

Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2012



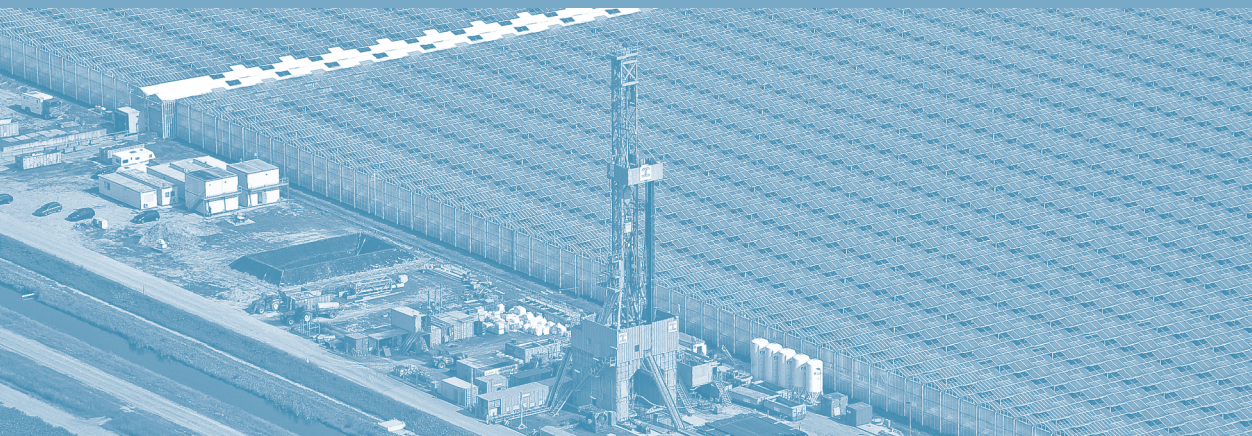
LEI

WAGENINGEN UR

Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2012

Nico van der Velden
Pepijn Smit

LEI-rapport 2013-061
December 2013
Projectcode 2275000293
LEI Wageningen UR, Den Haag



Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2012

Velden, N.J.A. van der en P.X. Smit

LEI-rapport 2013-061

ISBN/EAN: 978-90-8615-658-0

68 p., fig., tab., bijl.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van
Economische Zaken en Productschap Tuinbouw.



Ministerie van Economische Zaken

Productschap  Tuinbouw



Foto omslag: Energie Combinatie Wieringermeer (ECW)

Foto's binnenwerk: LEI, Agro AdviesBuro, Green Well Westland en Jami

Bestellingen

070 3358330

publicatie.lei@wur.nl

Deze publicatie is beschikbaar op www.wageningenUR.nl/lei

© LEI, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2013

Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

Het LEI is ISO 9001:2008 gecertificeerd.

Inhoud

	Woord vooraf	6
	Samenvatting	8
	S.1 Belangrijkste uitkomsten	8
	S.2 Overige uitkomsten	9
	S.3 Methode	10
	Summary	11
	S.1 Key findings	11
	S.2 Complementary findings	12
	S.3 Methodology	13
1	Inleiding	14
	1.1 Beleidsmatige achtergronden	14
	1.2 Glastuinbouw en energie	16
	1.3 De Energiemonitor	18
2	Energie-indicatoren	19
	2.1 Inleiding	19
	2.2 Energie-efficiëntie	19
	2.3 CO ₂ -emissie	21
	2.4 Aandeel duurzame energie	22
	2.5 Achtergronden	23
3	Duurzame energie	26
	3.1 Vormen	26
	3.2 Achtergronden	27
4	Warmtekrachtkoppeling en elektriciteitsbalans	32
	4.1 Inleiding	32
	4.2 Inkoop warmte	32
	4.3 Wk-installaties glastuinbouwbedrijven	33
	4.4 Elektriciteitsbalans glastuinbouw	37
	4.5 WK-installaties en energiekosten	39
5	Transitiepaden Kas als Energiebron	41
	5.1 Inleiding	41
	5.2 Totaalbeeld transitiepaden	41
	5.3 Achtergronden, toepassing en reductie CO ₂ -emissie per pad	45
6	Conclusies en aanbevelingen	54
	Literatuur en websites	57
	Bijlagen	59
	1 Definities, methode en bronnen	59
	2 Overzicht kenmerken en energie-indicatoren glastuinbouw	64
	3 Energiegebruik glastuinbouw	65
	4 Gebruik en reductie CO ₂ -emissie per transitiepad	66
	5 Inkoop duurzame(re) energie en reductie CO ₂ -emissie	67

Woord vooraf

De Nederlandse glastuinbouw is bezig met een energietransitie. Inmiddels wordt op grote schaal elektriciteit geproduceerd en verkocht. Daarnaast zijn de productie, inkoop en verkoop van duurzame energie in opkomst. Deze transitie wordt ingegeven door verschillende factoren: het effect op het klimaat, de stijgende energieprijzen, slinkende voorraden fossiele brandstof, afnemende voorzieningszekerheid, het imago van de glastuinbouw en de duurzaamheidwensen van afnemers en consumenten in binnen- en buitenland. Dit verklaart waarom energie een belangrijk thema is voor de Topsector Tuinbouw en Uitgangsmaterialen. Vanuit de gemeenschappelijke belangen is het streven van zowel de glastuinbouw als de overheid om het fossiele brandstofverbruik te reduceren.

In 2008 is het Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren (Agroconvenant) afgesloten tussen de Nederlandse overheid en de agrosectoren. Hierin zijn voor de glastuinbouw doelen en ambities opgenomen voor de CO₂-emissie, de energie-efficiëntie en het aandeel duurzame energie in 2020. Daarnaast is er een CO₂-streefwaarde voor de teelt en een emissieruimte voor de totale CO₂-emissie overeengekomen. Deze emissieruimtes zijn de basis voor het CO₂-sectorsysteem voor de glastuinbouw.

In 2002 is een transitieprogramma opgesteld onder de naam 'Kas als Energiebron' (KaE). Daarin werken de glastuinbouw en de Nederlandse overheid samen aan de ambitie om in 2020 in nieuwe kassen klimaatneutraal en economisch rendabel te telen. Het programma KaE is het beleids- en uitvoeringsprogramma om de doelen in het Agroconvenant te realiseren en omvat zeven transitiepaden: Teeltstrategieën, Licht, Zonne-energie, Aardwarmte, Biobrandstoffen, Duurzame(re) elektriciteit en Duurzame(re) CO₂.

In 2013 kwam het SER Energieakkoord tot stand. Hierin zijn voor de glastuinbouw aanvullende afspraken gemaakt, welke relevant worden voor de monitor vanaf 2013.

De Energiemonitor Glastuinbouw volgt de ontwikkeling van het energiegebruik, de energie-indicatoren, de voortgang op de transitiepaden van KaE en de benutting van de CO₂-emissieruimte. Bovendien vormt het de basis voor ander aan energie gerelateerd onderzoek. De gegevens worden ook gebruikt voor de Nederlandse Energiebalans van het Centraal Bureau voor de Statistiek.

Het LEI voert de Energiemonitor Glastuinbouw uit in opdracht van het Productschap Tuinbouw (PT) en het ministerie van Economische Zaken (EZ) in het kader van KaE. De leden van de begeleidingscommissie zijn P. Broekharst (PT), M. Root (EZ) en O. Hietbrink (LEI). De onderzoekers zijn alle partijen die voor dit project informatie hebben aangedragen dank verschuldigd. Aan het onderzoek hebben meegewerkt Nico van der Velden (projectleider), Jeroen Hammerstein, Ruud van der Meer en Pepijn Smit.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'L.C. van Staalduinen'. The signature is fluid and cursive, with the first letters of the first and last names being capitalized and prominent.

Ir. L.C. van Staalduinen
Algemeen Directeur LEI Wageningen UR

Samenvatting

S.1 Belangrijkste uitkomsten

De glastuinbouw in 2012: verslechterde energie-efficiëntie, maar minder CO₂-emissie en een groter aandeel duurzame energie.

Energie-efficiëntie [zie paragraaf 2.2]

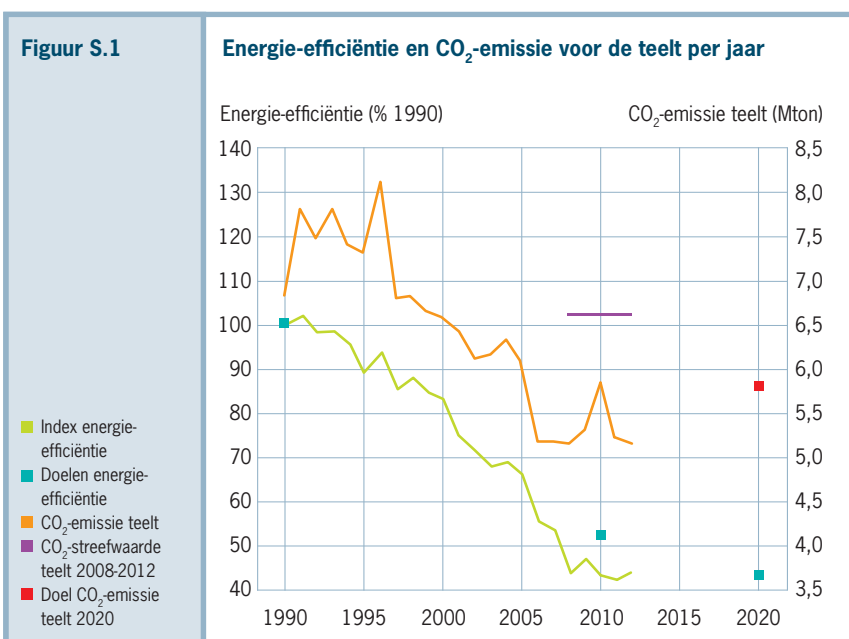
De glastuinbouw gebruikte in 2012 56% minder primaire brandstof per eenheid product dan in 1990 (figuur S.1). De energie-efficiëntie is daarmee nog 1 procentpunt verwijderd van het doel van 57% voor 2020 in het Agroconvenant [zie paragraaf 1.1]. In 2012 trad een verslechtering op met 1 procentpunt. Dit komt door een toename van het primaire brandstofverbruik met 2,5% en een afname van de fysieke productie met 0,5%. Over de gehele periode 2008-2012 is de energie-efficiëntie min of meer stabiel.

CO₂-emissie [zie paragraaf 2.3]

In 2012 nam zowel de totale CO₂-emissie (inclusief verkoop elektriciteit) als de CO₂-emissie voor de teelt (exclusief verkoop elektriciteit) af. De totale CO₂-emissie daalde met 0,4 Mton tot 7,2 Mton. De CO₂-emissie voor de teelt nam met 0,05 Mton af tot 5,1 Mton (figuur S.1). De CO₂-emissie voor de teelt ligt daarmee onder de streefwaarde voor de periode 2008-2012 (6,6 Mton) en zit 0,7 Mton onder het doel voor 2020 uit het Agroconvenant (een reductie van 1 Mton ten opzichte van 1990). In 2012 ligt de totale CO₂-emissie 1,0 Mton boven de emissieruimte voor 2020 [zie paragraaf 1.1].

Duurzame energie [zie paragraaf 2.4]

Het aandeel duurzame energie nam in 2012 met 0,4 procentpunt toe tot 2,3%. Voor de doelstelling in het Agroconvenant van 20% in 2020 zijn dus nog bijna 18 procentpunten te gaan. De groei van het aandeel duurzaam komt door de toename van het gebruik van duurzame energie en door de afname van het totale energiegebruik van de glastuinbouw. Duurzame energie omvat in afnemende volgorde van gebruik: zonnewarmte, inkoop van duurzame elektriciteit, biobrandstoffen, aardwarmte, inkoop van duurzame warmte en duurzaam gas. De groei zat in 2012 bij aardwarmte, biobrandstoffen en inkoop van duurzame warmte. Duurzame energie wordt toegepast op grote en kleine bedrijven.



S.2 Overige uitkomsten

Wk-installaties, elektriciteitsbalans en duurzame energie [zie hoofdstuk 4]

Het elektrisch vermogen van warmtekrachtinstallaties (wk-installaties) van tuinders nam in 2012 toe tot meer dan 3.000 MW. De gemiddelde gebruiksduur bleef met zo'n 4.000 uur vrijwel gelijk. De elektriciteitsproductie ligt de laatste drie jaar rond de 12 miljard kWh. Dit is ruim 10% van de nationale consumptie.

Door benutting van warmte uit de wk-installaties is de nationale CO₂-emissie ten opzichte van 1990 met 2,1 Mton gereduceerd. Dit is 0,2 minder dan het doel voor 2020 uit het Agroconvenant (2,3 Mton reductie). Door het gebruik van wk's is de energie-efficiëntie 19 procentpunten beter dan in een situatie zonder wk's.

De elektriciteitsconsumptie door de glastuinbouw is, na stabilisatie in 2011, in 2012 toegenomen tot 6,8 miljard kWh. Dit is bijna 6% van de nationale consumptie. In 2012 hing 44% van de CO₂-emissie van de teelt samen met de elektriciteitsproductie door wk-installaties. Het aandeel van de elektriciteitsconsumptie in het primaire brandstofverbruik bedroeg 68%. De verduurzaming van de elektriciteitsconsumptie is daardoor belangrijk voor zowel de energie-efficiëntie als de CO₂-emissie.

Door de kleinere spark spread is het gunstige effect van de wk-installaties op de netto-energiekosten in 2012 verminderd. Dit stimuleert de reductie van de energievraag en het gebruik van duurzame energiebronnen en remt de intensivering.

Transitiepaden [zie hoofdstuk 5]

Wk-installaties werden in 2012 toegepast op zo'n 7.000 ha. Dit is circa 70% van het totale areaal. De paden Zonne-energie, Biobrandstoffen en Aardwarmte werden per eind 2011 toegepast op respectievelijk 237, 112 en 73 ha. Dit is respectievelijk 2,4, 1,1 en 0,7% van het areaal. Hiermee werd een reductie van de CO₂-emissie gerealiseerd van 0,08 Mton.

De paden Teeltstrategieën (luchtbehandeling), Natuurlijk licht (diffuus glas) en Belichting (ledlicht) werden in 2012 toegepast op respectievelijk 119, 74 en 4 ha. Deze drie de paden lieten daarmee een toename zien, maar de groei was minder dan in 2011. De sterkste groei trad op bij diffuus glas.

De inkoop van duurzame(re) CO₂ lag rond de 0,5 Mton en nam de laatste twee jaar licht af.

Primair brandstofverbruik

Het primaire brandstofverbruik wordt beïnvloed door het gebruik van wk-installaties, inkoop van warmte, inkoop en productie van duurzame energie, energiebesparing (vraagreductie) en intensivering van de teelt. In de periode 2006-2012 was het effect van intensivering groter dan dat van energiebesparing.

S.3 Methode

Het LEI kwantificeert jaarlijks in opdracht van het PT en het ministerie van EZ de ontwikkeling van de energie-indicatoren energie-efficiëntie, CO₂-emissie en aandeel duurzame energie in de glastuinbouw, omdat hierover in het Agroconvenant doelen en ambities zijn afgesproken. Bovendien brengt de Energiemonitor de ontwikkeling van de transitiepaden van het transitieprogramma KaE in kaart. Voor de monitor is een systematiek ontwikkeld, waarin een reeks van informatiebronnen door sectordeskundigen wordt gecombineerd. Deze methode is uitgewerkt in een protocol [[link naar protocol](#)].



Luchtbehandelingskasten in gevel in combinatie met Het Nieuwe Telen

Summary

Energy Monitor for the Dutch greenhouse sector, 2012

S.1 Key findings

Greenhouse horticulture in 2012: worsened energy efficiency, but lower CO₂ emissions and a larger proportion of sustainable energy.

Energy efficiency

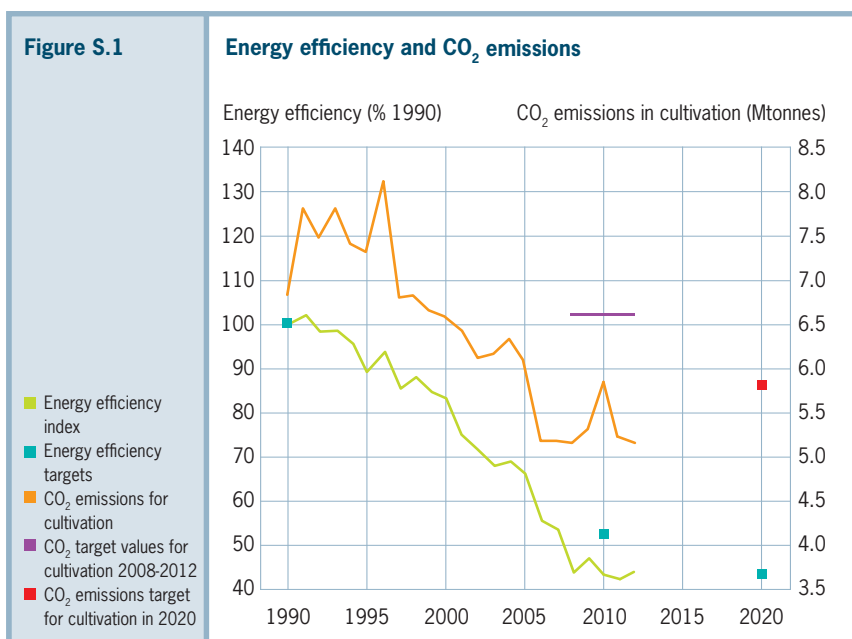
The greenhouse horticulture sector used 56% less primary fuel per unit of product in 2012 as compared to 1990 (figure S.1). Consequently, energy efficiency is still one percentage point away from the target of 57% for 2020 as stated in the Agro covenant. In 2012, the situation suffered a setback of one percentage point. This was caused by a 2.5% increase in primary fuel consumption and a 0.5% decrease in physical production. Over the period from 2008 to 2012 as a whole, energy efficiency reached a more or less stable state.

CO₂ emissions

2012 saw a decrease in both CO₂ emissions in cultivation (excluding sales of electricity) and total CO₂ emissions (including sales of electricity). Total CO₂ emissions decreased by 0.4 megatonnes to 7.2 megatonnes. The CO₂ emissions in cultivation fell by 0.05 megatonnes to 5.1 megatonnes (figure S.1). This means that CO₂ emissions in cultivation are under the target value for the period 2008-2012 (6.6 megatonnes) and are only 0.7 megatonnes removed from the Agro covenant target for 2020 (reduction by 1 megatonne compared to 1990). In 2012 the total CO₂ emissions is 1.0 Mtonnes above the CO₂ emissions cap for 2020.

Sustainable energy

The proportion of sustainable energy increased in 2012 by 0.4 percentage points to 2.3%. A further increase of almost 18 percentage points is therefore necessary in order to achieve the Agro covenant target of 20% in 2020. The growth in the share of sustainable energy is due to the increase in the use of sustainable energy and the decrease in the total energy used in the greenhouse sector. Sustainable energy includes (in decreasing order of consumption): solar heat, bought-in sustainable electricity, biofuels, geothermal heat, bought-in sustainable heat and sustainable gas. The growth in 2012 lay primarily in geothermal heat, biofuels and bought-in sustainable heat. Sustainable energy is used at large and small businesses.



S.2 Complementary findings

Combined heat and power generators, electricity balance and sustainable energy

The power capacity of combined heat and power (CHP) generation increased in 2012 to more than 3,000 MW. The average length of use remained roughly the same at around 4,000 hours. Over the past three years, electricity production has been around 12 billion kWh. This amounts to more than 10% of the total national electricity consumption.

