecte kwaliteit zijn. Voor aardgas zijn talloze rookgasreinigers in gebruik, met goede resultaten, maar zelfs bij deze bewezen techniek blijft men kritisch. Op het moment dat heterogene brandstoffen gebruikt gaan worden, zoals biomassa, wordt de reeds complexe stap van rookgasreiniging nog complexer en kostbaarder. Er zullen innovaties nodig zijn om kwalitatief goede rookgassen vrij te maken uit biomassa tegen acceptabele kosten en effecten naar andere milieuvelden. Het eerste proefproject is sinds 2008 in bedrijf bij een bedrijf met een houtgestookte wkk.

vesteringen gepaard gaat, die alleen terugverdiend kunnen worden door het maken van veel draaiuren. Veel van deze energie-intensieve bedrijven hebben momenteel een wkk in gebruik (de ketel wordt gebruikt in perioden van extreme koude en op bijzondere momenten, zoals storingen en excessen energiemarkt). Ter illustratie: meer dan twee derde van het totaal aardgasgebruik in de glastuinbouw komt voor rekening van het gebruik in wkk. Door deze twee aspecten is de verminderde beschikbaarheid van CO_2 verbonden aan de CO_2 die beschikbaar komt met de toepassing van wkk.

In tabel 3.2 is de uitsplitsing gemaakt naar toepasbaarheid van CO_2.

Tabel 3.2 Warmte uit duurzame energie in 2008, onderverdeeld naar beschikbare CO_2

	Areaal	Energie	Aardgas vermeden	Minder CO_2 beschikbaar
	ha	GJ	$m^3 \times 10^6$ o.b.v. wkk	kton o.b.v. wkk
Warmte zonder CO_2	184	796.000	50	90
Warmte met CO_2 complexe reiniging	48 a)	260.000	16	30
Warmte met goed beschikbare CO_2		0	0	0
Totaal	*232*	*1.056.000*	*66*	*120*

a) Rookgasreiniging, buiten proefprojecten, nog niet toegepast in 2008.

Uit tabel 3.2 is af te lezen dat het gebruik van 66 miljoen m^3 aardgas vermeden wordt door de toepassing van duurzame energie in 2008 op basis van fossiele brandstof. Dit correspondeert met een verminderde beschikbaarheid van circa 120 kton CO_2 (op basis van de substitutie van wkk-rookgassen).

CO_2 van derden 2008

In 2008 wordt door de glastuinbouw tussen de 450 en 500 kton CO_2 afgenomen bij derden. In tabel 3.3 is deze hoeveelheid uitgesplitst naar het type CO_2. Bijna twee derde van het volume is afkomstig van het OCAP-project. Dit project verkoopt CO_2 via een distributienetwerk in Zuidwest-Zuid-Holland. Deze zuivere CO_2 is een reststroom van de petrochemie. De rest van de zuivere CO_2 werd in 2008 per as aangeleverd en in tanks op locatie van de tuinbouwbedrijven opgeslagen.

Rookgas-CO_2 door derden geleverd komt hoofdzakelijk van het OCAP-project waarbij een aardgasgestookte elektriciteitscentrale schone rookgassen verdicht en de warmte levert aan klanten in de gemeente Lansingerland.

Tabel 3.3 CO_2 door derden aan de glastuinbouw geleverd in 2008

		Volume	Eenheid
Rookgas:	centraal	40	$\times 10^6$ kg
	decentraal	15	$\times 10^6$ kg
Zuiver:	centraal	290	$\times 10^6$ kg
	decentraal	120	$\times 10^6$ kg
Totaal		*465*	*$\times 10^6$ kg*

Omdat dit in de huidige glastuinbouw, met een zeer beperkt aandeel duurzame energie, gebruikt wordt, veronderstellen we deze 465 kton CO_2 als de standaardvraag van de sector.

De volgende vier aspecten zijn van belang:
1. de afspraken die de glastuinbouwsector met de overheid heeft;
2. de samenstelling van de sector;
3. de energiebalans;
4. de balans van extern betrokken CO_2.

Het scenario 2020 wordt bepaald aan de hand van de volgende uitgangspunten:
- de doelstellingen uit het Agro-convenant zijn gehaald;
- de sectorsamenstelling blijft onveranderd;
- de energiebalans wordt bepaald zodanig dat de doelstellingen 2020 gehaald zijn.

In deze vooruitblik vindt toepassing van aardwarmte plaats op grote schaal. Biomassabrandstoffen vormen een belangrijk alternatief via lokale projecten met vergisting of houtstook, maar ook door inkoop van (ver)groen(d) gas[1] van het openbaar net. Herwinning van zonnewarmte vindt plaats op bedrijven die koude nodig hebben voor hun productieproces. Ook worden diverse bedrijfsruimten en andere mogelijkheden benut voor fotovoltaïsche energie (zonne-elektriciteit).

Ten slotte kopen bedrijven duurzame warmte in bij derden en wordt circa de helft van de geconsumeerde elektriciteit als duurzame elektriciteit ingekocht van het openbaar net. In bijlage 1 is de uitwerking opgenomen, de resultaten die tot de vooruitblik hebben geleid staan in tabel 3.4.

Er zijn tal van mogelijkheden om tot aandeel van 20% duurzame energie in 2020 te komen. In dit onderzoek is gekozen voor een variant met toepassing van aardwarmte, biomassa, zonne-energie en inkoop van duurzame energie. Wind- en waterenergie zijn niet meegenomen als opties. Voor de verhouding van de inzet van de verschillende duurzame energieopties is gekozen globaal aan te sluiten bij de ambities en streefbeelden van de Innovatieagenda van Kas als Energiebron aangevuld met extra inkoop van duurzame warmte en elektriciteit.

Tabel 3.4 **Vooruitblik op 'Scenario duurzame energie 2020', onderverdeeld naar soorten**

		Areaal	Energie	Aandeel in duurzaam	Aandeel in totaal
		ha	GJ	%	%
Aard	elektriciteit	0	0	0,0	0,0
	warmte	500	4.000.000	17,2	3,4
Biomassa b)	elektriciteit	(750) a)	4.125.000	17,7	3,5
	warmte	1.000	7.500.000	32,2	6,4
Water	elektriciteit	0	0	0,0	0,0
	warmte	0	0	0,0	0,0
Wind	elektriciteit	0	0	0,0	0,0
	warmte	0	0	0,0	0,0
Zon	elektriciteit	200	200.000	0,9	0,2
	warmte	500	2.000.000	8,6	1,7
Inkoop duurzame	elektriciteit	-	4.480.000	20,1	4,0
	warmte	250	1.000.000	4,3	0,9
Totaal		*2.250*	*23.305.000*	*100,0*	*20,0*

a) Cogeneratie: dus opgenomen in 'Biomassa warmte'; b) Inclusief groen gas (verduurzaamd aardgas).

[1] Bij energiebedrijven kan duurzame energie worden gekocht. Het energiebedrijf zorgt dat de energie ingekocht van duurzame bronnen afkomstig is en borgt dit bijvoorbeeld middels certificaten. Dit is een administratieve vorm van duurzame energie waarbij lokaal geen duurzame energie wordt gewonnen, maar na inkoop via het openbaar net wel kan worden toegepast.

Tabel 3.5	Vooruitblik op de warmte uit duurzame energie in 2020, onderverdeeld naar beschikbare CO_2			
Duurzame warmte in 2008	**Areaal**	**Energie**	**Aardgas vermeden**	**Minder CO_2 beschikbaar**
	ha	**GJ**	**$m^3 \times 10^6$ o.b.v. wkk**	**kton o.b.v. wkk**
Warmte zonder CO_2	1.000	6.000.000	379	674
Warmte met CO_2-complexe reiniging	500 a)	4.750.000	300	534
Warmte met goed beschikbare CO_2	750	3.750.000	-	-
Totaal	*2.250*	*14.500.000*	*680*	*1.208*
a) Rookgasreiniging gedeeltelijk toegepast.				

De verdringing van aardgas door duurzame energie heeft in dit scenario in 2020 doorgezet. Uit tabel 3.5 is af te lezen dat er circa 680 miljoen m^3 aardgasstook vermeden wordt bij het behalen van de ten doel gestelde 20% toepassing van duurzame energie in 2020 op basis van fossiele brandstof. Dit correspondeert met een extra verminderde beschikbaarheid - een CO_2-tekort - van circa 1.200 kton CO_2 ten opzichte van de vastgestelde situatie in 2008 (op basis van de substitutie van wkk-rookgassen).



Afnamestation centrale zuivere CO_2

Effect toename aandeel duurzame energie op de vraag naar CO_2

Als het volume extern aangekochte CO_2 uit 2008 als standaard (autonome) vraag wordt beschouwd en de verminderde beschikbaarheid van CO_2 als gevolg van toepassing van duurzame energie hierbij wordt opgeteld, kan een inschatting gegeven worden van de behoefte aan externe CO_2 in 2020.

Tabel 3.6	Vooruitblik CO_2-vraag 2020 op basis van substitutie van ketelwarmte	
Prognose vraag externe CO_2	**Hoeveelheid**	**Eenheid**
Autonome vraag	465	kton CO_2
Verminderde beschikbaarheid CO_2 2008 door toepassing van duurzame energie	120	kton CO_2
Verminderde beschikbaarheid CO_2 2020 door toepassing van duurzame energie	1.208	kton CO_2
Totale vraag naar externe CO_2 (autonoom + 2020 - 2008)	*1.553*	*kton CO_2*

De totale vraag naar CO_2 zal volgens deze vooruitblik tot circa 1.550 kton per jaar groeien. Bij deze 1.550 kiloton zit inbegrepen de CO_2 die eventueel gewonnen kan worden uit de toepassing van fysieke biomassabrandstoffen.

In het scenario van deze prognose neemt de vraag naar CO_2 van derden in de glastuinbouw in 2020 ten opzichte van 2008 toe met circa 1.100 kton als gevolg van de extra toepassing van duurzame energie naar een niveau waarbij het aandeel de ten doel gestelde 20% heeft behaald.

4 Vooruitblik CO_2-voorziening 2020

Alternatieve bronnen voor CO_2

Uit de inventarisatie van het huidige gebruik en de vooruitblik op een toekomstige behoefte blijkt dat de vraag naar externe CO_2 sterk kan toenemen als de glastuinbouw een grote stap maakt door fossiele energie te vervangen door duurzame energie.

Ook in het traject naar het aandeel duurzame energie van 20% zal blijken dat de CO_2-voorziening een belangrijk aspect is. In ieder geval het sleutelpunt voor de inpassing van de verschillende duurzame warmteopties.

Kortom, de glastuinbouwsector heeft niet alleen een opgave bij het inpassen van duurzame energieopties, maar ook bij het vinden van bijpassende CO_2-alternatieven.

In dit onderzoek is kort gekeken naar de mogelijkheden voor het betrekken van CO_2 die niet afkomstig van de eigen energievoorziening (aardgas).

Wanneer gekeken wordt naar de bronnen voor externe CO_2 kan een lijst worden samengesteld. Een studie van KEMA (De Wolff et al., 2009) heeft de actuele en toekomstige bronnen voor externe CO_2 kwalitatief in kaart gebracht. Deze zijn:

- CO_2 uit grootschalige energiecentrales;
- CO_2 uit procesindustrie;
- CO_2 uit biomassa.

Naast deze bronnen voor externe CO_2 zijn er lokale alternatieven voor glastuinbouwbedrijven bekend als alternatief voor het genereren van CO_2 uit fossiele brandstoffen. Deze opties zijn: het lokaal opslaan van CO_2 uit rookgassen en het produceren van CO_2 uit de rookgassen van 'groen' gas.[1]

Energiecentrales

Energiecentrales gebruiken grote hoeveelheden fossiele brandstof voor de productie van elektriciteit (en warmte). Hierbij komen grote hoeveelheden CO_2 vrij.