By using warmth from the CHP generators, the Netherlands has reduced its CO₂ emissions as compared to 1990 by 2.1 megatonnes. This is 0.2 megatonnes below the target for 2020 stated in the Agro covenant (a reduction of 2.3 megatonnes). The use of CHP generators boosts energy efficiency to 19 percentage points better than in a situation without CHP generators.

Following stabilisation in 2011, the electricity consumption of the greenhouse horticulture sector increased in 2012 to 6.8 billion kWh. This amounts to almost 6% of the total national electricity consumption. In 2012, 44% of the CO₂ emissions in cultivation were linked with production of electricity by CHP generators. The share of the electricity consumption in primary fuel consumption was 68%. The increased sustainability of electricity consumption is therefore important for both energy efficiency and CO₂ emissions.

The favourable impact of the CHP generators on net energy costs declined in 2012 due to the smaller spark spread. This promotes the reduction of the demand for energy and the use of sustainable energy resources, and slows down intensification.

Transition paths

CHP generators were used on around 7,000 hectares in 2012. This amounts to approximately 70% of the total area. The paths solar heat, biofuels and geothermal heat reached 237 hectares, 112 hectares and 73 hectares respectively by the end of 2011. This equates to 2.4%, 1.1% and 0.7% respectively of the total area and corresponds with a reduction in CO₂ emissions of 0.08 megatonnes.

The paths growing strategies (air treatment), natural light (diffuse glass), and artificial light (LED lighting) were in use on 119 hectares, 74 hectares, and 4 hectares respectively in 2012. These three paths therefore saw increases, but growth was lower than in 2011. The strongest growth was seen in diffuse glass.

Bought-in sustainable (or more sustainable) CO₂ was around 0.5 megatonnes and declined slightly over the past two years.

Primary fuel consumption

Primary fuel consumption is influenced by the use of CHP generators, the purchase of heat, the purchase and production of sustainable energy, energy savings (reduction of demand), and the intensification of cultivation. From 2006 to 2012, the effect of intensification was greater than that of energy savings.

S.3 Methodology

Each year, LEI is commissioned by the Product Board for Horticulture and the Dutch Ministry of Economic Affairs to quantify the development of the energy indicators of energy efficiency, CO₂ emissions, and the proportion of sustainable energy in greenhouse horticulture because targets and ambitions for these have been set out in the Agro covenant. In addition, the Energy Monitor maps out the application of the transition paths of the KaE (Greenhouse as Energy Source) transition programme. A system has been developed for the monitor which involves various information sources being combined by sector experts. This method has been worked out in a protocol.



1.1 Beleidsmatige achtergronden

Doelen, ambities en emissieruimtes

In de loop der jaren zijn tussen de glastuinbouw en de landelijke overheid meerdere doelen, ambities en emissieruimtes rond het gebruik van energie overeengekomen. Deze worden hierna beschreven en zijn samengevat in tabel 1.1.

Agroconvenant en Programma Kas als Energiebron

In 2008 is het Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren (Agroconvenant) afgesloten tussen de Nederlandse overheid en de Agrosectoren. Hierin zijn voor de glastuinbouw de volgende doelen en ambities opgenomen:

1. een totale emissiereductie van minimaal 3,3 Mton CO₂ per jaar in 2020 ten opzichte van 1990.
Hiervan wordt door de inzet van wkk¹ zo'n 2,3 Mton door de glastuinbouw op nationaal niveau gerealiseerd en circa 1,0 Mton is gerelateerd aan de teelt. De ambitie is een totale reductie van 4,3 Mton, waarvan 2,3 Mton op nationaal niveau (door wkk) en 2,0 Mton op teelniveau binnen de sector;
2. een verbetering van de energie-efficiëntie met gemiddeld 2% per jaar tot 2020;²
3. een aandeel duurzame energie van 4% in 2010 en 20% in 2020.³

Voor het bereiken van de doelen en ambities in het Agroconvenant werken de glastuinbouw en de rijksoverheid samen aan het energietransitieprogramma 'Kas als Energiebron' (KaE). De ambitie van KaE is dat vanaf 2020 in nieuwe kassen klimaatneutraal en economisch rendabel geteeld kan worden.

¹ Uit de toelichting bij het Agroconvenant is afgeleid dat dit de wk-installaties van de tuinders betreft en niet die van de energiebedrijven geplaatst op glastuinbouwbedrijven.

² De doelstelling voor 2020 is afgeleid van het doel in het convenant Glastuinbouw en Milieu (GlaMi). In het GlaMi-convenant is het doel voor 2010 35% met als basisjaar 1980; uitgaande van het basisjaar 1990 wordt dit 52%. Het doel voor 2020 wordt dan $(52\% \times (1-0,02)^{2020-2010}) = 43\%$.

³ Duurzame energie wordt ook wel hernieuwbare energie genoemd.

Tabel 1.1		Overzicht doelen, ambities en emissieruimte per energie-indicator voor de glastuinbouw	
Energie-indicator	Eenheid	2008-2012	2020
Energie-efficiëntie (doel)	%1990		43
CO ₂ -emissie	Mton		
- teelt (emissieruimte)		6,6	
- teelt (doel)			5,8
- teelt (ambitie)			4,8
- totaal (emissieruimte)			6,2
- wk (doel) a)			2,3
Aandeel duurzaam (doel)	%		20
a) Nationale reductie ten opzichte van 1990.			

CO₂-streefwaarde

Tussen de sector en de landelijke overheid is een streefwaarde voor de CO₂-emissie voor de teelt overeengekomen (Brief, 2007). Deze bedraagt 6,6 Mton per jaar in de periode 2008-2012.¹

CO₂-emissieruimte

In 2011 sloten glastuinbouw en Nederlandse overheid voor de periode 2013-2020 het 'Convenant CO₂ emissieruimte binnen het CO₂-sectorsysteem glastuinbouw' af. Hierin is voor het laatste jaar 2020 een totale emissieruimte opgenomen van 6,2 Mton CO₂. De emissieruimte voor het eerste jaar 2013 wordt vastgesteld op basis van *Energiemonitor Glastuinbouw* in 2010-2012.

Achtergronden van de indicatoren

De CO₂-emissie heeft betrekking op de absolute uitstoot van CO₂. Deze wordt bepaald met de Intergovernmental Panel on Climate Change methode (IPCC-methode) en heeft alleen betrekking op het fossiele brandstofverbruik door de glastuinbouw.

De energie-efficiëntie is een relatieve indicator, gedefinieerd als het primaire brandstofverbruik per geproduceerde eenheid (tuinbouw) product. Het primaire brandstofverbruik is de fossiele brandstof die nodig is voor de productie van de energie-input minus de fossiele brandstof die elders wordt uitgespaard door energie-output van de glastuinbouw. Daarnaast wordt rekening gehouden met de omvang van de tuinbouwproductie waarvoor de brandstof is ingezet. De energie-efficiëntie is daarmee een indicator voor de duurzaamheid van de productie.

Het aandeel duurzame energie is eveneens een relatieve indicator, die wordt uitgedrukt in procenten van het totale netto-energiegebruik van de glastuinbouw. Het totale netto-energiegebruik en de hoeveelheid duurzame energie worden bepaald op basis van de energie-inhoud van de afzonderlijke energiesoorten.

¹ Bij een toename van het areaal tot 11.500 ha wordt de streefwaarde 7,2 Mton per jaar.

De ambitie 'klimaatneutraal' van KaE betekent dat er in nieuwe kassen netto (inkoop minus verkoop) geen primair brandstof meer nodig is.

De definities, methodiek en gebruikte bronnen zijn vastgelegd in het *Protocol Energie-monitor Glastuinbouw* (Van der Velden, 2013). In bijlage 1 worden deze op hoofdlijnen toegelicht.

Bij de CO₂-emissie wordt gesproken over doelen c.q. ambities en over emissieruimte c.q. streefwaarde. Bij de doelen of ambities wordt beoogd niet meer CO₂ uit te stoten dan het doel of de ambitie. De emissieruimte geeft aan boven welke grens er betaald moet worden voor de uitstoot. Overschrijding van de grens op sectorniveau kost de bedrijven geld.

Kas als Energiebron en transitiepaden

De ambitie van KaE is dat er vanaf 2020 in nieuwe kassen klimaatneutraal rendabel geteeld kan worden. Dit vergt ingrijpende veranderingen in de teeltsystemen en de energiehuishouding op de bedrijven. De transitiepaden zijn gericht op vermindering van de energievraag en op duurzame en efficiëntere energieproductie. Het programma KaE omvat zeven transitiepaden (Jaarplan 2012): Teeltstrategieën, Licht, Zonne-energie, Aardwarmte, Biobrandstoffen, Duurzame(re) elektriciteit en Duurzame(re) CO₂. Bedrijven kunnen efficiënter geproduceerde en duurzame energie ook inkopen, maar dit behoort niet tot de transitiepaden.

CO₂-emissie en milieubelasting

Het fossiele brandstofverbruik en de totale CO₂-emissie door de glastuinbouw namen toe door de opkomst van de wk-installaties en de verkoop van elektriciteit (hoofdstuk 2). Daartegenover staat een reductie van de nationale CO₂-emissie door de wk-installaties. Deze op het oog tegenstrijdige ontwikkeling komt doordat de IPCC-methode alleen het gebruik van fossiele brandstof in de glastuinbouw in beschouwing neemt en niet de in- en verkoop van energie. De CO₂-emissie volgens de IPCC-methode heeft daardoor inhoudelijke beperkingen als maatstaf voor de milieubelasting, de milieuprestaties of het meten van de klimaatneutraliteit van een sector of een bedrijf. Het primaire brandstofverbruik is hiervoor wel geschikt en wordt daarom gebruikt om de reductie van de CO₂-emissie door de transitiepaden (hoofdstuk 5) te meten.

1.2 Glastuinbouw en energie

De ontwikkeling van het energiegebruik in de glastuinbouw wordt beïnvloed door intensivering, de wijze van energievoorziening en reductie van de energievraag (energiebesparing).

Intensivering

In de Nederlandse glastuinbouw is een continu proces van intensivering gaande. Intensivering is een economisch gedreven proces en gaat gepaard met een groeiende energiebehoefte.

De Nederlandse glastuinbouw kenmerkt zich door een hoge productie en dito kosten per m² kas. Het gematigde klimaat met zijn zachte winters en niet te warme zomers is gunstig voor de teelt van glastuinbouwproducten. Voortdurende innovatie van kassen, teeltsystemen en andere technologische hulpmiddelen zijn vooral gericht op verdere optimalisatie van de teeltomstandigheden. Hiermee richt de sector zich op het jaarrond leveren van kwaliteitsproducten voor topsegmenten op de internationale markt.

Het voorgaande gaat samen met een verschuiving naar meer warmteminnende gewassen en telen in de winterperiode. Ook wordt er meer en intensiever gebruik gemaakt van groeilicht en CO₂-dosering. Door belichting, het gebruik van duurzame(re) energiebronnen, intern transport en verdere optimalisatie van het kasklimaat groeit de elektriciteitsvraag (Van der Velden en Smit, 2013).

Energievoorziening en emissiereductie

De energievoorziening van de glastuinbouw brengt fossiel brandstofverbruik, zowel in als buiten de glastuinbouw met zich mee. Om beide te verlagen kunnen overeenkomstig de Trias Energetica drie wegen worden bewandeld:

1. reductie van de energievraag;
2. gebruik van duurzame energie;
3. efficiëntere energieproductie.

De energievraag kan verminderen door het gebruik van energiebesparende opties, zoals nieuwe kassen, energieschermen, efficiëntere lampen en energiezuinige teeltstrategieën. De productie van duurzame energie vindt plaats via een hernieuwbaar proces en hierbij komt per saldo geen CO₂ vrij. Energie is efficiënter te produceren met technologie die per eenheid geproduceerde energie minder brandstof vergt. Mogelijkheden daarvoor zijn rookgascondensators, warmtebuffers en vooral warmtekrachtkoppeling (wkk). Overigens is de energetische volgorde van de Trias Energetica niet per definitie ook de economisch optimale (paragraaf 5.2).

Naast deze drie wegen kan energie die door de glastuinbouw duurzaam of efficiënt is geproduceerd worden verkocht, waardoor de CO₂-emissie buiten de glastuinbouw afneemt.

1.3 De Energiemonitor

De *Energiemonitor* kwantificeert en analyseert de ontwikkelingen en achtergronden van de energie-indicatoren energie-efficiëntie, de CO₂-emissie en het aandeel duurzame energie. Als basis hiervoor worden zowel de energie-input, de energie-output en de elektriciteitsbalans (inkoop, verkoop, productie en consumptie) als de ontwikkeling van de fysieke productie van de glastuinbouw gekwantificeerd. Ook wordt de toepassing aan de transitiepaden van KaE in kaart gebracht. Van een aantal paden worden de effecten op de CO₂-emissie gekwantificeerd.

Deze rapportage bevat de definitieve cijfers tot en met 2011 en de voorlopige resultaten van 2012. Door het gebruik van aanvullende databronnen en actualisering van de temperatuurcorrectie voor het primaire brandstofverbruik zijn eerder gepubliceerde resultaten van de jaren tot en met 2011 deels aangepast.

De ontwikkeling van de energie-indicatoren en de achtergronden daarvan komen aan bod in hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 gaat nader in op het gebruik van duurzame energie. In hoofdstuk 4 staan warmtekrachtkoppeling en de elektriciteitsbalans van de glastuinbouw centraal. Hoofdstuk 5 betreft de monitor van de transitiepaden. De conclusies en aanbevelingen komen aan bod in hoofdstuk 6.

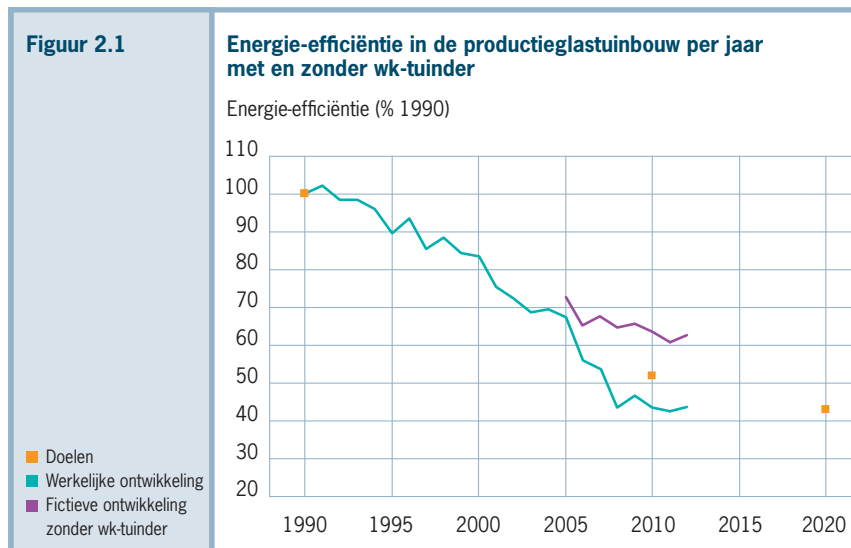


2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens de stand van zaken van de indicatoren energie-efficiëntie, CO₂-emisie en het aandeel duurzame energie behandeld. In de laatste paragraaf komen de achtergronden van de ontwikkelingen aan bod. Door het gebruik van aanvullende databronnen en actualisatie van de temperatuurcorrectie voor het primaire brandstofverbruik zijn eerder gepubliceerde resultaten van de drie energie-indicatoren van de jaren tot en met 2011 deels aangepast.

2.2 Energie-efficiëntie

De energie-efficiëntie is in 2012 met 1 procentpunt verslechterd en kwam uit op 44% ten opzichte van 1990 (figuur 2.1 en bijlage 2). Dit betekent dat de glastuinbouw in 2012 56% minder primaire brandstof per eenheid product gebruikte dan in 1990. De index is daarmee 1 procentpunt verwijderd van het doel van 43% voor 2020 uit het Agroconvenant.



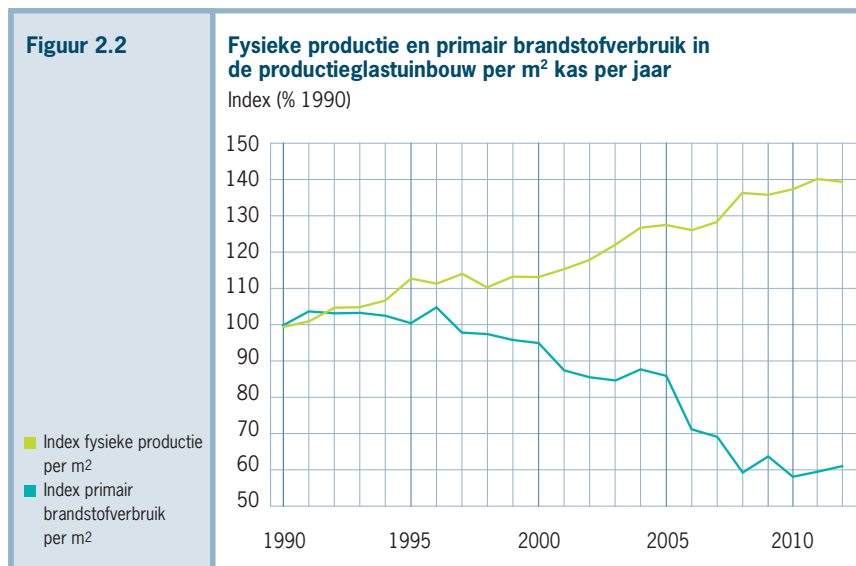
De verslechtering in 2012 hangt samen met een toename van het primaire brandstofverbruik per m² met 2,5% en een afname van de fysieke productie per m² met 0,5%. Over de gehele periode 2008-2012 is de energie-efficiëntie min of meer stabiel (figuur 2.1). Deze stabilisatie hangt samen met een toename van zowel het primaire brandstofverbruik per m² als van de fysieke productie per m², beiden met ruim 2%.

Primair brandstof

Het primaire brandstofverbruik per m² (figuur 2.2 en bijlage 2) laat over de gehele periode vanaf 1990 een daling zien. In 1990 werd ruim 45 m³ aardgasequivalenten (a.e.) per m² kas verbruikt. In 2012 was dit 27 m³ a.e., dus 18 m³ a.e. oftewel 39% minder. Circa twee derde van deze afname vond plaats in de periode 2005-2008. Dit komt vooral door de sterke groei van het wk-vermogen in deze periode, in combinatie met het gebruik van de vrijkomende warmte bij deze vorm van elektriciteitsproductie (hoofdstuk 4). Over de periode 2008-2012 is het primaire brandstofverbruik per m² met ruim 2% toegenomen (figuur 2.2).

Fysieke productie

De fysieke productie per m² liet over de gehele periode vanaf 1990 een stijgende trend zien, maar verschilt ook per deelperiode (figuur 2.2 en bijlage 2). Over de gehele periode vanaf 1990-2012 nam de fysieke productie per m² met 39% toe. Dat is gemiddeld 1,5% per jaar. Over de periode 2008-2012 steeg de fysieke productie ruim 2%.