In potentie is dit een bron die vele malen groter is dan de vraag naar CO_2 in de glastuinbouw (tientallen megatonnen per jaar).

Er is een groot verschil tussen de rookgassen van kolencentrales en aardgascentrales kijkend naar de samenstelling van de rookgassen.

De rookgassen van kolencentrales bevatten na de uitvoerige reiniging naar de laatste vereisten nog steeds spoorelementen en zwavel en stikstofoxiden die ongewenst zijn bij toepassing in de glastuinbouw. Spoorelementen zijn metalen, organische en zwavelverbindingen.

In de samenstelling van de rookgassen van aardgasgestookte centrales zijn er veel minder spoorelementen, maar ook een hoge concentratie stikstofoxiden.

Om CO_2 uit deze bronnen geschikt te maken voor distributie zijn uitvoerige reinigingsstappen noodzakelijk. Zwavel- en stikstofoxiden moeten worden afgescheiden, evenals schadelijke spoorelementen. Vervolgens dient in het distributievraagstuk gekeken te worden of gereinigde rookgassen voor levering in aanmerking komen of dat door middel van absorptie CO_2 afgevangen wordt en in een zeer geconcentreerde vorm aangeboden kan worden.

Hiernaast is het voor de energiecentrales in het kader van de eisen voor CO_2-emissie interessant om de tuinbouw als afnemer van CO_2 te beoordelen.

[1] Zogenaamd 'groen gas' is gas betrokken uit het openbaar net van standaardkwaliteit waarvoor de energieleverancier een duurzaamheidsverklaring kan overleggen. Dit houdt in dat energieleveranciers duurzaam aardgas hebben aangekocht of met behulp van administratieve verduurzaming (aankoop groene rechten) gas als duurzaam mogen verkopen.

Grote volumes, grootschalige aanpak, complexe techniek en hoge kosten kenmerken deze bron. Ook is de plaats van de centrale van groot belang in verband met de distributiewijze die de voorkeur heeft.

Het ROCA-project van EON/Eneco en glastuinbouwbedrijven in Langsingerland is een grootschalig project dat al meer dan vijftien jaar in gebruik is en energie levert uit de aardgasgestookte energiecentrale. Een voorbeeld van gebruik van CO_2 afkomstig van kolencentrales is niet bekend.

Procesindustrie

In specifieke industrieën komt CO_2 vrij als niet-primaire productstroom. In potentie is de hoeveelheid CO_2 kleiner dan die van de energiecentrales. Het kenmerkt zich door de zeer geconcentreerde en schone vorm waarin het beschikbaar komt.

Ook in de procesindustrie zijn er bedrijven die onder het systeem van emissiehandel vallen ter reductie van de uitgestoten hoeveelheid CO_2.

Sinds jaren wordt CO_2 in zuivere vorm afkomstig uit de procesindustrie aan glastuinbouwbedrijven geleverd voor de gewasbemesting. Hierbij wordt de bulk naar de afnemer gereden en opgeslagen in een kortetermijnopslag.

In 2009 zijn twee projecten in bedrijf met centrale levering.

1. Het OCAP-initiatief van Shell/Linde en glastuinbouwbedrijven in Zuidwest-Zuid-Holland is sinds 2006 in bedrijf en levert CO_2 afkomstig van de petrochemische industrie in het Rijnmondgebied.
2. Sinds eind 2009 is ook het project WarmCO_2 in bedrijf. Het project wordt gevormd door Zeeland Seaports, Yara, Visser & Smit Hanab en de ondernemers gevestigd in het nieuw ontwikkelde gebied van Terneuzen. In dit project wordt warmte en CO_2 gebruikt van de kunstmestfabriek van Yara.

Biomassa

Biomassa is een breed begrip. In dit kader wordt bedoeld de bron van CO_2 of brandstof uit niet-fossiele organische bron. Er zijn drie verschillende vormen te onderscheiden: vergisting, verbranding, composteering. Hiernaast zou men ook 'groen' gas kunnen noemen. Hier is gekozen dit apart te benoemen, omdat dit geen fysieke vorm van biomassaenergie hoeft te zijn, maar een administratieve.

Vergisting

Vergisting is een methode om laagwaardige, organische reststromen anaeroob bacterieel om te zetten in het laatste bruikbare alternatief: energie. Bij deze omzettingen komt hoofdzakelijk methaan, koolstofdioxide en ethanol vrij. Vergisting vindt plaats in de vorm van spontane vergisting op stortplaatsen en gecontroleerde vergisting bij waterzuivering en mestvergisters. Deze installaties leveren brandstof én CO_2 op, die bij vrijkomst gescheiden moeten worden, voordat ze toegepast kunnen worden voor CO_2-bemesting of duurzame brandstof (en hiermee duurzame CO_2 leveren). Er is in 2008 in de glastuinbouw één project met vergisting in gebruik en er zijn meerdere initiatieven.

Verbranding

Verbranding van biomassa is zo oud als het vuur. In de moderne tijd zijn er diverse technieken te onderscheiden. Het verbranden van biomassa als bijkomstigheid in een inrichting met een ander primair doel (kolencentrales of afvalverbrandingsinstallaties) is er een. Dit wordt bijvoorbeeld bij de elektriciteitscentrale Amer gedaan, waar aangesloten tuinbouwbedrijven alleen warmte afnemen. Bij Sita in Roosendaal wordt uit de afvalverbrandingsinstallatie een glastuinbouwbedrijf van warmte voorzien.

Een andere techniek is het verstoken van biomassabrandstof in een daartoe bestemde installatie. Dit kan hout zijn in de vorm van zaagsel, briketten of snippers, maar ook bio-oliën of gedroogde, bewerkte mest. Dit vindt in de glastuinbouw plaats in beheer van derden en van glastuinbouwbedrijven zelf.



Boring naar aardwarmte bij glastuinbouwbedrijf

Compostering

Ten slotte kan CO_2 worden afgevangen bij compostering. Compostering is ook een proces van bacteriële omzetting, maar met toetreding van lucht (zuurstof).

Bij biomassa zijn veel aspecten relevant voor de kansen van een succesvol project. De locatie, de beschikbaarheid en de distributie spelen een grote rol. De logistieke keten heeft grote invloed op het 'duurzaamheidsgehalte'. Immers, hoeveel primaire energie gaat in de raffinage, het transport, de bewerking en de conversie zitten voordat er product beschikbaar komt? Wat zijn de overige milieu- en productie-effecten? Hiernaast spelen technische aspecten een rol. Het conversierendement (van biomassa naar warmte én elektriciteit) zal moeten verbeteren om te kunnen concurreren met andere energiealternatieven (duurzaam en conventioneel). Ook zal bij de toepassing van biomassa als brandstof een kostenefficiënte wijze van rookgasreiniging of CO_2-extractie uit de rookgassen belangrijk zijn. Navraag heeft opgeleverd dat reiniging van rookgassen of extractie van CO_2 uit rookgassen altijd mogelijk is, maar dat de complexiteit en het afdekken van risico's bewerkelijk is en veel energie vraagt. Ook worden deze installaties voor de glastuinbouw - op proeven na - niet toegepast. Deze drie factoren maken de techniek zeer kostbaar.

Zowel de argumenten op het vlak van locatie, distributie en duurzaamheid als de technische aspecten moeten vooral in het licht worden gezien van het succes dat aardgasgestookte wkk vandaag de dag en op de korte termijn heeft.

Lokale opslag

Naast grootschalige opslag van CO_2 afkomstig uit de rookgassen van energiecentrales is het denkbaar dat CO_2 wordt opgeslagen op kleine schaal. Voorwaarde is dat dit CO_2 dan ook weer beschikbaar kan komen voor de bemesting van het gewas.

Technieken die dit mogelijk maken zijn op dit moment niet met een acceptabel rendement voor de praktijk beschikbaar. Hoopvol is het dat nu CO_2-opslag in de maatschappelijke belangstelling staat en vanuit de glastuinbouw en haar leveranciers rookgasreinigingstechnieken aandacht heeft. Wanneer hier passende technieken uit komen is dit voor duurzame en niet-duurzame brandstof een flinke stimulans.

'Groen gas'

Onder groen gas wordt verstaan gas dat het administratieve predicaat 'groen' meekrijgt, ofwel verduurzaamt.

Op het openbaar net wordt duurzaam gas ingevoerd bij de bulk van het reguliere fossiel gas. De certificaten die hiermee gepaard gaan kunnen gekocht en verkocht worden. In de toekomst kunnen wellicht ook certificaten verkregen worden op initiatieven buiten het openbaar net en deze kunnen ingezet worden bij de aankoop van aardgas om deze te vergroenen.

Met de aankoop van groen gas/duurzaam gas zou de glastuinbouw zich voorzien van een duurzame energievoorziening, met voldoende CO_2 en de mogelijkheid bestaande conversietechniek te behouden.

De markt voor groen gas is nog niet zo ontwikkeld als de markt voor duurzame elektriciteit (groene stroom). De beschikbaarheid en de status van de rechten is eveneens nog onduidelijk, maar gezien de gegroeide belangstelling zal dit zich snel ontwikkelen.

CO_2-alternatieven in de praktijk

De glastuinbouw is een bonte verzameling van bedrijven. Er zijn talloze teelten, de schaalgrootte loopt uiteen en voor het energiebeheer zijn veel varianten.

Met de hiervoor benoemde varianten voor CO_2-alternatieven en de grote variëteit van bedrijven is het zinvol te bekijken welke alternatieven voor welke gewasgroepen specifiek in aanmerking komen.

Tabel 4.1 Alternatieven, energie-intensiteit en keuzemotieven

Energie-intensiteit	Motief
Extensief	Aansluiten bij grote initiatieven, kritisch op kosten door beperkte meerwaarde, groen gas is goed substituut voor aardgas (duurzaam en CO_2)
Gemiddeld	Alle opties zijn kansrijk in verband met koppeling warmte-CO_2 en CO_2-vraag. Beperkte elektriciteitsvraag vergemakkelijkt dit (wkk)
Intensief	In verband met elektriciteitsvraag komen opties met óf alleen CO_2 óf CO_2/warmte/elektriciteit in aanmerking
n.b.	Uitgangsmateriaal en bepaalde productiegewassen zijn bijzonder gevoelig voor de kwaliteit van de kaslucht. Dit kan mede bepalen welk CO_2-alternatief in aanmerking komt

De energie-intensiteiten van de verschillende subsectoren kunnen nu gecombineerd worden met de alternatieven. Wanneer de gewasgroepen worden ingedeeld naar energie-intensiteit kan aangegeven worden welke vormen van alternatieve CO_2-voorziening geschikt, neutraal of minder geschikt zijn.

Tabel 4.2 Alternatieven, energie-intensiteit, gewasgroepen en geschiktheid a)

Energie-intensiteit	Groente			Bloemen			Potplanten		Uitgangsmateriaal		
	ext	gem	int	ext	gem	int	ext	gem	int	ext	int
Energiecentrale	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+
Procesindustrie	0	+	+	0	+	+	0	+	+	0	+
Biomassa	0	+	-	0	+	-	0	+	-	-	-
Lokale afvang	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+
Groen gas	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

a) - = minder geschikt; 0 = neutraal; + = geschikt.