2.3 CO₂-emissie

Totaal en teelt

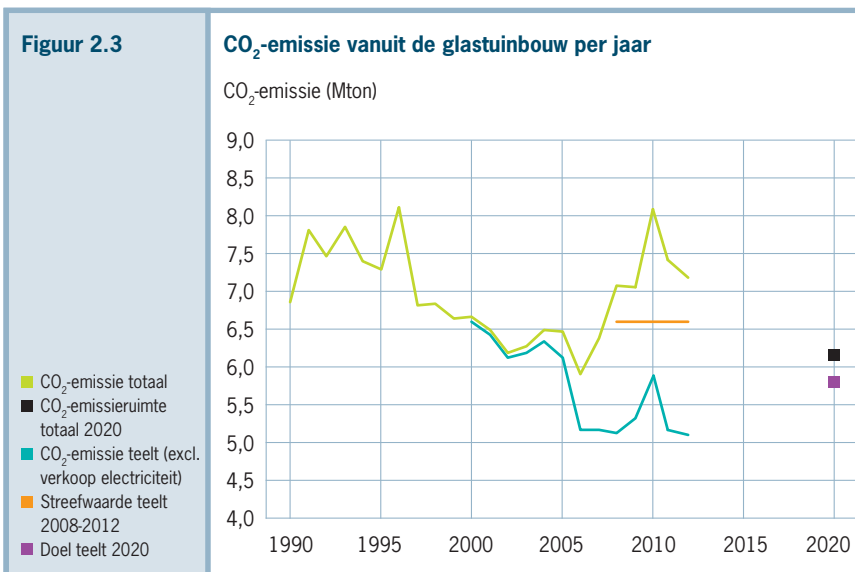
In 2012 nam zowel de totale CO₂-emissie van de glastuinbouw (inclusief verkoop elektriciteit) als de CO₂-emissie voor de teelt (exclusief verkoop elektriciteit) af.

De totale CO₂-emissie daalde met 0,4 Mton tot 7,2 Mton en zit daarmee 1,0 Mton boven de CO₂ emissieruimte voor 2020.

De CO₂-emissie voor de teelt nam in 2012 met 0,05 Mton af tot 5,1 Mton. Daarmee ligt deze 1,5 Mton onder de streefwaarde voor de periode 2008-2012 (6,6 Mton) en 1,7 Mton onder het niveau van 1990. Dit laatste is 0,7 Mton meer dan het doel voor 2020 uit het Agroconvenant (een reductie van 1 Mton ten opzichte van 1990) en 0,3 Mton minder dan de ambitie voor 2020 uit het Agroconvenant (een reductie van 2 Mton ten opzichte van 1990).

Het verschil tussen de totale CO₂-emissie en de CO₂-emissie voor de teelt is in 2012 met 0,1-0,2 Mton afgenomen tot 2,1 Mton. Dit komt doordat de glastuinbouw minder elektriciteit verkocht.

De CO₂-emissie voor de teelt is exclusief de verkoop van elektriciteit. Voor de ontwikkelingen in de glastuinbouw dient daarom naar de CO₂-emissie voor de teelt te worden gekeken. Over de gehele periode 1990-2012 daalde de CO₂-emissie voor de teelt met 1,7 Mton. Deze daling van 26% is de resultante van een vrijwel gelijk areaal in 2012 t.o.v. 1990 en een daling van het fossiele brandstofverbruik met 10 m³ a.e. per m² (26%) (figuur 2.4). De daling was het sterkst in de periode 2004-2006. In de periode 2006-2010



nam het fossiele brandstofverbruik toe. In de laatste twee jaren is wederom een daling zichtbaar.

In heel Nederland kwam de CO₂-emissie in 2012 uit op 166,1 Mton (bijlage 2), 104% meer dan in 1990. De glastuinbouw loopt bij de CO₂-emissie voor de teelt (-27%) dus ver voor op de landelijke ontwikkeling.

Wk-installaties

De wk-installaties van tuinders produceerden in 2012 zo'n 12 miljard kWh elektriciteit. Elektriciteitsproductie met wk-installaties brengt extra aardgasverbruik in de glastuinbouw met zich mee. De elektriciteitsverkoop vanuit wk-installaties wordt bij de totale CO₂-emissie (IPCC-methode) immers niet verrekend. Door het gebruik van de warmte uit de wk-installaties werd de nationale CO₂-emissie met circa 2,2 Mton gereduceerd. Dit is het saldo van het extra aardgasverbruik in de glastuinbouw en de vermindering van het brandstofverbruik in elektriciteitscentrales. Ten opzichte van 1990 was de nationale reductie 2,1 Mton. Dit lag 0,2 Mton onder het doel voor wk's in het Agroconvenant van 2,3 Mton reductie in 2020.

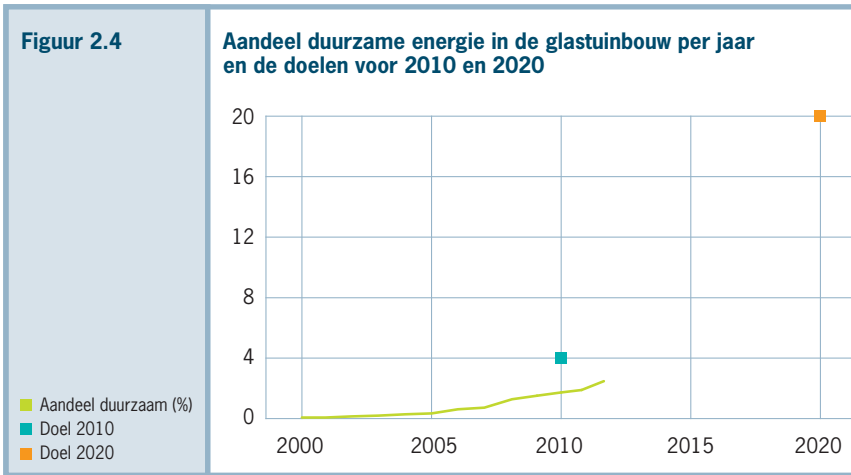
Reductie totaal

De totale reductie van de CO₂-emissie door de glastuinbouw in 2012 ten opzichte van 1990 omvat de reductie van de CO₂-emissie voor de teelt (1,7 Mton) en de nationale reductie door het gebruik van wk-installaties (2,1 Mton). De totale reductie bedroeg hiermee 3,8 Mton (tabel 2.1). Dit ligt boven het doel voor 2020 (3,3 Mton) in het Agroconvenant. De emissiereductie voor de teelt zat boven de doelstelling, terwijl de bijdrage aan de nationale reductiedoelstelling vanuit de wk-installaties iets onder het doel zat.

Tabel 2.1		Reductie van de totale CO₂-emissie door de glastuinbouw in 2012 ten opzichte van 1990 opgesplitst naar teelt en wk-installaties (Mton)
Teelt		1,7
W/k-installaties		2,1
Totaal		3,8

2.4 Aandeel duurzame energie

Het aandeel duurzame energie steeg in 2012 met 0,4 procentpunt tot 2,3%. Dit is een toename van ruim 20% in 1 jaar. In figuur 2.4 is de versnelling in het laatste jaar zichtbaar. Voor het beoogde doel in 2020 uit het Agroconvenant (20%) zijn echter nog bijna 18 procentpunten nodig.



Het absolute gebruik van duurzame energie nam in 2012 toe van 2,2 tot 2,7 PJ. De groei van het aandeel is sterker dan de absolute groei. Dit werd veroorzaakt door de vermindering van het totale energiegebruik.

Het gebruik van duurzame energie had in 2012 een positief effect op de energie-efficiëntie van bijna 1,5 procentpunt en op de CO₂-emissie van ruim 0,1 Mton.

In heel Nederland bedroeg het aandeel duurzame energie in 2012 4,4% (bijlage 2). In tegenstelling tot de CO₂-emissie loopt de glastuinbouw bij duurzame energie dus achter bij de landelijke ontwikkeling. Het gebruik van duurzame energie in de glastuinbouw nam de laatste jaren echter sterker toe dan in heel Nederland. Bovendien verkoopt de glastuinbouw ook duurzame energie aan afnemers buiten de sector (hoofdstuk 4).

2.5 Achtergronden

Wk-installaties, energie-efficiëntie en aandeel duurzame energie

Het gebruik van wk-installaties had in 2012 een positief effect op de energie-efficiëntie van 19 procentpunten in vergelijking met situatie zonder wk-installaties. Dit komt doordat meer aardgas en minder elektriciteit wordt ingekocht en elektriciteit wordt verkocht. Zonder de wk-installaties en bij een gelijkblijvende elektriciteitsvraag was de energie-efficiëntie in 2012 uitgekomen op 63% in plaats van 44% ten opzichte van 1990 (figuur 2.1). In dat geval zou de glastuinbouw nog ver verwijderd zijn van het doel van 43% in 2020.

Door de wk-installaties zijn de (netto-)energiekosten minder gestegen (paragraaf 4.5), waardoor andere warmtebronnen minder snel economisch voordeel opleveren. De groot-schalige inzet van wk-installaties concurreert daardoor met de toepassing van duurzame energie en vertraagt de ontwikkeling op dat vlak. Daarnaast zijn de ontwikkelingen bij duurzame energie-opties van invloed.

Elektriciteitsconsumptie

De elektriciteitsconsumptie (inkoop plus consumptie van eigen productie) door de glastuinbouw stijgt vanaf 2005.¹ Deze groei komt vooral voort uit toename van de belichting, het gebruik van duurzame(re) energiebronnen, intern transport en verdere optimalisatie van het kasklimaat (Van der Velden en Smit, 2013). Van invloed is ook het proces van schaalvergroting en sanering van vooral oudere, relatief kleine en extensieve bedrijven met een laag energiegebruik. Hierdoor neemt zowel het energiegebruik (waaronder de elektriciteitsconsumptie en het fossiele brandstofverbruik voor de teelt) als de fysieke productie per m² kas toe, los van ontwikkelingen op de afzonderlijke bedrijven. Dit wordt ook wel het structureffect genoemd.

Elektriciteitsconsumptie, energie-efficiëntie en CO₂-emissie

De groei van de elektriciteitsconsumptie doet zowel het primaire brandstofverbruik als het fossiele brandstofverbruik toenemen en heeft daardoor een negatieve invloed op de energie-efficiëntie en de CO₂-emissie. De elektriciteitsconsumptie omvat inkoop en consumptie van eigen productie. Bij het primaire brandstofverbruik tellen beide mee. Bij de CO₂-emissie telt alleen de consumptie van de eigen productie met fossiele brandstof mee. In 2012 hing 68% van het primaire brandstofverbruik samen met de elektriciteitsconsumptie. Over de gehele periode 2005-2012 is de CO₂-emissie van de teelt met 1,4 Mton gestegen door een toename van de elektriciteitsconsumptie die met wk-installaties is geproduceerd. In 2012 kwam 44% van de CO₂-emissie van de teelt voort uit dit deel van de elektriciteitsconsumptie.

CO₂-emissie en buitentemperatuur

De CO₂-emissie wordt in tegenstelling tot de energie-efficiëntie (primaire brandstofverbruik) niet gecorrigeerd voor de buitentemperatuur. Hoewel het in 2012 buiten kouder was dan in 2011 (10% meer graaddagen), daalde de CO₂-emissie voor de teelt. Zonder temperatuureffect zou de daling niet 0,05 maar 0,2 Mton zijn geweest. De daling van de CO₂-emissie hangt samen met de krimp van het areaal en de stijgende energiekosten.

Energiebesparing, intensivering en primair brandstofverbruik

De ontwikkeling van het primaire brandstofverbruik wordt beïnvloed door het gebruik van wk-installaties met de bijbehorende verkoop van elektriciteit (hoofdstuk 4), de inkoop van warmte geproduceerd uit fossiele brandstoffen (hoofdstuk 4), de inkoop en productie van duurzame energie (hoofdstuk 3 en 5), de reductie van de energievraag door energiebesparende opties (hoofdstuk 5) en de intensivering (paragraaf 1.2). De kwantitatieve effecten van de eerste drie factoren zijn bekend en worden behandeld in de genoemde hoofdstukken. Hierdoor kan het totale effect van de laatste twee effecten worden berekend.

¹ Over de periode voor 2005 zijn geen cijfers beschikbaar.

Het resultaat toont een toename van het primaire brandstofverbruik in de periode 2005-2012. De toename van het primaire brandstofverbruik door intensivering was in deze periode dus groter dan de afname door energiebesparing c.q. vraagreductie.

Energiekosten, intensivering, energiebesparing en duurzame energie

Vanaf 2006 zijn de netto energiekosten (inkoop minus verkoop) duidelijk minder gestegen dan de aardgasprijs (paragraaf 4.5). Dit hangt samen met het gebruik van wk-installaties door de glastuinbouw en de bijbehorende elektriciteitsverkoop. Door de beperkte stijging van de netto-energiekosten is het intensiveringsproces gestimuleerd. In 2012 namen de netto-energiekosten toe door stijging van de aardgasprijs en een lagere verkoopprijs voor elektriciteit. Hierdoor is de spark spread (het verschil tussen de elektriciteitsprijs en de aardgasprijs) kleiner geworden (paragraaf 4.5). De kostenstijging die hieruit voortvloeit stimuleert de energiebesparing en het gebruik van duurzame energie en remt het intensiveringsproces. Aan de ontwikkeling van de energievraag (vraagreductie en intensivering) en het gebruik van duurzame(re) energiebronnen liggen dus bedrijfseconomische ontwikkelingen ten grondslag.



Hybride belichting

Duurzame energie



3

3.1 Vormen

In 2012 werden zes vormen van duurzame energie toegepast in de glastuinbouw (tabel 3.1). De voornaamste bron was zonne-energie (30%) gevolgd door inkoop van duurzame elektriciteit (22%), biobrandstoffen en aardwarmte (beiden 18%) en inkoop van duurzame warmte (10%). Duurzaam gas (1%) was de hekkensluiter. Meer dan driekwart van de duurzame energie betrof warmte, elektriciteit vertegenwoordigt bijna een kwart.

De groei van het gebruik van duurzame energie zat in 2012 bij aardwarmte, biobrandstoffen en inkoop van duurzame warmte. Bij aardwarmte kwam dit voort uit ingebruikname van nieuwe projecten en bij biobrandstoffen en inkoop van duurzame warmte door een hoger gebruik op bestaande projecten (figuur 3.1). Bij de overige vormen bleef het gebruik stabiel.

Tabel 3.1 Toepassing van duurzame energievormen in de glastuinbouw in 2012 a)

Duurzame energievorm	Bedrij- ven b)	Areaal b)	Gemid- deld b)	Warmte	Elektri- citeit	Totaal	Aan- deel
	aantal	ha		TJ	GWh	TJ	%
Aardwarmte	10	73	7,3 b)	495	0	495	18
Biobrandstof	28	112	4,0 b)	479	5	497	18
Zonne-energie	63	229	3,6 b)	819	0	819	30
Inkoop duurzame gas	- c)	- c)	- c)	32	-	32	1
Inkoop duurzame elektriciteit	- c)	- c)	- c)	-	165	594	22
Inkoop duurzame warmte	8	35	4,4 b)	257	-	257	10
Totaal	109 d)	450 d)	4,1 d)	2.082	170	2.693	100

a) Cijfers 2012 voorlopig.

b) Peildatum eind 2012.

c) Cijfers niet bekend.

d) Van bedrijven met meerdere vormen van duurzame energie op een bedrijfslocatie zijn het aantal bedrijven en het areaal eenmaal meegenomen bij de sommatie.



Boortoren aardwarmte

Productie, inkoop en verkoop

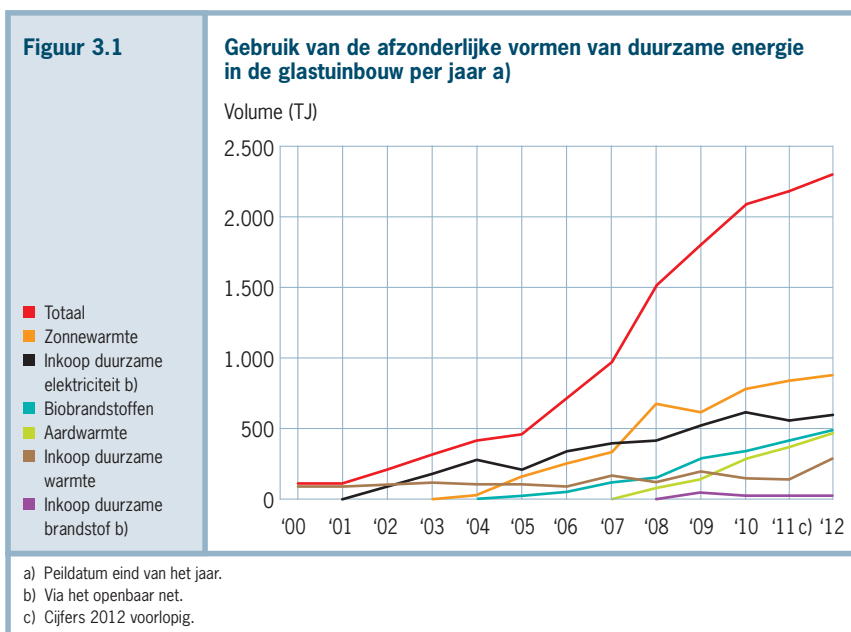
Het gebruik van duurzame energie door glastuinbouwbedrijven omvat productie en inkoop. Net als in de voorafgaande vier jaren werd in 2012 circa twee derde van de toegepaste duurzame energie door glastuinbouwbedrijven zelf geproduceerd. Circa een derde werd ingekocht. In 2012 kwam duurzame warmte voor 86% uit eigen productie. Duurzame elektriciteit werd bijna helemaal (97%) ingekocht.

Door de glastuinbouw wordt ook duurzame energie verkocht. In 2012 omvatte dit zo'n 20 miljoen kWh elektriciteit. Deze verkoop was afkomstig uit biobrandstof (wk-installaties) en zonne-energie (zon-PV). Verkoop van duurzame energie telt niet mee voor het aandeel duurzame energie. Dit wordt wel meegenomen bij de monitoring van de transitiepaden (hoofdstuk 5).

3.2 Achtergronden

Bedrijven, areaal en gemiddelde bedrijfsomvang

In 2012 steeg het aantal bedrijven dat duurzame energie toepast naar 109 en het areaal naar 450 ha (figuur 3.2). De gemiddelde bedrijfsgrootte lag hiermee op 4,1 ha. Dit is groter dan het gemiddelde glastuinbouwbedrijf in de sector (2-3 ha). Overigens worden alle vormen van duurzame energie toegepast op zowel grote als kleine bedrijven.