5 Discussie

Scenariokeuze 2020

Er zijn tal van mogelijkheden om tot een aandeel van 20% duurzame energie in 2020 te komen. In dit onderzoek is gekozen voor een variant met toepassing van aardwarmte, biomassa, zonne-energie en inkoop van duurzame energie. Wind- en waterenergie zijn niet meegenomen als opties. Voor de verhouding van de inzet van de verschillende duurzame energieopties is gekozen globaal aan te sluiten bij de ambities en streefbeelden van de Innovatieagenda van *Kas als Energiebron* aangevuld met extra inkoop van duurzame warmte en elektriciteit.

De vooruitblik gemaakt voor dit scenario kan evenwel gemaakt worden met andere verhoudingen van de duurzame opties. Andere verhoudingen zullen de verminderde beschikbaarheid van CO_2 beïnvloeden. De limieten, als gevolg van verandering van het scenario, liggen tussen een verminderde beschikbaarheid van circa 1.000 kton tot circa 2.500 kton CO_2.

Deze spreiding is te bepalen door 'extreme scenario's uit te werken'. Wanneer er voor een ander scenario gekozen wordt, waar relatief meer nadruk op de 'warmte'-opties ligt, zal de beschikbaarheid van CO_2 verder afnemen. Wordt dit echter gedaan met bijvoorbeeld schone biomassabrandstoffen kan hier, na reiniging van de rookgassen, wel CO_2 beschikbaar komen. (In het extreme geval van louter toepassing van 'groen' gas is er zelfs geen verminderde beschikbaarheid.)

Wordt de inspanning naar de doelstelling van 20% duurzame energie in 2020 hoofdzakelijk ingevuld met 'elektriciteit'-opties, dan is de verminderde beschikbaarheid lager.[1]

Ontwikkeling CO_2-vraag

Bij het maken van deze vooruitblik zijn, behoudens het aandeel duurzame energie, alle overige bepalende factoren statisch gehouden. Een belangrijk aspect naar de invulling van de vraag is de vraag naar CO_2 zelf. Deze is onderhevig aan de trend van intensivering van de productie in de Nederlandse glastuinbouwsector. Deze intensivering heeft vraagverhogende, maar ook vraagverlagende effecten.

Er komen steeds meer rassen en teeltconcepten die per plant of oppervlakte-eenheid meerproductie mogelijk maken bij voldoende CO_2-gift. Dit betekent een verhoging van de vraag naar CO_2. Ook wordt er steeds lichter geteeld (ook onder invloed van kunstlicht): CO_2 zou de beperkende factor kunnen worden als de lichtintensivering niet vergezeld wordt van CO_2-intensivering.

Hiernaast staat de ontwikkeling van de steeds beter geïsoleerde kassen en zelfs gesloten teelt. Door het gebruik van dichtere kassen, geforceerde ontvochtiging via luchtbehandeling en geconditioneerd telen en zelfs het actief koelen van het kasklimaat kan men langer de gewenste, hoge CO_2-concentraties in de kas realiseren terwijl er minder CO_2 gedoseerd wordt.

Ten slotte is het verbeterde inzicht in de optimalisatie van de CO_2-dosering een belangrijke factor. Bedrijven zoeken en vinden inzicht in hoeveel en wanneer het doseren het meeste rendement geeft.

Kortom, het streven naar betere productieresultaten leidt tot de ontwikkeling van kennis en de toepassing van technieken die ook effect hebben op de vraag naar CO_2 en de wijze van doseren van CO_2. De vraag naar CO_2 zal hierom in 2020 anders (verdeeld) zijn dan in 2008.

[1] In het gekozen scenario is de helft van alle elektriciteit duurzaam ingekocht. Als alle elektriciteit duurzaam zou worden ingekocht, is dit 7,5% van de beoogde 20% duurzame energie.

Energievoorziening 2008: Verkoop van elektriciteit

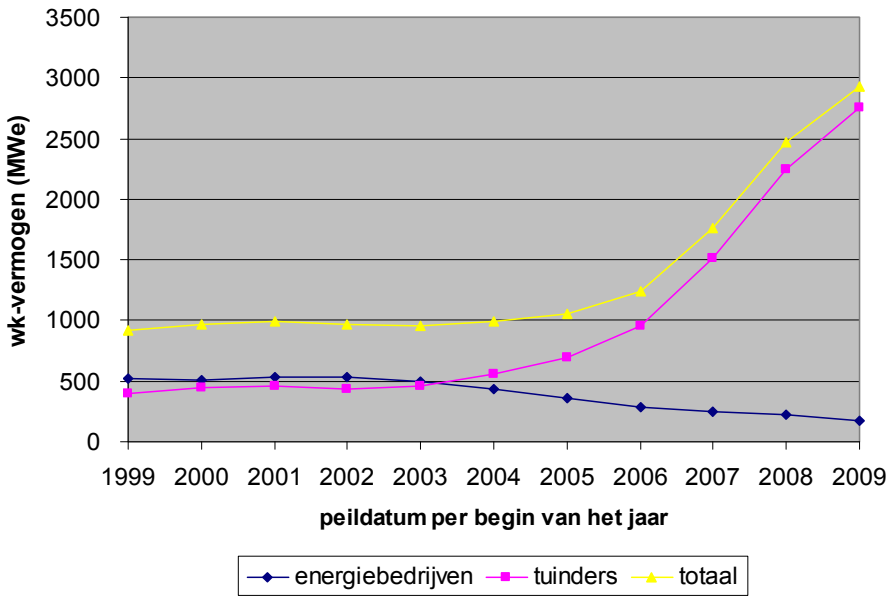
In de uitwerkingen van hoofdstuk 3 is uitgegaan van dezelfde samenstelling van de sector, met de energievoorziening van 2008 in 2020. Gekozen is om de dynamiek voor de prognose 2020 te leggen bij één van de doelen die de sector met de overheid heeft afgesproken (het aandeel duurzame energie).