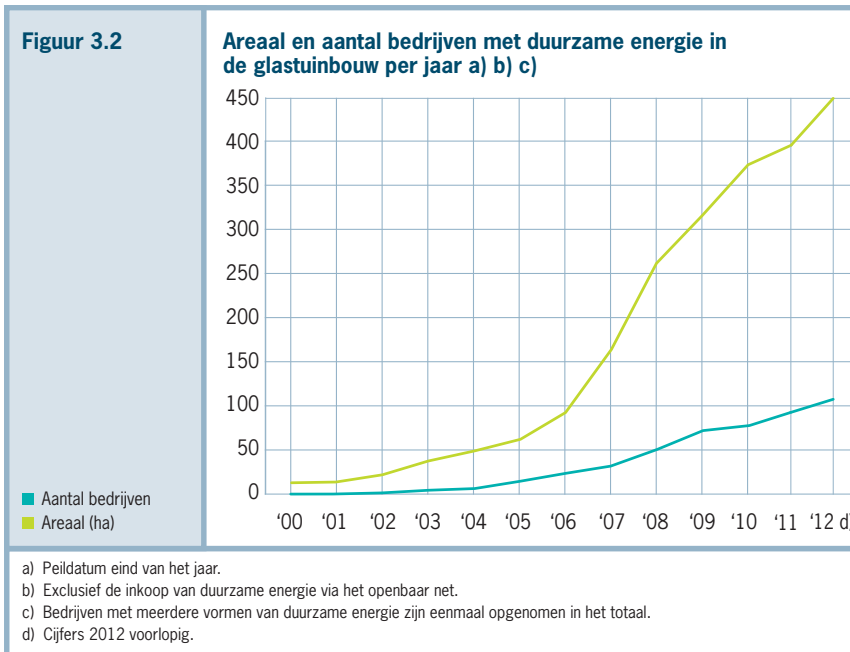


In de subsector potplanten zijn het aantal bedrijven en het areaal waarop duurzame energie wordt toegepast het grootst (tabel 3.2). De hoge penetratiegraad bij potplanten is te verklaren door enerzijds de warmtebehoefte in deze subsector en anderzijds het gebruik van gewaskoeling bij Phalaenopsis, dat vaak plaatsvindt met warmtepompen in combinatie met herwinning van zonnearmte. Van de potplantbedrijven met duurzame energie teelt tweederde Phalaenopsis. Het gemiddeld grotere areaal met duurzame energie bij groenten en uitgangsmateriaal hangt samen met de grotere gemiddelde bedrijfsomvang in deze subsectoren.

Tabel 3.2 Aantal bedrijven en areaal met toepassing van duurzame energie per subsector per eind 2012 a) b) c)

		Bloemen	Groenten	Potplanten	Uitgangsmateriaal	Totaal
Bedrijven b)	aantal	34	27	44	4	109
Areaal b)	ha	82	159	188	21	450
Gemiddelde bedrijfsomvang	ha	2,4	5,9	4,3	5,2	4,1

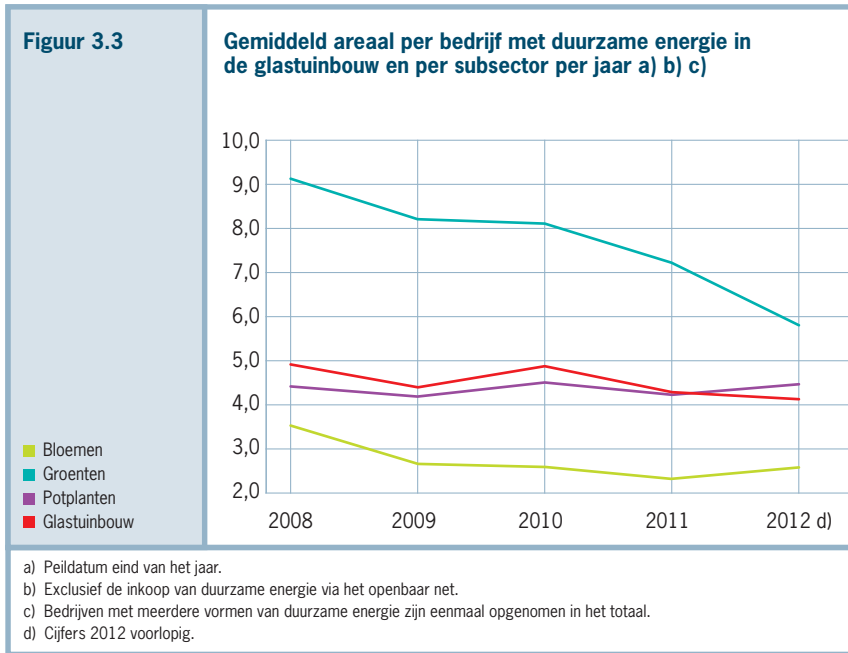
a) Bedrijven en areaal met meerdere vormen op een bedrijfslocatie tellen eenmaal mee.
b) Exclusief bedrijven die duurzaam gas en/of duurzame elektriciteit inkoop via het openbaar net.
c) Cijfers 2012 voorlopig.



De gemiddelde grootte van de bedrijven met duurzame energie is afgenomen van 5,0 ha in 2008 tot 4,1 ha in 2012 (figuur 3.3) en volgt niet de trend van schaalvergroting in de sector. Dit komt vooral doordat de groei van het gebruik van duurzame energie op de relatief kleinere bedrijven sterker is dan op de grotere bedrijven. Dit geldt vooral voor de groentebedrijven (figuur 3.3). Duurzame energie komt dus voor op zowel grote als kleine bedrijven. Door het schaafeffect zijn investeringen in duurzame energiebronnen op grotere bedrijven eerder rendabel. Daar staat tegenover dat juist grote bedrijven gebruik maken van wk-installaties, waardoor de referentie op deze bedrijven anders is. De groei van duurzame energie op de kleinere bedrijven betreft voornamelijk duurzame energie uit houtketels en herwinning van zonnewarmte.

Het gebruik van duurzame energie per m²

Door de glastuinbouw werd in 2012 2,3% van de energiebehoefte gedekt door duurzame energie, terwijl op 4,5% van het areaal duurzame energie wordt toegepast. Dit verschil komt doordat duurzame energie op dit areaal slechts in een deel van de energievraag voorziet. Glastuinbouwbedrijven met duurzame energie gebruiken ook niet-duurzame energie, vooral in perioden waarin (1) het vermogen van de duurzame energiebron onvoldoende is, (2) de variabele kosten van duurzame energie hoger liggen dan die van niet-duurzame en (3) productie van CO₂ uit niet-duurzame energie nodig is. Deze resterende energie- en CO₂-vraag wordt vooral ingevuld met aardgasgestookte wk-installaties en ketels.



Het gebruik van duurzame warmte per m² kas nam in 2012 met 20% toe tot gemiddeld 0,46 GJ per m². Dit komt overeen met circa 14 m³ a.e. per m² per jaar. Ter vergelijking: vanuit aardgasgestookte wk's wordt gemiddeld 60% meer warmte per m² toegepast. De stijging van het gebruik van duurzame energie per m² is te verklaren uit de toename van het gebruik van aardwarmte en de inkoop van duurzame warmte.

Er zijn grote verschillen tussen het gebruik per m² van de verschillende duurzame warmtebronnen. Aardwarmte en duurzame warmte zijn continu beschikbaar en hebben doorgaans een groot warmteleverend vermogen. Bij biobrandstoffen is het gebruik per vierkante meter lager. Dit komt enerzijds door de vermogensstaffeling¹ in de milieuwetgeving, anderzijds door het gebruik in ketels op extensieve bedrijven met een relatief lage energievraag per vierkante meter. Zonne-energie wordt hoofdzakelijk toegepast op bedrijven met gewascooling. De koudevraag bepaalt hier de hoeveelheid beschikbare duurzame warmte. Voor het realiseren van de duurzame energiedoelstelling (20% in het jaar 2020) is het van belang dat zowel het aantal bedrijven dat duurzame energie toepast als het gebruik per m² toeneemt.

¹ Er gelden verschillende eisen voor biomassa-stookinstallaties voor vermogens tot 0,5 MW, tot 5 MW en installaties groter dan 5 MW.

Duurzame energie en elektriciteitsconsumptie

Voor de productie van duurzame energie is ook energie nodig. De installaties draaien niet vanzelf en de warmte moet worden afgegeven in de kassen. De gevraagde energie betreft hoofdzakelijk elektriciteit en liep in 2012 uiteen van 5 tot 75 kWh per GJ warmte. Hierbij valt op dat de winning van zonnewarmte minstens vijf keer zoveel elektriciteit kost als de drie andere bronnen (biobrandstoffen, aardwarmte en inkoop duurzame warmte). Dit komt doordat bij de herwinning van zonnewarmte het opwaarderen, verpompen en opslaan van de koelwarmte aan de productiekant en het afgeven van laagwaardige warmte in de kassen veel elektriciteit kost. Biobrandstofprojecten vragen circa 5 kWh elektriciteit per GJ warmte, net als projecten met inkoop van duurzame warmte. Voor aardwarmte is circa 15 kWh elektriciteit per GJ warmte nodig.

Warmtekrachtkoppeling en elektriciteitsbalans



4.1 Inleiding

De glastuinbouw maakt op grote schaal gebruik van warmtekrachtkoppeling (wkk). Bij deze gecombineerde productie van warmte en elektriciteit wordt een belangrijk deel van de warmte die vrijkomt bij de productie van elektriciteit nuttig gebruikt, waardoor er (nationaal) per saldo minder brandstof nodig is. Door centrales wordt minder dan de helft van de brandstof omgezet in elektriciteit. Het resterende deel gaat verloren als afvalwarmte.

Het gebruik van wkk in de glastuinbouw betreft vooral wk-installaties die de bedrijven zelf exploiteren. Daarnaast komen er op beperkte schaal wk-installaties voor van energiebedrijven en wordt er gebruik gemaakt van restwarmte van elektriciteitscentrales. Beiden betreffen voor de glastuinbouw inkoop van warmte en eventueel CO₂.

De exploitatie van wk-installaties door glastuinbouwbedrijven is van invloed op de elektriciteitsbalans en de energiekosten van de glastuinbouw.

De glastuinbouw koopt ook duurzame warmte in van externe wk-installaties die draaien op biobrandstof en gebruikt zelf ook wk-installaties op biobrandstof. Dit betreft duurzame energie en is behandeld in hoofdstuk 3. In een apart kader in paragraaf 4.3 wordt separaat ingegaan op de vergroening van het wk-park in de glastuinbouw.

4.2 Inkoop warmte

De glastuinbouw kocht in 2012 zo'n 4-5 PJ warmte in afkomstig uit wkk met fossiele brandstof. Dit omvat 4% van het totale energiegebruik van de glastuinbouw. Een kwart van de warmte-inkoop had betrekking op wk-installaties van energiebedrijven en circa drie kwart op restwarmte.

Het vermogen van wk-installaties van energiebedrijven op glastuinbouwbedrijven neemt af (figuur 4.2), omdat installaties uit gebruik worden genomen of door tuinders zijn overgenomen. Begin 2013 was het vermogen ruim 50 MW_e, terwijl er in het begin van de 21e eeuw nog ruim 500 MW_e in gebruik was. Bij restwarmte is de laatste jaren weer sprake van een lichte toename, mede door het nieuwe restwarmteproject in Terneuzen. Sinds 2009 is de hoeveelheid restwarmte groter dan de ingekochte wk-warmte.

De totale inkoop van warmte daalt sinds 1998 (figuur 4.1). Het aandeel in het totale

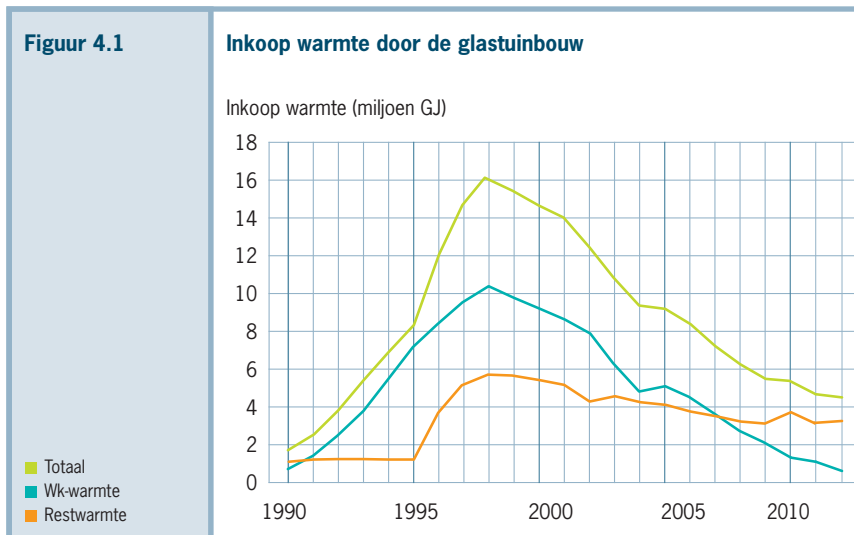
energiegebruik was in 1998 nog bijna 12% en in 2012 4%. Deze daling is het gevolg van de liberalisering van de energiemarkt. Door deze liberalisering daalde de marginale prijs voor aardgas (commodity prijs) en verminderde de opbrengst van de warmte voor de verkopende partij. Bovendien concurreert warmte-inkoop met de exploitatie van eigen wk-installaties door tuinders.

De dalende warmte-inkoop heeft een negatieve invloed op de ontwikkeling van de CO₂-emissie en de energie-efficiëntie. De reductie van het primaire brandstofverbruik door de inkoop van warmte liep in 2012 terug tot 86 miljoen m³ a.e. (figuur 4.4). De inkoop van warmte droeg in 2012 1 procentpunt bij aan de verbetering van de energie-efficiëntie en beperkte de CO₂-emissie met 0,25 Mton (bijlage 5). Als de vermindering van warmte-inkoop vanaf 1998 niet was opgetreden zouden de energie-efficiëntie in 2012 zo'n 4-5 procentpunten beter en de totale CO₂-emissie 0,9 Mton lager zijn geweest. Er zouden dan wel minder wk-installaties door de tuinders in gebruik zijn, waardoor het positieve effect van deze optie minder groot zou zijn.

4.3 Wk-installaties glastuinbouwbedrijven

Vermogen en aardgasverbruik

Het vermogen van wk-installaties van tuinders nam in 2012 iets toe tot ruim 3.000 MW_e. Dit komt overeen met een hand vol elektriciteitscentrales. De sterkste groei vond plaats in 2006 en 2007 (figuur 4.2). Vanaf 2008 vlakt de groei af. De wk-installaties (motoren) gebruiken bijna allemaal aardgas als brandstof en incidenteel biobrandstof.

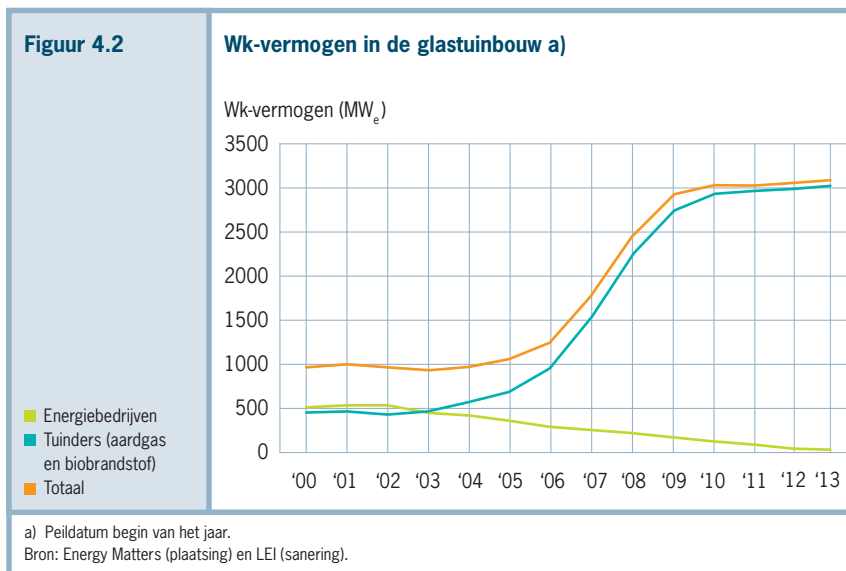


De geproduceerde elektriciteit wordt deels gebruikt door de glastuinbouwbedrijven en deels verkocht op de elektriciteitsmarkt. De vrijkomende warmte wordt grotendeels toegepast voor de teelt (Smit en van der Velden, 2008). De rookgassen worden deels nuttig toegepast voor CO_2 -bemesting van de gewassen. Biobrandstof voorziet slechts in een zeer klein deel (4 MW_e) van het wk-vermogen (hoofdstuk 3). Door de opmars van wk-installaties zijn het aardgasverbruik en de hoeveelheid verkochte elektriciteit sterk gestegen en nam de elektriciteitsinkoop af (figuur 4.3). In 2012 werd circa 85% van het door de glastuinbouw verstoekte aardgas gebruikt in wk-installaties van tuinders.

Gebruik elektriciteit en gebruiksduur installaties

De geproduceerde elektriciteit wordt deels gebruikt op glastuinbouwbedrijven en deels verkocht op de elektriciteitsmarkt. De verkoop van elektriciteit vindt grotendeels plaats door groentebedrijven. Deze zijn gemiddeld groter dan bloemen- en potplantenbedrijven, waardoor een wk-installatie eerder rendabel is en er meer wk-installaties in gebruik zijn. Bovendien wordt er bij bloemen en de potplanten meer belichting gebruikt, waardoor deze subsectoren een groter deel van hun elektriciteitsproductie zelf consumeren (Van der Velden en Smit, 2012).

De verkoop van elektriciteit vindt vooral overdag en doordeweeks plaats, wanneer de elektriciteitsprijs hoger is. Bovendien hebben de gewassen juist overdag behoefte aan CO_2 , waarin de gereinigde rookgassen van de wk-installatie kunnen voorzien. De geproduceerde warmte wordt deels direct gebruikt en deels opgeslagen voor gebruik in de nachten en de weekenden.





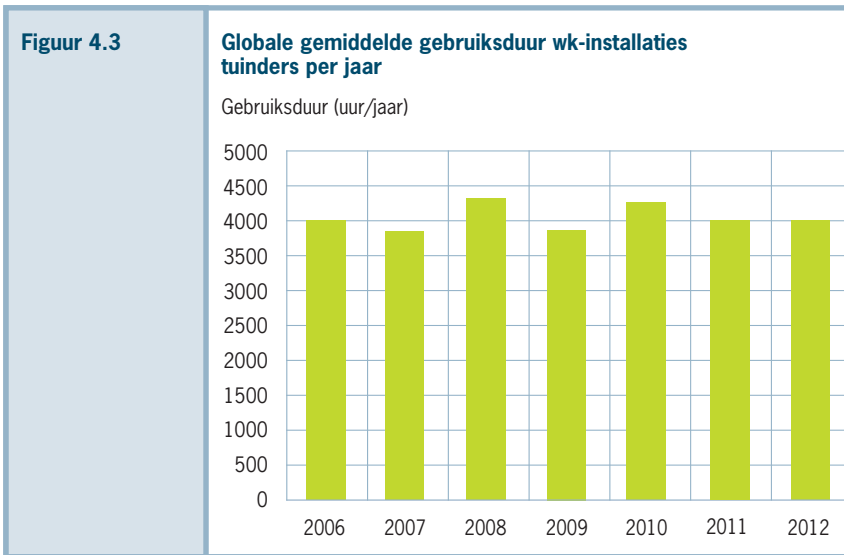
Wk-installatie

Er worden elektriciteitsprijzen overeengekomen voor zowel de lange als de korte termijn. Hierdoor krijgen ondernemers te maken met vaste en variabele prijzen. In combinatie met de verschillen in elektriciteitsconsumptie (belichting) hanteren zij verschillende strategieën voor de inzet van de wk-installaties.