De referentiebron voor CO_2 in 2008 zijn de rookgassen afkomstig van gasmotoren, omdat het deze bedrijven zijn waar het aandeel duurzame energie praktisch gezien het best verbeterd kan worden. Glastuinbouwbedrijven maken gebruik van de energiemarkt en de stabiele beschikbaarheid en kwaliteit van aardgas om met gasmotoren (wkk) warmte, elektriciteit en rookgassen te produceren. Warmte en rookgassen worden aangewend in de glastuinbouw zelf, maar een groot deel van de elektriciteit wordt verkocht aan derden.

Het aantal en het vermogen wkk is de laatste jaren sterk gegroeid (figuur 5.1), hiervan is het overgrote deel (circa 90%) gekoppeld aan het openbaar elektriciteitsnet. Wkk is hierdoor 'de' dominante omzettingstechniek voor energie in de glastuinbouw en levert naast een besparing op het primair brandstofverbruik en kostenefficiëntie hiermee een belangrijke hoeveelheid CO_2 voor de bemesting van het gewas.

Experts veronderstellen dat circa twee derde van de wkk's ingezet wordt voor het doseren van rookgassen, omdat zij zijn uitgerust met een voorziening voor rookgasreiniging.

Figuur 5.1 **Ontwikkeling vermogen wkk in de glastuinbouw - voorlopige data 2009**



Bron: Van der Velden et al. (2009).

Als door marktomstandigheden of andere ontwikkelingen het in het traject naar 2020 niet meer mogelijk (rendabel) is om elektriciteit te verkopen uit eigen opwekking met wkk, heeft dit grote consequenties voor de CO_2-voorziening van de glastuinbouw. Oorzaken kunnen zijn:

- brandstofkosten (aardgas) zijn te hoog in relatie tot de verkoopopbrengsten van elektriciteit;
- verschillen tussen spot- en termijnmarkt (sparkspread) zijn dusdanig dat eigen opwekking niet rendabel is.

In deze paragraaf wordt het volume CO_2 dat ter discussie komt bij een dergelijke ontwikkeling, behandeld.

Eind 2008 was het vermogen van wkk in de glastuinbouw circa 2.800 MW_{el}. Het deel van de productie (circa 11 miljard kWh) dat werd verkocht bedroeg 7,2 miljard kWh elektriciteit. Parallel aan deze verkochte elektriciteit werden globaal 1 miljard aardgasequivalenten warmte door de glastuinbouw toegepast. Voor dit deel van de productie is circa 2,1 miljard m^3 aardgas gebruikt en kwam 3,7 Mton CO_2 beschikbaar.

Niet alle beschikbare CO_2 is ook als bemesting gedoseerd, immers niet al het vermogen is uitgerust met rookgasreiniging én de productie van elektriciteit vindt niet altijd plaats tijdens CO_2-vraag van de teelt.

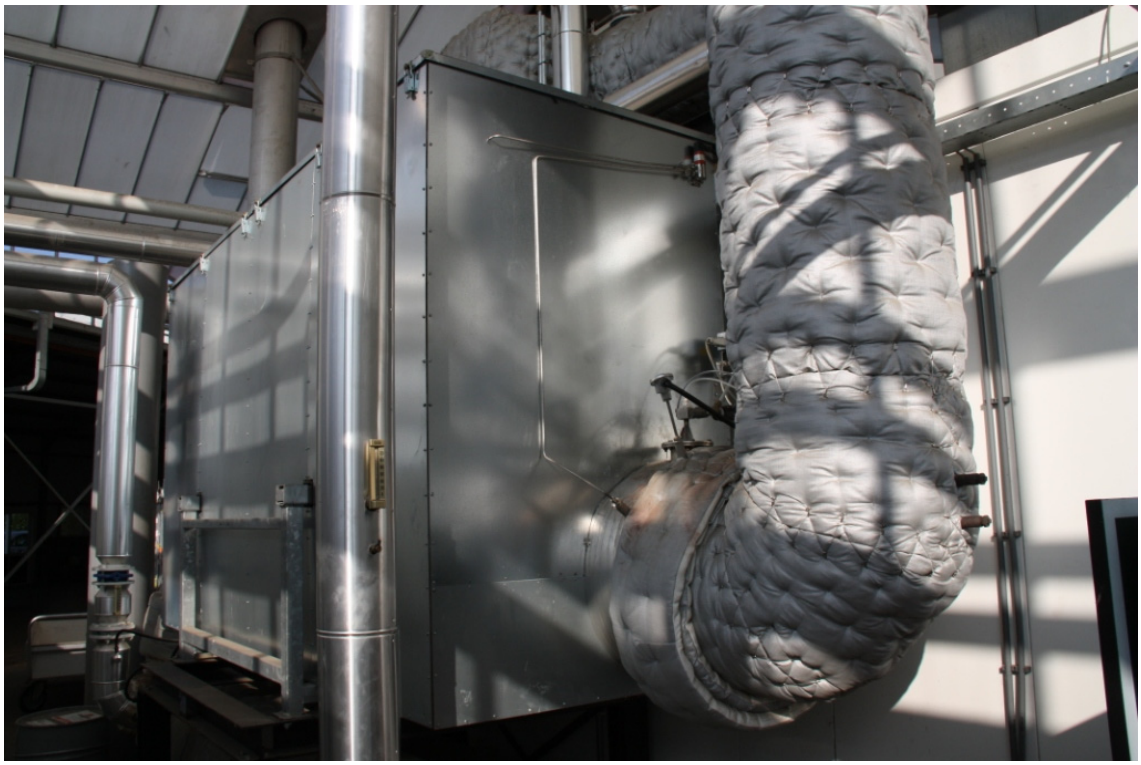
Zoals eerder aangegeven heeft twee derde van de wkk's een nageschakelde rookgasreiniger. Onder wkk's netparallel geschakeld (geschikt voor teruglevering) is dit aandeel zelfs hoger, want wkk in eilandschakeling (los van het openbaar net) draaien voornamelijk in de winter. Verondersteld wordt dat 70% van het wkk-vermogen in de glastuinbouw dat elektriciteit verkoopt rookgasreiniging in gebruik heeft.

De tijd dat de wkk in bedrijf is tijdens de CO_2-vraag is een ander aspect. Ingeschat wordt dat circa 70% van deze tijd elektriciteit geproduceerd wordt voor verkoop. Uit deze aannames kan worden afgeleid dat 1,9 Mton bruikbare CO_2 vrijkomt bij de verkoop van elektriciteit.

Los van de problematiek met betrekking tot de energiekostensituatie en het behalen van de doelen uit het Agro-convenant maakt deze korte beschouwing duidelijk dat de inzet van wkk voor teruglevering ook essentieel is voor de CO_2-voorziening.

Met een toevoer van ten minste 1,9 Mton is het volume CO_2 uit wkk tijdens verkoop van elektriciteit maar liefst vier keer het volume dat in 2008 extern door de tuinbouw wordt aangekocht.

Het feit dat wkk een dominante techniek is, maakt het zeer belangrijk dit onderzoek in de juiste context te plaatsen. Immers, het stoppen van de verkoop van elektriciteit geproduceerd door wkk is een extreme voorstelling. Extreem, omdat de oorzaken waarom dit zou kunnen plaatsvinden ook grote effecten hebben op andere aspecten van de bedrijfsvoering. Niet in de laatste plaats de eigen energievoorziening en -vraag.



Gasmotor met rookgasreiniging

Ook zal dit grote effecten hebben ten aanzien van de doelen op het vlak van energie-efficiëntie en CO_2-emissie uit het Agro-convenant.

Het wegvallen van de mogelijkheid om met rendement elektriciteit te verkopen via aardgasgestookte wkk, heeft ook gevolgen voor de elektriciteitsproductie voor eigen toepassing. Veel bedrijven zullen de wkk niet meer rendabel kunnen exploiteren en moeten uitwijken naar de inkoop van elektriciteit van derden. De bedrijven zullen de warmteproductie parallel aan de elektriciteitsproductie voor verkoop alternatief invullen.

Aan de andere kant is duidelijk gesteld dat het verkoop van elektriciteit uit aardgasgestookte wkk betreft. Als voor deze installaties een brandstof alternatief beschikbaar is, kunnen de installaties blijven draaien. Dit alternatief dient in de eerste plaats betaalbaar te zijn en hierbij dient rekening gehouden te worden met de beschikbaarheid van bruikbare CO_2: óf het alternatief geeft bruikbare rookgassen óf het is dusdanig betaalbaar dat bedrijven extern CO_2 kunnen aankopen om te blijven draaien.

6 Conclusie

Verminderde beschikbaarheid van CO_2 door toepassing van duurzame energie

Het aandeel duurzame energie ten opzichte van het totaal netto-energiegebruik was 1,2%; hierdoor kwam er circa 120 kton minder CO_2 beschikbaar voor de gewasproductie.

In 2008 betrok de glastuinbouw 465 kton CO_2 van derden. Dit kan als de standaardvraag naar externe CO_2 beschouwd worden. Bijna twee derde hiervan werd in het Westland en het Oostland afgenomen van het OCAP-project (centraal aangeleverde zuivere CO_2 uit de industrie).

In het Agro-convenant is de overheid met de glastuinbouw een doelstelling overeengekomen van 20% toepassing van duurzame energie in 2020. In een scenario uitgewerkt voor 2020 met een aandeel duurzame energie van 20% zal er hierdoor circa 1.200 kton minder CO_2 beschikbaar zijn.

Wanneer de in 2008 extern betrokken CO_2 als mix van de standaardvraag en -compensatie voor de reeds toegepaste duurzame energie gezien wordt, ontstaat er in de vooruitblik naar 2020 een vraag van 1.550 kton CO_2.

In de verschillende mogelijke scenario's ligt de spreiding van de verminderde beschikbaarheid van CO_2 als gevolg van vervanging fossiele energie door duurzame energie globaal tussen de 1.000 en 2.500 kton CO_2.

Alternatieve bronnen van CO_2

De vraag naar aanvullende CO_2 kan ingevuld worden door de uitbreiding van bestaande, toegepaste technieken en de introductie van nieuwe bronnen. Op dit moment zijn er diverse bronnen in beeld:

- schone rookgassen van grootschalige energiecentrales (direct of na opslag);
- CO_2 van de (proces)industrie;
- CO_2 uit biomassa of biomassaconversie;
- lokale opslag van CO_2 uit eigen energievoorziening;
- 'groen gas' (Groningen kwaliteit aardgas met duurzaamheidcertificaat).

Het lijkt dat deze alternatieve bronnen voor CO_2 niet alle extra vraag kunnen dekken, als gevolg van het gebrek aan infrastructuur. Maar ook het ontbreken van een bekende, gebundelde vraag, te lage technische prestaties en kostenoverwegingen. Hiernaast is het zo dat reiniging van - of extractie van CO_2 uit - onzuivere CO_2-bronnen veel energie kan kosten en dit kan het beoogde doel van toepassing van duurzame energie tenietdoen.

Aanbevelingen

Er is dynamiek in de ontwikkeling en toepassing van energie in de glastuinbouw, duurzame energie en de verschillende transitiepaden. Dit blijkt uit de *Energiemonitor* en uit gesprekken met tuinbouwondernemers, -leveranciers en beleidsmakers betrokken bij de sector. De streefbeelden van het programma 'Kas als Energiebron' ten aanzien van de toepassing van de opties in de sector worden daarom ook periodiek tegen het licht gehouden in de Innovatieagenda van het programma.

In vervolg op dit onderzoek kan aan de hand van de hier gehanteerde methodiek bepaald worden wat de verminderde beschikbaarheid van CO_2 is bij verandering van de streefbeelden en bij andere dan het bij dit onderzoek gekozen scenario.