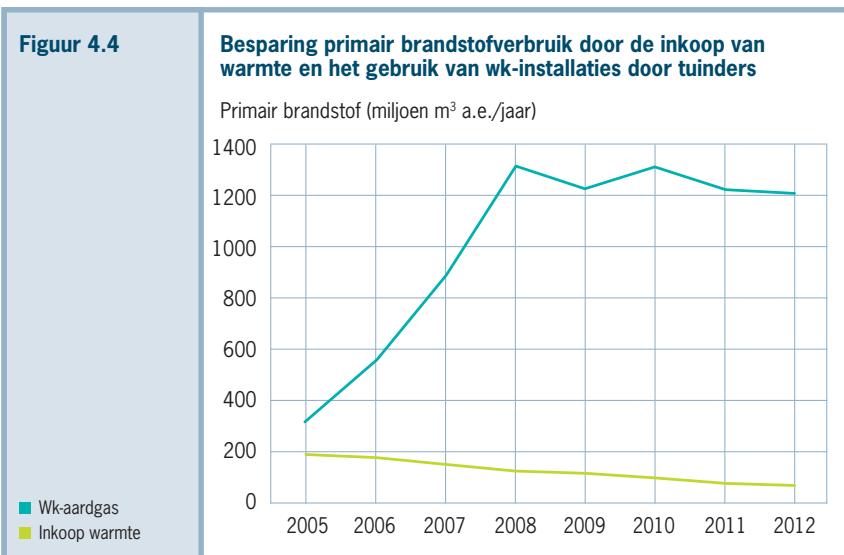
Het voorgaande uit zich in verschillen in gebruiksduur van de wk-installaties tussen bedrijven en tussen jaren, wat van invloed is op de elektriciteitsbalans. In 2012 was de gemiddelde gebruiksduur met 4.000 uur vrijwel gelijk aan die in 2011 (figuur 4.3). Ondanks het kleinere verschil tussen de inkoopprijs voor aardgas en de verkoopprijs voor elektriciteit (paragraaf 4.5) is de gemiddelde gebruiksduur niet afgenomen. In 2008 was deze met ruim 4.300 uur het hoogste. Dit is 7-8% meer dan in 2011 en 2012. Naast de energieprijzen zijn de buitentemperatuur en de capaciteit in het aardgascontract van invloed. Bij een lagere buitentemperatuur is de warmtevraag groter en zijn de wk-installaties langer inzetbaar. Dit was onder andere in 2010 het geval. Door de maximale capaciteit in het aardgascontract worden er bij lagere buitentemperaturen dikwijls ketels ingezet in plaats van wk-installaties.

Relatief vermogen en areaal

Wk-installaties van tuinders hebben uiteenlopende vermogens. Dit is vooral afhankelijk van de warmte-intensiteit (warmtevraag per m² kas), de mate waarin CO₂ wordt gedoseerd en - op bedrijven met belichting - de belichtingsintensiteit. Bovendien zijn op grote bedrijven vaak meerdere installaties en een groter totaal elektrisch vermogen per m² kas aanwezig om meer te kunnen profiteren van uren met hoge elektriciteitsprijzen.



Het gemiddelde elektrisch vermogen per m² kas lag tussen de 40 en 45 We. Wk-installaties (aardgas en biobrandstof) van tuinders waren begin 2012 in gebruik op circa 7.000 ha, 70% van het totale areaal glastuinbouw.



Vergroening wk-park glastuinbouw

Met de inzet van wk-installaties op aardgas wordt door de glastuinbouw veel primair brandstof bespaard en op nationaal niveau veel CO₂-emissie voorkomen. Deze installaties draaien echter nog voor het overgrote deel op fossiele brandstof.

Met biobrandstof kan het wk-park worden vergroend. Hiervoor zijn wel andere installaties nodig. De verschillende vormen van biobrandstoffen kunnen niet worden gebruikt in de bestaande installaties met aardgasmotoren. Daarnaast bestaan er verschillen in de verhouding tussen de geproduceerde hoeveelheden elektriciteit en warmte, de capaciteit van de installaties, de hoogte van de investeringen, de exploitatiekosten en de mogelijkheden om de rookgassen te reinigen en te gebruiken voor CO₂-bemesting.

Ook zou er een omvangrijke hoeveelheid biobrandstof nodig zijn. In 2012 gebruikte het wk-park 3,4 miljard m³ aardgas. De vraag is of een biobrandstofvoorziening van deze omvang überhaupt beschikbaar kan komen.

In 2012 exploiteerden drie glastuinbouwbedrijven drie wk-installaties op biobrandstof. Het totale vermogen van deze installaties bedroeg zo'n 4 MW_e. Dit is ruim 1% van het wk-park van de glastuinbouw. Als brandstof werd zowel biogas uit vergisting als hout gebruikt. De bedrijven met een biogas wk werken nauw samen met naastgelegen bedrijven met een vergistingsinstallatie.

De geproduceerde duurzame warmte werd aangewend op de glastuinbouwbedrijven. De geproduceerde duurzame elektriciteit (24 miljoen kWh) werd grotendeels verkocht (19 miljoen kWh). Door deze wk-installaties op biobrandstof werd in 2012 nationaal zo'n 11 miljoen m³ a.e. bespaard. Dit komt overeen met een nationale reductie van de CO₂-emissie van 0,019 Mton.

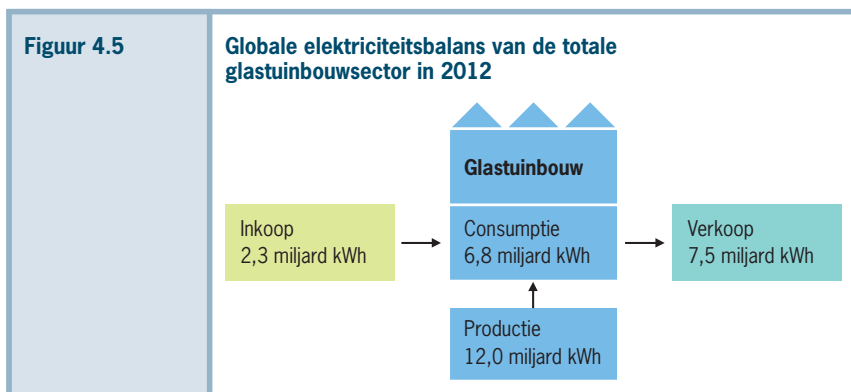
Reductie primair brandstofverbruik

De reductie van het primaire brandstofverbruik door wk-installaties van tuinders bedroeg in 2012 meer dan 1,2 miljard m³ a.e. (figuur 4.4). Van deze substantiële reductie is al sinds 2008 sprake. In 2012 resulteerde dit in een positief effect op de energie-efficiëntie van 19 procentpunten.

4.4 Elektriciteitsbalans glastuinbouw

Elektriciteitsbalans

Door de exploitatie van wk-installaties door glastuinbouwbedrijven, de bijbehorende verkoop van elektriciteit en de toenemende elektriciteitsconsumptie door de glastuinbouw verandert de elektriciteitsbalans (figuur 4.5 en 4.6). De elektriciteitsproductie bedroeg in 2012 zo'n 12 miljard kWh. Door de beperkte vermogensgroei van de wk-installaties in combinatie met een stabiliserende gebruiksduur nam de productie in 2012 iets toe. Uitgedrukt in de totale elektriciteitsconsumptie in Nederland bedraagt de productie door



de glastuinbouw ruim 10%. Per m² kas kwam de productie in 2012 uit op gemiddeld 120 kWh. Op het areaal glastuinbouw met een wk-installatie was dit 170 kWh per m². Er zijn overigens grote verschillen tussen de afzonderlijk bedrijven.

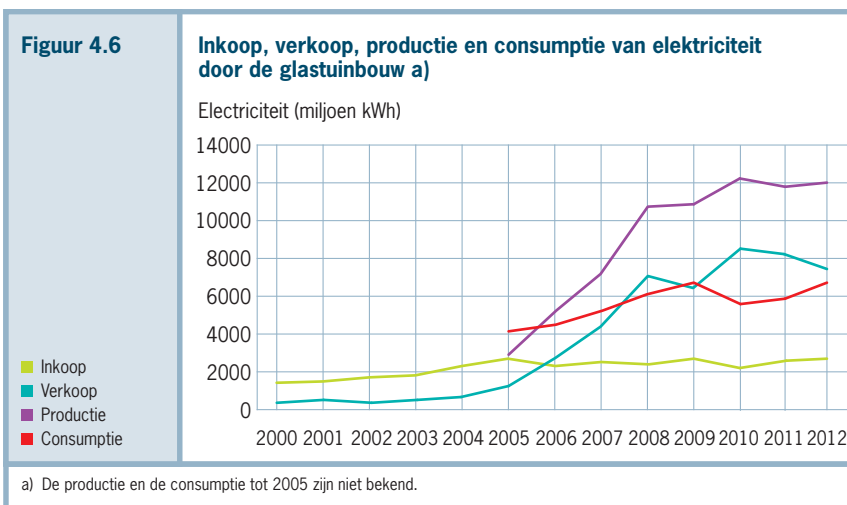
In 2012 kocht de glastuinbouw 2,3 miljard kWh elektriciteit in en verkocht de sector 7,5 miljard kWh. In 2000 was dit respectievelijk 1,5 en 0,3 miljard kWh. De netto elektriciteitsinkoop (inkoop minus verkoop) wijzigde in die twaalf jaar van plus 1,2 naar minus 5,2 miljard kWh. Sinds 2006 wordt er meer verkocht dan ingekocht en is de glastuinbouw netto leverancier van elektriciteit. In 2011 en 2012 namen de verkopen iets af door lagere elektriciteitsprijzen, waardoor verkoop minder interessant werd. Tegelijkertijd steeg de elektriciteitsconsumptie door de glastuinbouw.

De nettoverkoop van 5,2 miljard kWh (7,5 minus 2,3) in 2012 kwam overeen met het elektriciteitsgebruik van zo'n 1,6 miljoen huishoudens. Uitgaande van de brutoverkoop van circa 7,5 miljard kWh zijn dit 2,3 miljoen huishoudens. Afgezet tegen het totale aantal huishoudens in Nederland is dit respectievelijk 22 en 31%.

Electriciteitsconsumptie

De elektriciteitsconsumptie oftewel het daadwerkelijke gebruik in de sector bedroeg in 2012 naar schatting 6,8 miljard kWh (figuur 4.5). Dit is circa 5-6% van de nationale consumptie. In alle jaren vanaf 2005 nam de elektriciteitsconsumptie door de glastuinbouw toe, behalve in 2010. De 60% groei in de gehele periode komt vooral voort uit belichting en in mindere mate uit verdere optimalisering van het kasklimaat, mechanisatie en een duurzamere energievoorziening (wk-installaties en duurzame energie) (Van der Velden en Smit, 2013). Duurzamere energiebronnen gebruiken meer elektriciteit. De dip in 2010 hangt waarschijnlijk samen met de economische crisis en de slechte bedrijfsresultaten in de glastuinbouw (Van der Meulen et al., 2012).

De elektriciteitsconsumptie bestaat in 2012 voor een derde uit inkoop en voor twee derde uit eigen productie met wk-installaties. De consumptie van de eigen productie is in



de jaren 2005-2009 gegroeid. Het jaar 2010 toonde een lichte daling en in 2012 nam dit weer duidelijk toe. In 2005 bestond de consumptie voor 66% uit eigen productie. De glastuinbouw is dus in sterkere mate in de eigen elektriciteitsconsumptie gaan voorzien met wk-installaties. Ook het afnemende verschil tussen de elektriciteitsprijzen overdag en 's nachts en de toename van de dienstenkosten en de energiebelasting voor elektriciteitsinkoop is hierop van invloed. Inkoop wordt daardoor duurder.

4.5 Wk-installaties en energiekosten

Energiekosten en wk-installaties

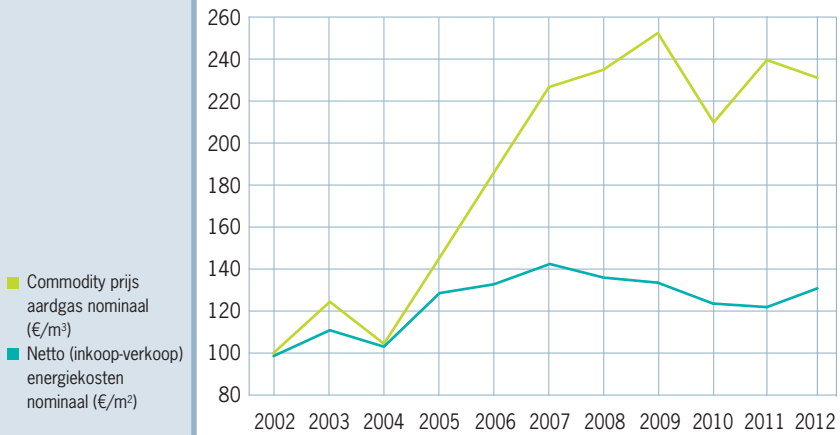
Naast effecten op de energie-efficiëntie en de CO₂-emissie heeft de grootschalige toepassing van wk-installaties invloed op de energiekosten in de glastuinbouw (figuur 4.7). In de periode 2005-2012 is de aardgasprijs structureel gestegen. In 2012 was de gemiddelde inkoopprijs in de glastuinbouw 130% hoger dan in 2004 (figuur 4.7). In dezelfde periode wist de glastuinbouw de effecten op de netto-energiekosten te beperken door de verkoop van elektriciteit uit wk-installaties. In tegenstelling tot de aardgasprijs waren de netto-energiekosten per m² in 2011 slechts 20% hoger dan in 2004. Tegenover de beperking van de netto-energiekosten stonden wel hogere kapitaalkosten (afschrijving en rente) en onderhoudskosten van de wk-installaties.

In 2012 namen de netto-energiekosten toe, terwijl het aardgas juist iets goedkoper werd. Dit werd veroorzaakt door lagere verkoopprijzen voor elektriciteit, waardoor de spark spread - het verschil tussen de (gerealiseerde) elektriciteitsprijs en de aardgasprijs - kleiner werd. Dit uitte zich echter (nog) niet in een kortere gebruiksduur of een lagere elektriciteitsproductie door het wk-park in de glastuinbouw (paragraaf 4.3).

Figuur 4.7

Index gemiddeld gerealiseerde aardgasprijs en netto energiekosten glastuinbouw

Index (2002 = 100%)



Transitiepaden

Kas als Energiebron



5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de toepassing van de transitiepaden behandeld. Naast de penetratiegraad (aantal bedrijven en areaal) van de opties per pad betreft dit ook de reductie van de CO₂-emissie.

De glastuinbouw reduceert CO₂-emissie zowel binnen als buiten de sector. De reductie van de CO₂-emissie wordt daarom uitgedrukt op sectorniveau en op nationaal niveau. De IPCC-methode toont het effect op het fossiele brandstofverbruik c.q. de CO₂-emissie binnen de glastuinbouw. Bij het primaire brandstofverbruik wordt ook rekening gehouden met effecten buiten de glastuinbouw, zoals extra elektriciteitsverbruik en verkoop van energie door de glastuinbouw (elektriciteit). Deze methode resulteert in de nationale reductie (zie ook paragraaf 1.1 en bijlage 1). In de Energiemonitor Glastuinbouw vindt geen kwantificering plaats van de reductie van de CO₂-emissie van de paden Teeltstrategieën, Licht en Duurzame(re) CO₂.

Efficiënter en duurzamer geproduceerde energie wordt door de glastuinbouw ook ingekocht. Dit behoort niet tot de transitiepaden. De inkoop van duurzame(re) energie is behandeld in hoofdstuk 3 (duurzame energie) en in hoofdstuk 4 (wkk). Het totaaloverzicht van de inkoop van duurzame(re) energie is weergegeven in bijlage 5.

5.2 Totaalbeeld transitiepaden

De grootste reductie van de CO₂-emissie komt vanuit het transitiepad Duurzame(re) elektriciteit, door de inzet van wk-installaties (tabel 5.1). In 2012 werden op 7.000 ha wk-installaties op aardgas van tuinders toegepast, oftewel 70% van het totale areaal kassen. Daarnaast produceerden 101¹ bedrijven met 415¹ ha kassen duurzame energie via de paden Zonne-energie, Aardwarmte en Biobrandstoffen. De bijdrage van deze paden is daarmee nog beperkt van omvang, maar neemt jaarlijks toe. Het grootschalige gebruik van wk-installaties remt de groei van alle transitiepaden, vooral van duurzame energie.

¹ Dit is kleiner dan het totaal dat kan worden afgeleid uit tabel 5.1, omdat er bedrijven zijn met meerdere duurzame energiebronnen. Ook is dit aantal kleiner dan in hoofdstuk 3, omdat bij het aandeel duurzame energie ook de inkoop van duurzame energie meetelt.

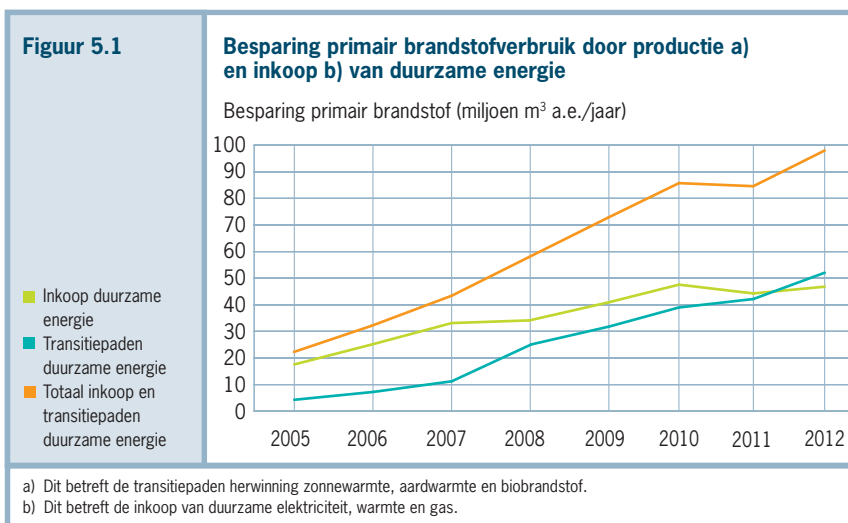
Tabel 5.1 Stand van zaken per transitiepad in 2012 a) c)				
Transitiepad	Aantal bedrijven	Areaal (ha)	CO ₂ -reductie (Mton)	
			Mton	%
Reductie energievraag				
Teeltstrategieën; luchtbehandeling	23	119	#	#
Natuurlijk licht; diffuus glas	21	74	#	#
Belichting; led-verlichting	26	4	#	#
Duurzame energiebronnen				
Zon-warmte	63	229	0,016	0,7
Zon-elektrisch	1	8	< 0,001	< 0,0
Aardwarmte	10	73	0,024	1,1
Biobrandstof-ketel	25	89	0,016	0,7
Biobrandstof-wk	3	23	0,019	0,9
Efficiëntie inzet fossiele brandstof				
Wk-tuinder (aardgas)	-	6.981	2,17	96,6
Overige				
Inkoop CO ₂	0,5 Mton b)		#	#
Totaal	-	-	2,25	100

a) Het aantal bedrijven en het areaal betreft de stand per eind 2012 en de reductie van de CO₂-emissie de nationale reductie.
b) Bij inkoop CO₂ wordt de ingekochte hoeveelheid vermeld.
c) Cijfer 2012 voorlopig.
geen onderdeel van de monitor; - cijfers niet bekend.

De totale nationale reductie van de CO₂-emissie (op basis van primaire brandstof) door de vier genoemde transitiepaden bedroeg in 2012 zo'n 2,25 Mton en kwam voor 97% (2,17 Mton) voort uit de wk-installaties op aardgas van tuinders (tabel 5.1). In 2011 lag de nationale reductie door deze wk-installaties ook rond de 2,2 en in 2010 rond de 2,4 Mton. Deze verschillen hangen naast de ontwikkeling van het vermogen samen met de wisselende gebruiksduur van de installaties. De gebruiksduur van wk-installaties was in 2012 en in 2011 korter dan in 2010 (paragraaf 4.3).