Naast het geven van inzicht in de invulling van de CO_2-vraag bij verschillende streefbeelden voor de sector, kan ook het bekijken van individuele paden inzicht verschaffen. Ruimtelijke, financiële, energie- en emissieaspecten van transitiepaden staan vooral in de belangstelling. Omdat CO_2 een zo'n bepalende voorwaarde is voor de teelt en het slagen van duurzame energieopties is het belangrijk inzicht te hebben hoe de CO_2-voorziening is ingevuld. Het is een aanbeveling bij het beschrijven van een optie of een project ook stil te staan bij de verminderde beschikbaarheid van CO_2 en de invulling van de CO_2-vraag.

Literatuurlijst en websites

Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren. Den Haag, 2008.

Innovatieagenda tot en met 2012, Kas als Energiebron. Zoetermeer, 2009.

Wolff, J.J. de, *Inventarisatie beschikbaarheid en kwaliteit van CO_2-stromen voor de glastuinbouw*. KEMA, Arnhem, 2009.

Huibers, M., B. in 't Groen, P. Geerdink en M. Linders, *Winning en opslag van CO_2 uit WKK rookgassen*. KEMA en TNO, Arnhem, 2009.

Snel, J. en A. Dieleman, *Naar een verbetering van de CO_2-efficiëntie van glastuinbouwgewassen*. Wageningen UR Glastuinbouw, 2009.

Velden, N.J.A. en P.X. Smit, *Energiemonitor van de Glastuinbouw 2008*. LEI Wageningen UR, Den Haag, 2009.

Smit, P.X. en N.J.A. van der Velden, *Energiebenutting warmtekrachtkoppeling in de Nederlandse glastuinbouw*, LEI Wageningen UR, Den Haag, 2008.

Websites

- www.energiek2020.nu
- www.tuinbouw.nl
- www.kasalsenergiebron.nl
- www.wur.nl

Bijlage 1

Energiebalans glastuinbouw 2008

Tabel B1.1	**Energiebalans van de glastuinbouw onderverdeeld naar fossiele en duurzame energie (2008)**					
Energie-inname	**Volume**	**Eenheid**		**Energielevering**	**Volume**	**Eenheid**
Fossiel				*Fossiel*		
- brandstof	3.420	$\times 10^6$ $m^3_{a.e.}$		- brandstof	-	$\times 10^6$ $m^3_{a.e.}$
- warmte	7,5	$\times 10^6$ GJ		- warmte	0 a)	$\times 10^6$ GJ
- elektriciteit	2.500	$\times 10^6$ kWh	**Sector**	- elektriciteit	3.540	$\times 10^6$ kWh
Duurzaam				*Duurzaam*		
- brandstof	6	$\times 10^6$ $m^3_{a.e.}$		- brandstof	-	$\times 10^6$ $m^3_{a.e.}$
- warmte	0,5	$\times 10^6$ GJ		- warmte	-	$\times 10^6$ GJ
- elektriciteit	74	$\times 10^6$ kWh		- elektriciteit	7	$\times 10^6$ kWh

a) wordt netto weergegeven in de Energiemonitor
Bron: Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw (2008); Van der Velden et al. (2009)

Bijlage 2

Duurzame energie: 2008 en vooruitblikken

Tabel B2.1	Verdeling duurzame energieopties in 2008						
Duurzame energie 2008		**Areaal**	**Duurzame energie**	**Totaal energie**	**Intensiteit**	**Aandeel**	**Aandeel**
Energiemonitor 2008		**ha**	**GJ**	**GJ**	**GJ/ha**	**% (DE)**	**% (totaal)**
Aardwarmte	E	0	0		0	0	0,0
	W	15	120.000		8.000	8	0,1
Biomassa	E	10	1.000		100	0	0,0
	W	15	120.000		8.000	8	0,1
Water	E	0	0		0	0	0,0
	W	0	0		0	0	0,0
Wind	E	0	0		0	0	0,0
	W	0	0		0	0	0,0
Zon	E	0	0		0	0	0,0
	W	169	676.000		4.000	47	0,6
Inkoop	E	-	389.000			27	0,3
	W	33	140.250		4.250	10	0,1
Totaal		*242*	*1.446.250*	*116.600.000*		*100,0*	*1,2*

Bron: Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw (2008); Van der Velden et al., (2009).

Tabel B2.2	Verdeling duurzame energieopties in scenario 2020						
Duurzame energie '2020'		**Areaal**	**Duurzame energie**	**Totaal energie**	**Intensiteit**	**Aandeel**	**Aandeel**
Vooruitblik Agro-convenant		**ha**	**GJ×10^3**	**GJ**	**GJ×10^3/ha**	**% (DE)**	**% (totaal)**
Aardwarmte	E	0	0		0	0,0	0,0
	W	500	4.000.000		8.000	17,2	3,4
Biomassa	E	750	4.125.000		5.500	17,7	3,5
	W	1.000	7.500.000		7.500	32,2	6,4
Water	E	0	0		0	0,0	0,0
	W	0	0		0	0,0	0,0
Wind	E	0	0		0	0,0	0,0
	W	0	0		0	0,0	0,0
Zon	E	200	200.000		1.000	0,9	0,2
	W	500	2.000.000		4.000	8,6	1,7
Inkoop	E	-	4.480.000		0	19,2	3,8
	W	250	1.000.000		4.000	4,3	0,9
Totaal		*2.450*	*23.305.000*	*116.600.000*		*100,0*	*20,0*

Het LEI ontwikkelt voor overheden en bedrijfsleven economische kennis op het gebied van voedsel, landbouw en groene ruimte. Met onafhankelijk onderzoek biedt het zijn afnemers houvast voor maatschappelijk en strategisch verantwoorde beleidskeuzes.

Het LEI is een onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre). Daarbinnen vormt het samen met het Departement Maatschappijwetenschappen van Wageningen University en het Wageningen UR Centre for Development Innovation de Social Sciences Group.

Meer informatie: www.lei.wur.nl

LEI-nnota 10-034