De tien bedrijven en 73 ha met aardwarmte droegen 50% meer bij aan de reductie van de nationale CO₂-emissie dan de 63 bedrijven en 229 ha met zonnewarmte (tabel 5.1). De bijdrage van de 28 bedrijven en 112 ha met biobrandstof was ruim twee maal zo groot als die van herwinning van zonnewarmte.

De glastuinbouw kocht in 2012 zo'n 0,5 Mton CO₂ in van derden. De overige paden Teeltstrategieën (luchtbehandeling), Natuurlijk licht (diffuus glas) en Belichting (ledlicht) werden in 2012 toegepast op respectievelijk 119 ha en 23 bedrijven, 74 ha en 21 bedrijven en 4 ha en 26 bedrijven. De penetratiegraad van deze transitiepaden groeide in 2012 bij alle drie, maar minder snel dan in 2011 (bijlage 4).



Besparing van primair brandstof

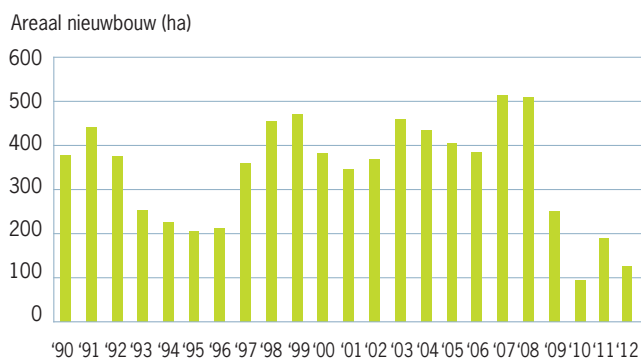
De ontwikkeling van de primaire brandstofbesparing door de transitiepaden voor productie van duurzame energie (herwinning zonnewarmte, aardwarmte en biobrandstof) en de inkoop van duurzame energie (elektriciteit, warmte en groen gas; hoofdstuk 3) is weergegeven in figuur 5.1. De besparing door de transitiepaden was in 2012 met 52 miljoen m³ voor het eerst iets groter dan de besparing door inkoop van duurzame energie (47 miljoen m³ a.e.). De gezamenlijke reductie bedroeg in 2012 zo'n 100 miljoen m³ a.e.

Combinaties

Naast de toepassing van de afzonderlijke opties binnen de transitiepaden zijn er bedrijven die combinaties van deze opties toepassen. In 2012 combineerden achttien bedrijven minimaal twee van de opties luchtbehandeling, diffuus glas, led belichting, herwinning zonnewarmte, aardwarmte en biobrandstof.¹ Hiervan combineerden elf bedrijven luchtbehandeling en negen bedrijven herwinning zonnewarmte (allen met luchtkoeling) met een andere optie. In de groep met herwinning zonnewarmte zitten twee bedrijven met ledlicht. In de groep met luchtbehandeling zijn er vier met ledlicht. Combinaties tussen herwinning zonnewarmte, aardwarmte en biobrandstof komen niet voor.

Het combineren van opties gebeurt vooral op glasgroentebedrijven (12). Daarnaast komen er combinaties voor op bedrijven met bloemen (2), potplanten (2) en uitgangsmaterialen (2). Van de twaalf groentebedrijven zijn er acht met vruchtgroenten (vooral

¹ Dit is exclusief de opties wk-installaties en inkoop CO₂ die al op grote(re) schaal worden toegepast en de inkoop van duurzame energie omdat deze opties niet tot de transitiepaden behoren.

Figuur 5.2**Areaal nieuwe kassen per jaar**

Bron: AVAG.

toemaat). Van de achttien bedrijven met een combinatie hebben veertien bedrijven een energie-intensief en vier bedrijven een energie-extensief gewas.

De opties binnen de combinaties grijpen op elkaar in, zowel qua technische uitvoering (bijvoorbeeld capaciteit) als gebruikswijze (bijvoorbeeld gebruiksduur). Dit hangt ook samen met de eisen van het gewas. De combinaties en relaties zijn een belangrijk aandachtspunt voor de verdere ontwikkeling van alle opties in de transitiepaden.

5**Nieuwe kassen**

Het gebruik van opties binnen de transitiepaden is sterk gekoppeld aan het in gebruik nemen van nieuwe kassen. Dit geldt vooral voor de transitiepaden die toepassing vinden in kassen, zoals Teeltstrategieën, Natuurlijk licht en Belichting. Nieuwe kassen besparen door hun betere isolatie zelf ook energie. Bovendien hebben nieuwe kassen - los van de opties binnen het pad Natuurlijk licht - vaak een hogere lichttransmissie, wat gunstig is voor de fysieke productie. De mate van nieuwbouw is dus van grote betekenis voor de verbetering van zowel de energie-efficiëntie als de CO₂-emissie.

De laatste vier jaar was het areaal nieuwbouw met gemiddeld 167 ha per jaar duidelijk kleiner dan in voorgaande jaren (figuur 5.1). In 2010 werd er zelfs minder dan 100 ha gebouwd. In de periode 1997-2008 werden gemiddeld 429 ha nieuwe kassen per jaar gebouwd en is de helft van het kassenbestand vernieuwd. De verminderde nieuwbouw hangt samen met de gemiddeld slechte bedrijfsresultaten in de glastuinbouw vanaf 2008 (Van der Meulen et al., 2012) en het hanteren van strengere financieringseisen door banken. Stagnatie in nieuwbouw remt de toepassing van de transitiepaden en verbetering van de energie-indicatoren.

5.3 Toepassing en reductie CO₂-emissie per pad

In deze paragraaf wordt per optie per transitiepad de mate van gebruik en de bijdrage aan de reductie van de CO₂-emissie uitgebreider behandeld. De resultaten zijn vermeld in bijlage 4. In deze bijlage is per transitiepad vermeld op hoeveel bedrijven of op welk areaal een optie wordt toegepast of wat het vermogen of de hoeveelheid bedraagt. Voor meer achtergrondinformatie over de transitiepaden wordt verwezen naar de website www.energiek.nu.

1. Teeltstrategieën

Luchtbehandeling

In het transitiepad Teeltstrategieën staat de optie luchtbehandeling als onderdeel van het 'Het Nieuwe Telen' centraal. Luchtbehandeling betreft in dit geval de aanzuiging van buitenlucht en de afvoer van vochtige kaslucht met luchtbehandelingskasten. Door de gecontroleerde vochtafvoer kan het energiescherm langer gesloten blijven, kunnen er dubbele en/of zwaardere schermen met hogere isolatiewaarden worden gebruikt en is het gebruik van een minimum buistemperatuur te beperken. Bij luchtbehandeling kan er ook warmte worden overgedragen van uitgaande warme kaslucht naar binnenkomende koudere buitenlucht. Luchtbehandeling beperkt dus de energievraag, maar er is wel elektriciteit nodig voor de ventilatoren. Naast positieve energie-effecten streven ondernemers die Het Nieuwe Telen praktiseren naar opbrengsteffecten in termen van productieverhoging en kwaliteitsverbetering (Buurma en Smit, 2013).



Dubbel scherm; een goede combinatie met luchtbehandeling

Toepassing

In 2012 nam de toepassing van luchtbehandeling met aanzuiging van buitenlucht toe naar 119 ha, verdeeld over 23 bedrijven. Het Nieuwe Telen is volop in ontwikkeling. Technieken en toepassingen lopen uiteen en komen voor in alle subsectoren. Er bestaan verschillen in aantal en type schermdoeken, in plaats en ontwerp van de luchtbehandeling en in ventilatievoud. De uitgangssituatie van het bedrijf (bestaand of nieuwbouw) is mede bepalend voor de uitvoering van het systeem.

Het areaal met luchtbehandeling is in 2012 toegenomen maar de groei ten opzichte van het voorgaande jaar is gehalveerd. Dit kan enerzijds verklaard worden doordat er nieuwe systemen en toepassingsinzichten in ontwikkeling zijn. Anderzijds is de investeringsruimte van de bedrijven beperkt.

In navolging van de subsectoren groenten en potplanten zijn de eerste projecten in de subsector bloemen in gebruik genomen. Meer dan 80% van het areaal met luchtbehandeling is geïnstalleerd bij nieuwbouw. Luchtbehandeling met overdracht van warmte komt vrijwel niet voor.

2. Licht

Het transitiepad Licht is onderverdeeld in twee richtingen:

- a. het beter benutten van natuurlijk licht;
- b. efficiëntere installaties en inzet van groeilicht.

Natuurlijk licht

Diffuus glas

In dit pad wordt de optie diffuus glas gemonitord. Recente ontwikkelingen in de kassenbouw zijn kasdekmaterialen met een betere lichtverstrooiing, antireflectie behandelingen en selectieve lichttransmissie. Hierbij nemen bewerkte glassoorten en coatings een centrale plaats in. Diffuus glas verstrooit licht meer dan traditioneel glas en deze verstrooiing kan de productie positief beïnvloeden, doordat het licht meer tussen het gewas kan komen. Ook kan lichtverstrooiing leiden tot het minder wegschermen van direct zonlicht, wat de productie op indirecte wijze verbetert.

Toepassing

In 2012 groeide het telen onder diffuus glas met 50% naar 74 ha, verdeeld over 21 bedrijven. De groei ten opzichte van het voorgaande jaar was kleiner. Net als bij het pad Teeltstrategieën speelden ook hier de investeringsmogelijkheden van de bedrijven een rol.

Meer dan driekwart van het areaal van de bedrijven die diffuus glas toepasten, was te vinden bij de groenten (62 ha). Bij bloemen, potplanten en uitgangsmateriaal was het gebruik nog beperkt. Dit is te verklaren door de beperkte nieuwbouw in deze subsectoren



Diffuus glas

en door het kleinere belang van natuurlijk licht voor deze gewassen. De ontwikkeling van deze optie zal in de komende jaren sterk samenhangen met de nieuwbouw van kassen.

Groeilicht

Ledlicht

De monitor van dit pad betreft ledlicht. Ledlicht voor de glastuinbouw staat aan het begin van zijn ontwikkeling en werd in 2012 toegepast op bijna 4 ha, verdeeld over 26 bedrijven. De groei in 2012 was kleiner dan in 2011. Het ging vooral om kleine (proef)projecten op een specifiek deel van het bedrijf, maar gebruik op grotere schaal komt inmiddels ook voor. Projecten met ledlicht zijn te vinden in alle subsectoren. Driekwart van het areaal is te vinden in de groenteteelt.

Twaalf bedrijven pasten ledlicht toe als groeilicht in kassen in plaats van of in combinatie met natriumlampen. Dit laatste wordt ook wel hybridebelichting genoemd. Vijf bedrijven gebruiken het ledlicht voor cyclische belichting en acht bedrijven in klimaatcellen. In 2012 is het eerste project groter dan 1 ha in gebruik genomen. Dit betreft een hybride toepassing in tomaten. Ledlicht wordt vooral toegepast op bestaande bedrijven ter vervanging van of als aanvulling op bestaande groeilichtinstallaties.

3. Zonne-energie

Herwinning zonnewarmte en elektriciteitsproductie

De monitor van dit transitiepad is gericht op het gebruik van zonne-energie voor verwarming en elektriciteitsopwekking. Gewaskoeling wordt toegepast om productiestijging, kwaliteitsverbetering of planningsvoordelen te realiseren. Vrijkomende warmte uit de kaslucht- of grondkoeling is terug te winnen met een warmtepomp. Deze warmte wordt direct gebruikt of opgeslagen en later gebruikt voor verwarming. Opslag vindt plaats in bovengrondse tanks (dagopslag) en/of in ondergrondse aquifers (lange termijn).

De productie van elektriciteit vindt plaats met zonnecellen. De toepassing van deze duurzame energievorm heeft geen directe relatie met de teelt.

Toepassing

Het aantal bedrijven met herwinning van zonnewarmte kwam in 2012 uit op 63, met een gezamenlijk areaal van 229 ha. Dit was vrijwel gelijk aan 2011. De stabilisering is het resultaat van het uit gebruik nemen van projecten, bedrijfsbeëindiging en de ingebruikname van nieuwe projecten. Ondanks de stabilisatie bleef dit transitiepad ook in 2012 het pad met de meeste projecten, het grootste areaal en het grootste volume duurzame energie. Gemiddeld herwonnen de bedrijven in 2012 dezelfde hoeveelheid zonnewarmte per m² als in 2011.

De herwonnen zonnewarmte werd ook in 2012 voornamelijk toegepast bij potplantenbedrijven (109 ha, tabel 5.2). Toepassing vond ook plaats op groentebedrijven (64 ha). In de bloementeelt (54 ha) passen alle bedrijven grondkoeling toe. In de groenteteelt groeit het areaal met herwinning van zonnewarmte nauwelijks.

De toepassing van herwonnen zonnewarmte vindt niet altijd plaats op hetzelfde areaal waar de warmte wordt gewonnen. Het areaal waar zonnewarmte wordt gewonnen, komt

Subsector	Onttrekkingsmedium							
	Lucht				Bodem			
	Areaal toepassing	Areaal winning	Elektriciteitsgebruik	Warmtegebruik	Areaal toepassing	Areaal winning	Elektriciteitsgebruik	Warmtegebruik
	ha	ha	kWh/m ²	GJ/m ²	ha	ha	kWh/m ²	GJ/m ²
Bloemen	10	9	38	0,27	44	41	10	0,17
Groenten	64	31	24	0,33	0	0	-	-
Potplanten	109	50	36	0,46	0	0	-	-
Uitgangsmateriaal	3	1	24	0,33	0	0	-	-
Totaal	186	91	32	0,40	44	41	10	0,17

a) Voorlopige cijfers.

globaal overeen met de helft van het areaal waar de warmte wordt toegepast (tabel 5.2). Bij bloemen is er nauwelijks verschil en bij groente en potplanten is het areaal met toepassing duidelijk groter dan het areaal met winning. Dit komt doordat deze subsectoren luchtkoeling toepassen, in tegenstelling tot (voornamelijk) grondkoeling in de bloementeelt. Het koelvermogen per m² gekoeld areaal is bij luchtkoeling globaal vijf tot tien keer groter dan bij grondkoeling.

Er is één project met elektriciteitswinning via zonnecellen in de constructie van het kasdek. Deze zonne-elektriciteit werd verkocht.

Reductie CO₂-emissie

De reductie van de CO₂-emissie in de glastuinbouw door zonnewarmte bedroeg in 2012 45 kton en de nationale reductie 16 kton. De reductie door de winning van zonne-elektriciteit is dus nog zeer bescheiden.

Bij zonnewarmte is de nationale reductie van de CO₂-emissie circa twee derde lager dan de reductie op sectorniveau. Dit komt doordat bij de herwinning van zonnewarmte een substantiële hoeveelheid elektriciteit nodig is voor winning, opslag en aanwending van de warmte¹ (paragraaf 3.2).

4. Aardwarmte

Aardwarmte

Aardwarmte is op bepaalde locaties in de diepe ondergrond in Nederland voor winning bereikbaar in de vorm van warm water op diepten van 500-3.000 meter. De watertemperatuur is locatie gebonden en varieert van 60 tot meer dan 100°C. In de regel geldt: hoe dieper, hoe warmer en hoe hoger de investering en de exploitatiekosten. Voor het op- en terugpompen van water uit de ondergrond is immers elektriciteit nodig.

De geothermische projecten die sinds 2007 in Nederland (en dus ook in de glastuinbouw) in gebruik zijn, produceren uitsluitend warmte. In de toekomst kan wellicht gecom-



Aardwarmtebronnen

¹ Dit is exclusief de elektriciteit die nodig is voor de koeling van de kassen.

bineerde productie van elektriciteit en warmte plaatsvinden. Hiervoor zijn hogere watertemperaturen nodig.

Toepassing en reductie CO₂-emissie

In 2012 steeg het aantal bedrijven dat aardwarmte wint van drie naar tien. Op deze bedrijven waren in totaal zes aardwarmtebronnen in gebruik. In 2011 waren dit er vier. Twee van de zes bronnen werden gebruikt door meerdere bedrijven, die gezamenlijk in het aardwarmteproject investeerden. Het areaal waarop aardwarmte werd toegepast was in 2012 73 ha. In 2011 was dit nog 39 ha. Opgemerkt dient te worden dat in 2012 niet alle projecten het volledige jaar of met het volledige vermogen in bedrijf waren. Enkele projecten werden gedurende het jaar in gebruik genomen en er waren incidentele technische problemen door 'bijvangst' van olie en aardgas. In 2012 is hiervoor een oplossing gevonden. De bijvangst wordt hierbij op de bedrijven zelf gebruikt voor energieproductie. De helft van de bedrijven met aardwarmte teelde groenten, de andere helft sierteeltproducten.

In 2012 zijn ook nieuwe boringen gestart en voorbereidingen getroffen voor projecten die in 2013 en later in bedrijf komen. Het gebruik van aardwarmte zal hierdoor verder toenemen. Vermeldenswaardig is dat in 2012 ook activiteiten zijn gestart om vanuit aardwarmteprojecten ook derden van warmte te gaan voorzien, zowel binnen als buiten de sector.

De reductie van de CO₂-emissie in de glastuinbouw door aardwarmte kwam in 2012 uit op 27 kton en de nationale reductie bedroeg 24 kton. Het verschil hiertussen is kleiner dan bij zonnewarmte, omdat het benutten van aardwarmte naar verhouding minder elektriciteit vergt.

5. Biobrandstoffen

Wk-installaties en ketels

Biobrandstof wordt gebruikt voor de productie van warmte met ketels en voor de productie van warmte en elektriciteit met wk-installaties. Biobrandstoffen zijn vaste, vloeibare en gasvormige brandstoffen afkomstig uit reststromen van de bosbouw of groenvoorziening, landbouw, voedings- en genotmiddelenindustrie of huishoudens.

Toepassing en CO₂-emissiereductie

Het aantal bedrijven dat biobrandstoffen toepast nam in 2012 toe tot 28. Het areaal nam echter af van 122 naar 112 ha. Biobrandstoffen werden op drie bedrijven met 23 ha kas- sen gebruikt in een wk-installatie en op 25 bedrijven met 89 ha in een ketel. Deze ontwikkelingen zijn het saldo van het afsluiten van bestaande en het starten van nieuwe projecten. Het aantal projecten met biobrandstof in wk-installaties nam af en het aantal met biobrandstof in ketels nam toe.

Globaal de helft van het totale areaal zat in de subsector potplanten (53 ha), gevolgd door groenten (42 ha) en bloemen (17 ha). Van de 23 ha met wkk op biobrandstoffen was 20 ha te vinden in de subsector groenten.

Ondanks de daling van het areaal nam de hoeveelheid duurzame energie in dit transitiepad in 2012 met meer dan 40% toe. Enerzijds kwam dit doordat intensieve en grote bedrijven hun installaties meer gebruikten en anderzijds door het stoppen van projecten op extensievere bedrijven en projecten die minder goed draaiden. De langere gebruiksduur kwam vooral voort uit ontwikkelingen op de energiemarkt. Door de kleinere spark spread (hoofdstuk 4) werd het gebruik van eigen aardgasgestookte wk's in 2012 minder aantrekkelijk en werden alternatieven aantrekkelijker.

Resthout was de voornaamste biobrandstof; van de 25 projecten gebruikten er 23 deze biobrandstof. Twee bedrijven gebruikten biogas uit compost- of vergistingsinstallaties in wk-installaties. De compost- of vergistingsprojecten zijn technologisch en logistiek erg complex, wat hun groei beperkt. Technische ondersteuning en samenwerking met leveranciers van apparatuur en brandstoffen blijft daarom een belangrijk aandachtspunt voor de ontwikkeling. Na 2012 voorzien de gebruikers hogere houtprijzen. In een ongewijzigde markt voor aardgas en elektriciteit zou dit de toepassing van energie uit biobrandstoffen kunnen beperken en de in 2012 gerealiseerde groei doen kantelen.

Naast het gebruik van biobrandstof door glastuinbouwbedrijven wordt er (duurzame) warmte afkomstig uit biobrandstof ingekocht (hoofdstuk 3 en bijlage 5). Deze projecten maken echter geen deel uit van de transitiepaden.

De reductie van de CO₂-emissie in de glastuinbouw door het gebruik van biobrandstoffen bedroeg in 2012 26 kton en de nationale reductie 35 kton. Bij dit pad is de nationale reductie van de CO₂-emissie groter dan de reductie in de sector. Dit komt doordat met biobrandstof ook elektriciteit werd verkocht; dat reduceert het primaire brandstofverbruik waarmee de nationale reductie wordt bepaald.

6. Duurzame(re) elektriciteit

Achtergronden

De monitor van dit transitiepad betreft de duurzame(re) opwekking van elektriciteit met wk-installaties. Hiermee wordt bedoeld de productie van elektriciteit op glastuinbouwbedrijven met minder fossiele brandstof dan nodig is in vergelijking met het park van elektriciteitscentrales. De glastuinbouw gebruikt wk-installaties (hoofdstuk 4) waarmee uit aardgas zowel elektriciteit als warmte wordt geproduceerd; de vrijkomende CO₂ is na rookgasreiniging geschikt voor dosering in de kas voor het gewas.

Toepassing en reductie CO₂-emissie

Het vermogen van wk-installaties op aardgas van tuinders nam in 2012 toe van 2.966 tot 3.021 MW_e en is daarmee boven de 3.000 MW_e gekomen. Dit vermogen komt overeen met zo'n vijf elektriciteitscentrales. De sterkste toename zat in de jaren 2006-2008 met een groei van het vermogen van 1.800 MW_e in 3 jaar. Het areaal met wk-installaties op aardgas bedroeg in 2012 circa 7.000 ha.¹

De nationale reductie van de CO₂-emissie door wk-installaties van tuinders bedroeg in 2012 bijna 2,2 Mton (bijlage 4). In het Agroconvenant wordt de nationale reductie van de CO₂-emissie uitgedrukt ten opzichte van 1990. Ook toen werden er al wk-installaties gebruikt in de glastuinbouw. De nationale reductie van de CO₂-emissie ten opzichte van 1990 bedroeg in 2011 bijna 2,1 Mton.

7. Duurzame(re) CO₂

Inkoop CO₂

De monitor van dit pad is gericht op de toepassing van CO₂ gekocht van derden. Doseering van CO₂ als meststof voor de groei van gewassen is in de glastuinbouw al decennia gemeengoed.

Het transitiepad duurzame(re) CO₂ betreft enerzijds de toepassing van CO₂ die vrijkomt als reststroom (bijvoorbeeld bij de energieproductie, kunstmestproductie, olieraffinage en (agro-)industriële processen).

Door het gebruik van reststromen is per saldo minder fossiele brandstof nodig, dan wanneer tuinders zelf CO₂ produceren. Externe CO₂-bronnen zijn ook een voorwaarde voor het gebruik van duurzame(re) energiebronnen waarbij geen bruikbare CO₂ beschikbaar komt, zoals restwarmte, zonne-energie en aardwarmte, of wanneer de rookgassen niet schoon genoeg zijn, zoals het geval is bij veel biobrandstoffen.

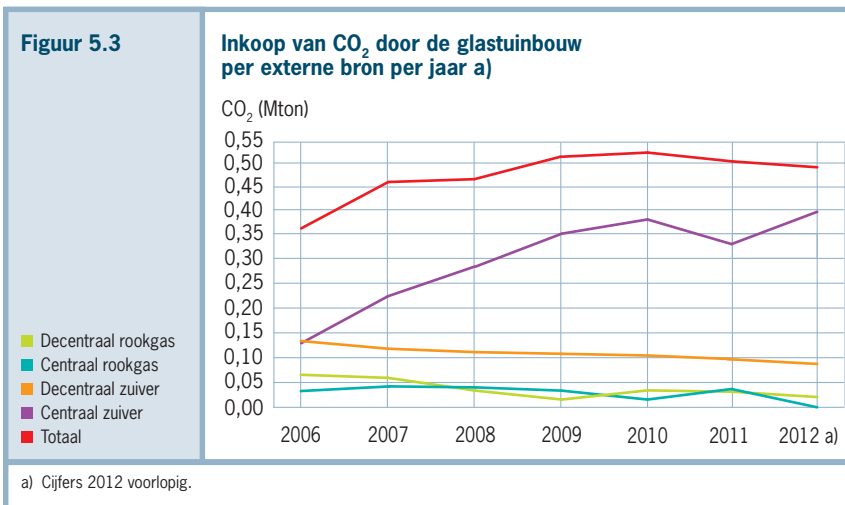
Toepassing

De ingekochte hoeveelheid externe CO₂ daalde in 2012 licht en lag rond de 500 kton (figuur 5.3). Hiermee zet de dalende trend vanaf 2010 door. De genoemde 500 kton komt overeen met bijna 5 kg per m² kas voor de gehele glastuinbouw. De externe CO₂ werd toegepast op circa 2.000 ha. Op dit areaal werd gemiddeld 25 kg per m² per jaar ingekocht.

Er zijn verschillende externe CO₂-bronnen in gebruik. Onderscheid wordt gemaakt tussen CO₂ uit rookgassen en zuivere CO₂ en tussen centrale en decentrale levering. Het gebruik betreft vooral centrale levering van zuivere CO₂. De aandelen van centrale en decentrale rookgas CO₂ zijn beperkt. Decentrale zuivere CO₂ neemt een tussenpositie in.

¹ Dit is exclusief 23 ha met wkk op biobrandstof, wat tot transitiepad biobrandstoffen behoort (bijlage 4).

OCAP (Organic Carbondioxide for Assimilation of Plants) bleef veruit de grootste leverancier van externe, zuivere CO₂ aan de glastuinbouw. Deze bron levert meer dan 80% van de externe CO₂. De centrale levering van zuivere CO₂ nam toe en hoeveelheden van andere bronnen daalden. Opvallend was het stoppen van de levering vanuit de ROCA-centrale. Na jaren van inspanningen om de levering van restwarmte te koppelen aan de levering van rookgas CO₂ van de centrale is aan deze grootschalige levering een einde gekomen. Klanten kregen de mogelijkheid om OCAP-CO₂ af te nemen. Dit leidde direct tot toename van de verkochte hoeveelheid CO₂ door OCAP.



Conclusies en aanbevelingen

Energie-efficiëntie

- De index voor energie-efficiëntie is in 2012 met 1 procentpunt verslechterd tot 44%. De glastuinbouw gebruikte daarmee 56% minder primair brandstof per eenheid product dan in 1990. De index is nog 1 procentpunt verwijderd van het beoogde doel uit het Agroconvenant (43% in 2020).
- De verslechtering van de energie-efficiëntie in 2012 hangt samen met een toename van het primaire brandstofverbruik per m² met 2,5% in combinatie met een kleine afname van de fysieke productie per m² met 0,5%.
- Over de gehele periode 2008-2012 is de energie-efficiëntie min of meer stabiel.
- Het positieve effect van het gebruik van wk-installaties op de energie-efficiëntie bedroeg in 2012 19 procentpunten in vergelijking met een situatie zonder wk's.
- Vanaf 2010 neemt het primaire brandstofverbruik toe.
- Over de periode 2006-2012 is de toename van het primair brandstofverbruik door intensivering groter dan de daling door de afnemende energievraag (energiebesparing).

CO₂-emissie

- De totale CO₂-emissie en de CO₂-emissie voor de teelt namen in 2012 af. De totale CO₂-emissie verminderde met 0,4 Mton tot 7,2 Mton. De CO₂-emissie voor de teelt verminderde met 0,05 Mton tot 5,1 Mton.
- De CO₂-emissie voor de teelt ligt hiermee 1,5 Mton onder de streefwaarde voor de periode 2008-2012 (6,6 Mton) en is 0,7 Mton beter dan het doel voor 2020 uit het Agroconvenant (een reductie van 1 Mton ten opzichte van 1990).
- De totale CO₂-emissie zit 1,0 Mton boven de CO₂-emissieruimte voor 2020.
- In 2011 werd er minder elektriciteit verkocht, waardoor het verschil tussen de totale CO₂-emissie en die voor de teelt met 0,1-0,2 Mton afnam.
- Met de wk-installaties realiseerde de glastuinbouw ten opzichte van 1990 een nationale reductie van de CO₂-emissie van 2,1 Mton. Dit is 0,2 Mton minder dan het doel voor 2020 in het Agroconvenant.

Duurzame energie

- Het aandeel duurzame energie nam in 2011 met 0,4 procentpunt toe tot 2,3%. Dit ligt bijna 18 procentpunten onder het doel voor 2020 (20%).
- De toename van het aandeel duurzame energie hangt samen met de toename van het absoluut gebruik van duurzame energie van 2,2 naar 2,7 PJ en de afname van het totale energiegebruik.
- Het aantal bedrijven dat duurzame energie (exclusief inkoop elektriciteit) gebruikt, is toegenomen tot 109. Het areaal groeide naar 450 ha.
- Duurzame energie wordt toegepast op grote en kleine bedrijven.
- Duurzame energie omvat in volgorde van energiegebruik: zonnewarmte (30%), inkoop duurzame elektriciteit (22%), biobrandstoffen (18%), aardwarmte (18%), inkoop duurzame warmte (10%) en duurzaam gas (1%). De groei zat in 2012 bij aardwarmte, biobrandstoffen en inkoop van duurzame warmte.
- Circa twee derde van de gebruikte duurzame energie wordt de laatste jaren door de glastuinbouw zelf geproduceerd. De rest wordt ingekocht.
- De gemiddelde hoeveelheid warmte uit duurzame bron per m² kas is in 2012 met 20% toegenomen, maar ligt zo'n 40% lager in vergelijking met de aardgasgestookte wk's. Voor het realiseren van de doelstelling in 2020 is een grotere dekking van de warmtevraag per m² noodzakelijk.

Warmtekrachtkoppeling en elektriciteitsbalans

- Het elektrische vermogen van wk-installaties van tuinders is in 2012 gestegen tot boven de 3.000 MW.
- De gemiddelde gebruiksduur van 4.000 uur was ongeveer gelijk aan 2011.
- De elektriciteitsproductie schommelt de laatste drie jaar rond 12 miljard kWh. Dit dekt 10% van de nationale consumptie.
- Door de kleinere spark spread is het gunstige effect van de wk-installaties op de netto-energiekosten in 2012 verminderd. Dit stimuleert de reductie van de energievraag en het gebruik van duurzame energiebronnen en remt de intensivering.
- De hoeveelheid ingekochte warmte nam in 2012 wederom af en omvat 4% van het totaal energiegebruik. De inkoop van restwarmte steeg licht, terwijl de levering vanuit wk's van energiebedrijven afnam. De daling van het totaal heeft een negatieve invloed op de energie-efficiëntie en de CO₂-emissie.
- Door de glastuinbouw werd in 2012, 2,3 miljard kWh elektriciteit ingekocht en 7,5 miljard kWh verkocht. De consumptie steeg van 5,9 naar 6,8 miljard kWh. Dit is 5-6% van de nationale consumptie.
- De elektriciteitsconsumptie is in de periode 2005-2012 met 60% toegenomen. Omdat een belangrijk deel daarvan wordt geproduceerd met wk-installaties op aardgas, is de CO₂-emissie van de teelt gestegen. In 2012 hing 44% van de CO₂-emissie van de teelt samen met deze elektriciteitsproductie. Het aandeel in het primaire brandstofverbruik bedroeg 68%. De verduurzaming van de elektriciteitsconsumptie is daardoor belangrijk voor zowel de energie-efficiëntie als de CO₂-emissie.

Transitiepaden

- Het transitiepad Duurzame(re) elektriciteit (wk's) werd eind 2012 toegepast op bijna 7.000 ha, oftewel 70% van het totale areaal glas.
- De paden Zonne-energie, Biobrandstoffen en Aardwarmte werden eind 2012 toegepast op respectievelijk 237, 112 en 73 ha. Hiermee werd een reductie van de nationale CO₂-emissie van 0,08 Mton gerealiseerd.
- Gezamenlijk realiseren de vier hiervoor genoemde paden in 2012 een reductie van de nationale CO₂-emissie van 2,25 Mton.
- De paden Teeltstrategieën (luchtbehandeling), Natuurlijk licht (diffuus glas) en Belichting (ledlicht) werden toegepast op respectievelijk 119, 74 en 4 ha. Alle drie de paden lieten in 2012 een toename zien, maar de groei was minder dan in 2011. De sterkste groei trad op bij diffuus glas.
- De inkoop van CO₂ ligt rond de 0,5 Mton en nam de laatst twee jaar licht af.
- Ook combinaties van transitiepaden komen voor. Deze zullen elkaar onderling beïnvloeden. Inzicht in deze relaties is een belangrijk aandachtspunt voor de verdere ontwikkeling van de transitiepaden.
- De verminderde nieuwbouw van kassen remt de toepassing van de transitiepaden en de verbetering van de energie-indicatoren.

Literatuur en websites

Brief van de Directeur-generaal Landbouw, Natuur en voedselkwaliteit en Plv. Directeur-generaal Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer aan De heer drs. D. Duizer, Voorzitter Productschap Tuinbouw en De heer ing. N. van Ruiten, Voorzitter LTO Glaskracht, dd 27 april 2007.

Buurma, J.S. en P.X. Smit, *Groei in Het Nieuwe Telen; Kennisbehoefte van vroege volgers*. Rapport 2013-054, LEI Wageningen UR, 2013.

Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren; inclusief toelichtingsverklaring bij artikel 6.2 lid 4 en 5. Den Haag, 2008.

Convenant CO₂ emissieruimte binnen het CO₂ sectorsysteem glastuinbouw voor de periode 2013-2020. 2011.

Jaarplan 2012, Programma Kas als energiebron, Zoetermeer, 2011.

Meulen, H.A.B. van der, W.H. van Everdingen en A.B. Smit, *Actuele ontwikkeling van resultaten en inkomens in de land- en tuinbouw in 2012*. Rapport 2012-064, LEI, Den Haag, 2012.

Smit, P.X. en N.J.A. van der Velden, *Energiebenutting warmtekrachtkoppeling in de Nederlandse glastuinbouw*. Rapport 2008-019, LEI, Den Haag, 2008.

Velden, N. van der en P. Smit, *Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2011*. Rapport 2012-059. LEI Wageningen UR, 2012.

Velden, N. van der en P. Smit, *Groei elektriciteitsconsumptie glastuinbouw; Hoe verder?*. Rapport 2013-022. LEI Wageningen UR, 2013.

Velden, N. van der, *Protocol Energiemonitor Glastuinbouw; Versie tot en met 2012*. Nota 13-090. LEI Wageningen UR, 2013.

Websites

www.energiek2020.nu

www.emissieautoriteit.nl

www.kasalsenergiebron.nl

www.wageningenur.nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/lei.htm

www.tuinbouw.nl

Bijlagen

Bijlage 1, Definities, methode en bronnen

B1.1 Definities

Protocol

De definities, methodiek en bronnen zijn vastgelegd in het *Protocol Energiemonitor Glastuinbouw* (Van der Velden, 2013) en worden in deze bijlage op hoofdlijnen toegelicht.

Definities van indicatoren

De *energie-efficiëntie* is het primaire brandstofverbruik per eenheid product van de productieglastuinbouw, uitgedrukt in procenten van het niveau in het basisjaar.

De *CO₂-emissie* wordt uitgedrukt in Mton per jaar en wordt bepaald volgens de IPCC-methode en heeft betrekking op de gehele glastuinbouwsector. Onderscheid wordt gemaakt naar de totale CO₂-emissie van de sector en de CO₂-emissie voor de teelt (exclusief verkoop elektriciteit).

Het *aandeel duurzame energie* is het quotiënt van de werkelijk gebruikte hoeveelheid duurzame energie en het totale netto (inkoop minus verkoop) energiegebruik in de gehele glastuinbouw, uitgedrukt in procenten.

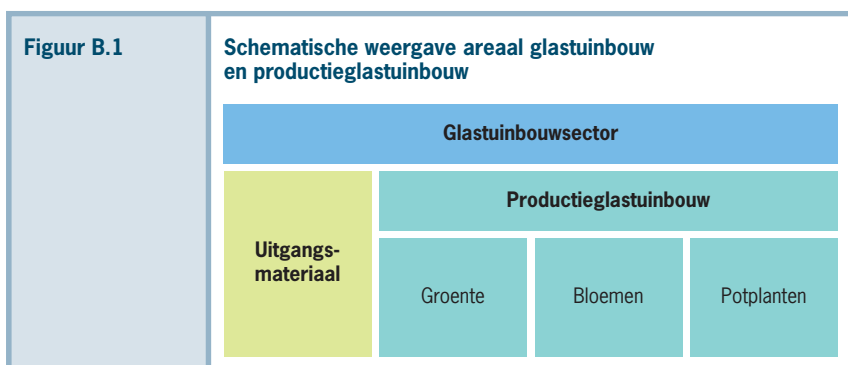
De definities van de indicatoren verschillen ten aanzien van het areaal glas en het begrip energie.

Areaal

De glastuinbouw omvat het areaal productieglastuinbouw en het areaal uitgangsmateriaal (figuur B.1). De productieglastuinbouw bestaat uit de subsectoren groente, bloemen en potplanten. Het uitgangsmateriaal betreft de teelt van zaden en stek en de opkweek van jonge planten. Uitgangsmateriaal wordt gezien als toelevering (binnen en buiten de glastuinbouw) en niet als primaire productie. Daarom blijft het areaal met uitgangsmateriaal buiten beschouwing bij de energie-efficiëntie. De CO₂-emissie heeft betrekking op de gehele glastuinbouw, inclusief het areaal uitgangsmateriaal.

Energie

Het energiegebruik in de glastuinbouw omvat meerdere soorten (figuur B.2). Aardgas, olie, warmte en elektriciteit wordt ingekocht en elektriciteit en warmte verkocht.



Duurzame energie wordt ingekocht, geproduceerd en verkocht. Dit alles is op verschillende wijzen te sommeren.

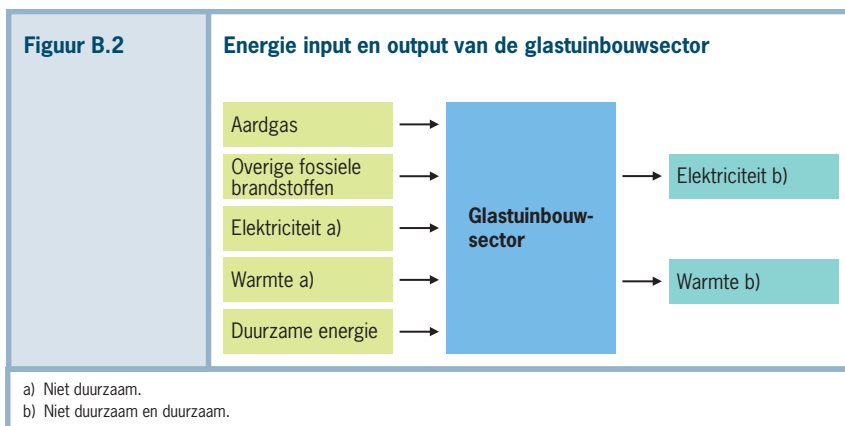
Sommatie op basis van energie-inhoud resulteert in het kengetal totaal *energiegebruik*. De verkoop van energie wordt hierbij in mindering gebracht.

Voor het *primaire brandstofverbruik* wordt de hoeveelheid fossiele brandstof bepaald die nodig is voor de productie van de afzonderlijke energiesoorten. Aardgas en overige fossiele brandstoffen zijn primaire brandstoffen. De inkoop van elektriciteit wordt herleid tot de hoeveelheid brandstof die daarvoor nodig is in een gemiddelde Nederlandse elektriciteitscentrale zonder warmtelevering. Voor de verkoop van elektriciteit geldt hetzelfde, maar dit wordt in mindering gebracht. De ingekochte warmte komt van elektriciteitscentrales (restwarmte) en wk-installaties van energiebedrijven. Door de gecombineerde productie van elektriciteit en warmte ligt de elektriciteitsproductie lager. Voor de geleverde warmte wordt de extra hoeveelheid brandstof berekend die nodig is om de derving van de elektriciteitsproductie te compenseren.

De CO_2 -emissie wordt bepaald op basis van de IPCC-methode. Hierbij wordt alleen de werkelijk verstoekte fossiele brandstof op glastuinbouwbedrijven in beschouwing genomen. Onderscheid wordt gemaakt naar de totale CO_2 -emissie en de CO_2 -emissie voor de teelt. De totale CO_2 -emissie heeft betrekking op alle fossiele brandstoffen inclusief voor de productie van elektriciteit op de glastuinbouwbedrijven. De CO_2 -emissie voor de teelt is de totale CO_2 -emissie verminderd met de emissie die gerelateerd is aan door de glastuinbouw verkochte elektriciteit.

Het *primaire brandstofverbruik* is de grondslag voor de *energie-efficiëntie*. De CO_2 -emissie wordt bepaald op basis van het werkelijke gebruik van fossiele brandstoffen (IPCC-methode).

Het *totale energiegebruik* wordt gebruikt voor het bepalen van het *aandeel duurzame energie*. Netto wil zeggen inkoop minus verkoop.



Duurzame energie

Duurzame energie omvat energie uit zon, wind, waterkracht, aardwarmte en biobrandstof via een hernieuwbaar proces. Hernieuwbaar betekent dat er geen fossiele brandstof wordt gebruikt en er netto geen CO₂-emissie ontstaat. De doelstelling voor duurzame energie heeft betrekking op het werkelijke gebruik in de glastuinbouw. Duurzame geproduceerde energie voor gebruik elders telt niet mee. Een voorbeeld hiervan is een op biobrandstof gestookte wk-installatie waarvan de geproduceerde elektriciteit (deels) wordt verkocht. Ingekochte duurzame elektriciteit telt daarentegen wel mee. Bij het bepalen van het totale energiegebruik in de glastuinbouw op basis van energie-inhoud telt de duurzame energie eveneens mee. Dit is niet het geval bij het bepalen van het primaire brandstofverbruik en de CO₂-emissie.

Temperatuurcorrectie

Het energiegebruik verschilt van jaar tot jaar, mede door verschillen in buitentemperatuur. Het primaire brandstofverbruik en dus ook de energie-efficiëntie wordt hiervoor gecorrigeerd. Voor het totale energiegebruik en de CO₂-emissie vindt geen temperatuurcorrectie plaats.

B1.2 Methode en bronnen

Voor het kwantificeren van de indicatoren moeten de totale energie-input en -output van de glastuinbouw en de productieglastuinbouw opgesplitst naar afzonderlijke energiesoorten (figuur B.2) worden vastgesteld. Voor de energie-efficiëntie betreft dit ook de fysieke productie. Daarnaast is informatie nodig voor het opstellen van de elektriciteitsbalans. De belangrijkste informatiebronnen zijn:

- energieregistraties van het Milieu Project Sierteelt (MPS);
- energieregistraties van Groeiservice;
- energieregistraties van groepen tuinders
- energieregistraties van groentebedrijven van het Bedrijveninformatienet van het LEI
- inkoop restwarmte van de leveranciers;
- elektrisch vermogen van wk-installaties van energiebedrijven en tuinders via de inventarisatie door Energy Matters;
- elektrisch vermogen en gebruiksduur van wk-installaties van tuinders op basis van informatie van Energy Matters, energiebedrijven en groepen tuinders en het Bedrijveninformatienet van het LEI;
- veilingomzetten bloemen en planten van de FloraHolland en Plantion
- prijsinformatie bloemen en planten van FloraHolland;
- fysieke productie vruchtgroente van het Bedrijveninformatienet van het LEI, accountants, telersverenigingen en groepen tuinders;
- areaalgegevens en informatie over het gebruik van wk-installaties uit de Landbouwtelling van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS);
- areaalgegevens belichting vruchtgroenten van adviseurs.
- leveranciers van installaties en adviseurs

Energie-input en -output

Figuur B.2 geeft de energie-input en -output van de glastuinbouw schematisch weer. MPS, Groeiservice en andere bronnen bieden informatie over het energiegebruik per energiesoort in de subsectoren groente, bloemen, potplanten en uitgangsmateriaal. De bedrijfsgegevens van deze bronnen zijn ingedeeld naar gewas(groep) conform de Landbouwtelling van het CBS. Met behulp van de areaalgegevens per gewas(groep) van de Landbouwtelling is de energie-informatie per gewas(groep) geaggregeerd naar sectorniveau. Daarnaast is informatie beschikbaar over de warmte-inkoop door de glastuinbouw.

Elektriciteitsbalans

De glastuinbouw produceert op grote schaal elektriciteit met wk-installaties. Voor het in kaart brengen van een elektriciteitsbalans zijn de inkoop, verkoop en productie gekwantificeerd, waarna de elektriciteitsconsumptie is berekend. Bij dit laatste dient opgemerkt te worden dat de consumptie de sluitpost is waarin alle eventuele fouten bij de schatting van de inkoop, verkoop en productie doorwerken. De informatie over de consumptie moet daardoor gezien worden als een globale indicatie.

Inventarisatie transitiepaden en duurzame energie

Statistieken over het gebruik van duurzame energiebronnen en van de overige opties binnen de transitiepaden van KaE zijn nog nauwelijks beschikbaar. De meeste opties betreffen een beperkt aantal projecten. Duurzame energie en de transitiepaden zijn in kaart gebracht middels een inventarisatie van de projecten. De enige optie die al op grote schaal wordt toegepast is de wk-installatie van de tuinder. Hiervan zijn wel databronnen beschikbaar en dit is ook verwerkt in de energie-input en -output en in de elektriciteitsbalans van de glastuinbouw.

Fysieke productie

De glastuinbouw brengt vele producten voort. De fysieke productie wordt uitgedrukt in verschillende eenheden: tomaten en paprika per kg, komkommer per stuk, bloemen per stuk of per bos en potplanten per stuk. Sommatie van deze eenheden vindt indirect plaats. Hierbij wordt uitgegaan van de totale omzet aan glastuinbouwproducten per jaar. Omzetverschillen tussen jaren hangen samen met mutaties in prijs en in fysieke productie. De fysieke productie wordt uiteindelijk bepaald door de jaaromzet te corrigeren voor de gemiddelde prijsmutatie van de glastuinbouwproducten.

Voor prijsmutaties bij groenten is geen databron beschikbaar. Daarom is voor deze subsector informatie over de ontwikkeling van de fysieke productie verzameld van de belangrijkste gewassen (tomaat, paprika en komkommer).

Bijlage 2		Overzicht kenmerken en energie-indicatoren glastuinbouw												
Groothed	Eenheid	1980	1990	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012v
Aareaal glastuinbouw	ha	8.755	9.768	10.528	10.538	10.486	10.537	10.380	10.371	10.165	10.324	10.307	10.249	9.962
Aareaal productieglastuinbouw	ha	8.527	9.368	10.036	10.042	10.008	10.028	9.861	9.825	9.623	9.729	9.757	9.687	9.405
Buitemtemperatuur	graaddagen	3.246	2.680	2.659	2.913	2.881	2.765	2.671	2.525	2.784	2.804	3.321	2.622	2.879
Lichtsom e)	% norm	95	105	97	115	104	107	106	104	104	110	108	106	102
Totaal energie a) c)	PJ	-	-	136,7	127,1	130,0	128,1	111,4	113,1	115,0	116,8	127,1	115,9	114,7
	MJ/m ²	-	-	1.299	1.206	1.240	1.216	1.073	1.090	1.132	1.131	1.233	1.131	115,1
Primair brandstof b) d)	10 ⁶ m ³ a.e.	3.488	4.195	4.276	3.795	3.939	3.870	3.138	3.039	2.573	2.778	2.567	2.585	2.575
	m ³ a.e./m ²	40,9	44,8	42,6	37,8	39,4	38,6	31,8	30,9	26,7	28,6	26,3	26,7	27,4
Fysieke productie per m ² b)	% 1990	-	100	114	122	127	128	127	128	136	136	136	140	139
Energie-efficiëntie b) d)	% 1990	-	100	84	69	69	67	56	54	44	47	43	43	44
Fossiel brandstof totaal a) c)	10 ⁶ m ³ a.e.	-	3.808	3.710	3.494	3.614	3.596	3.286	3.549	3.944	3.927	4.502	4.127	4.006
	m ³ a.e./m ²	-	39,0	35,2	33,2	34,5	34,1	31,7	34,2	38,8	38,0	43,7	40,3	40,2
Fossiel brandstof teelt a) c)	10 ⁶ m ³ a.e.	-	3.808	3.670	3.436	3.520	3.398	2.873	2.876	2.866	2.950	3.224	2.887	2.862
	m ³ a.e./m ²	-	39,0	34,9	32,6	33,6	32,3	27,7	27,7	28,2	28,6	31,3	28,2	28,7
CO ₂ -emissie totaal a) c)	Mton	-	6,8	6,7	6,3	6,5	6,5	5,9	6,4	7,1	7,1	8,1	7,4	7,2
	% 1990	-	100	97	92	95	94	86	93	104	103	118	108	105
CO ₂ -emissie teelt a) c)	Mton	-	6,8	6,6	6,2	6,3	6,1	5,2	5,2	5,2	5,3	5,8	5,2	5,1
	% 1990	-	100	96	90	92	89	75	76	75	77	85	76	75
CO ₂ -emissie Nederland f)	Mton	-	159,2	169,9	179,6	181,0	175,9	172,3	172,4	175,2	169,9	181,4	167,6	166,1
	% 1990	-	100	107	113	114	110	108	108	110	107	114	105	104
Aandeel duurzaam a) c)	%	-	-	0,1	0,3	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3	1,5	1,7	1,9	2,3
Aandeel duurzaam Nederland a) c)	%	-	-	1,37	1,61	1,86	2,31	2,65	3,08	3,35	4,10	3,75	4,33	4,42

v = voorlopige cijfers.

- = cijfers niet beschikbaar.

a) Totale glastuinbouwsector.

b) Productieglastuinbouw.

c) Niet temperatuur gecorrigeerd.

d) Temperatuur gecorrigeerd.

e) De lichtsom in een normaal jaar bedraagt 350 10³ J/cm².

f) Bron: CBS.

Bijlage 3 Energiegebruik glastuinbouw (totale glastuinbouwareaal en niet gecorrigeerd voor temperatuur) a)														
Energiesoort	Eenheid	1980	1990	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012v
Aardgas	miljoen m ³	3.352	3.778	3.709	3.488	3.610	3.593	3.282	3.546	3.941	3.925	4.500	4.126	4.005
Overig fossiel b)	miljoen m ³ a.e.	-	30	1	6	4	3	4	3	3	2	2	1	1
Restwarmte	PJ	0	1,2	5,6	4,6	4,4	4,2	4,0	3,7	3,5	3,4	3,9	3,4	3,5
Wk-warmte energiebedrijven	PJ	0	0,7	9,3	6,3	4,9	5,1	4,5	3,6	2,8	2,1	1,7	1,5	1,1
Elektriciteit														
- inkoop totaal	miljoen kWh	-	-	1.479	1.914	2.333	2.626	2.303	2.435	2.320	2.443	2.169	2.250	2.292
- vv groen	miljoen kWh	-	-	0	52	74	55	86	104	113	143	175	159	165
- verkoop	miljoen kWh	-	-	266	379	621	1.298	2.714	4.422	7.083	6.423	8.397	8.148	7.516
- vv groen	miljoen kWh	-	-	-	-	-	-	-	1	18	16	21	20	20
- netto inkoop	miljoen kWh	-	-	1.213	1.535	1.712	1.328	411	-1.987	-4.763	-3.980	-6.228	-5.898	-5.224
Duurzame energie	PJ	-	-	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	1,5	1,8	2,2	2,2	2,7
Totaal energie	PJ	-	-	136,7	127,1	130,0	128,1	111,4	113,1	115,0	116,8	127,1	115,9	114,7
Totaal fossiel	miljoen m ³ a.e.	-	3.808	3.710	3.494	3.614	3.596	3.286	3.549	3.944	3.927	4.502	4.127	4.006

v = voorlopige cijfers.
 - = cijfers niet beschikbaar.
 a) De verkoop van warmte komt voor sinds 2007 maar is in deze tabel nog niet opgenomen, omdat het een zeer beperkte hoeveelheid betreft.
 b) Zware en lichte olie en propaan.

Bijlage 4 Gebruik en reductie CO ₂ -emissie per transitiepad																	
Transitiepad - aanpak of techniek	Areaal c), aantal bedrijven c), vermogen c) en/of hoeveelheid						Sector/IPCC						Reductie CO ₂ -emissie (Mton)				
	2008	2009	2010	2011	2012v	2012v	2009	2010	2011	2012v	2009	2010	2011	2012v	2010	2011	2012v
1. Zonne-energie																	
- warmte a)	40 bedrijven 169 ha	51 bedrijven 196 ha	55 bedrijven 216 ha	61 bedrijven 224 ha	63 bedrijven 229 ha	63 bedrijven 229 ha	0,035	0,042	0,045	0,045	0,011	0,014	0,015	0,014	0,015	0,016	0,016
- elektriciteit	0 bedrijven 0 ha	0 bedrijven 0 ha	1 bedrijf 8 ha	1 bedrijf 8 ha	1 bedrijf 8 ha	1 bedrijf 8 ha	0	0	0	0	0	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
2. Aardwarmte																	
- warmte	1 bedrijf 15 ha	1 bedrijf 15 ha	1 bedrijf 21 ha	3 bedrijven 39 ha	10 bedrijven 73 ha	10 bedrijven 73 ha	0,008	0,015	0,017	0,027	0,007	0,014	0,016	0,014	0,016	0,024	0,024
3. Biobrandstoffen b)																	
- warmte	3 bedrijven 5 ha	11 bedrijven 33 ha	14 bedrijven 68 ha	21 bedrijven 77 ha	25 bedrijven 89 ha	25 bedrijven 89 ha	0,006	0,009	0,010	0,017	0,006	0,009	0,009	0,009	0,009	0,016	0,016
- warmte plus elektriciteit	4 bedrijven 41 ha 5 MW _e	4 bedrijven 41 ha 5 MW _e	4 bedrijven 45 ha 5 MW _e	4 bedrijven 45 ha 6 MW _e	3 bedrijven 23 ha 4 MW _e	3 bedrijven 23 ha 4 MW _e	0,008	0,007	0,009	0,009	0,016	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
4. Teeltstrategieën																	
- luchtbehandeling	0	4 ha	29 ha	91 ha	119 ha	119 ha	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
5. Licht																	
- diffuus glas	0	< 1 ha	4 ha	45 ha	74 ha	74 ha	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
- led-verlichting	1 ha	1 ha	1 ha	3 ha	4 ha	4 ha	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
6. Duurzame(re) elektriciteit																	
- warmte plus elektriciteit (wk-installaties aardgas)	2.742 MW _e 5.961 ha	2.902 MW _e 6.584 ha	2.926 MW _e 6.885 ha	2.966 MW _e 6.979 ha	3.021 MW _e 6.866 ha	3.021 MW _e 6.866 ha	-2,79	-3,13	-3,05	-3,09	2,20 e)	2,38 e)	2,20 e)	2,38 e)	2,20 e)	2,17 e)	2,17 e)
7. Duurzame(re) CO₂	460-490 kton	510-540 kton	510-540 kton	490-520 kton	475-505 kton	475-505 kton	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
Totaal	d)	d)	d)	d)	d)	d)	-2,74	-3,05	-2,97	-2,99	2,24	2,44	2,26	2,44	2,26	2,25	2,25

v = voorlopige cijfers.

geen onderdeel van de monitor.

a) Dit betreft het totaal areaal van de bedrijven die deze optie toepassen en is dus inclusief het areaal op deze bedrijven waar geen herwinning maar wel toepassing van de zonnearmte plaatsvindt.

b) De nationale reductie is groter dan de sectorale reductie door verkoop van elektriciteit uit de wk-installaties op biobrandstof.

c) Peildatum eind van het jaar.

d) Door het gebruik van meerdere paden/opties op hetzelfde areaal is sommatie niet mogelijk.

e) Ten opzichte van 1990 wordt dit circa 0,1 Mton kleiner.

Bijlage 5 Inkoop duurzame(re) energie en reductie CO₂-emissie														
Energiesoort	Areaal (ha) b), aantal bedrijven b), vermogen b) en hoeveelheid							Sector //PCC						
	2008	2009	2010	2011	2012v	2009	2010	2011	2012v	2009	2010	2011	2012v	
Restwarmte	182 bedrijven	187 bedrijven	182 bedrijven	180 bedrijven	180 bedrijven	180 bedrijven	0,188	0,213	0,184	0,193	0,146	0,117	0,114	
Wk-warmte energiebedrijven	166 MW _e	114 MW _e	89 MW _e	68 MW _e	57 MW _e	0,117	0,092	0,084	0,062	0,083	0,058	0,044	0,041	
Duurzame warmte a)	5 bedrijven 33 ha	7 bedrijven 37 ha	7 bedrijven 34 ha	7 bedrijven 31 ha	8 bedrijven 35 ha	0,010	0,009	0,008	0,014	0,009	0,008	0,008	0,014	
Duurzame elektriciteit	113 10 ⁶ kWh	143 10 ⁶ kWh	175 10 ⁶ kWh	159 10 ⁶ kWh	165 10 ⁶ kWh	0	0	0	0	0,068	0,082	0,073	0,075	
Duurzaam gas	0	1,5 10 ⁶ m ³	1,0 10 ⁶ m ³	1,0 10 ⁶ m ³	1,0 10 ⁶ m ³	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	
Totaal	c)	c)	c)	c)	c)	0,318	0,315	0,278	0,271	0,294	0,296	0,244	0,246	

LEI Wageningen UR 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.

LEI Wageningen UR vormt samen met het Departement Maatschappijwetenschappen van Wageningen University en het Wageningen UR Centre for Development Innovation de Social Sciences Group.

Meer informatie: www.wageningenUR.nl/lei