



Opties voor energie-neutrale agrosectoren in 2025

Huib Silvis, Koen Smekens, David Verhoog en Bert Daniëls

Opties voor energieneutrale agrosectoren in 2025

Huib Silvis¹, Koen Smekens², David Verhoog¹ en Bert Daniëls²

m.m.v. Bert Smit, Gerben Doornewaard, Nico van der Velden, Arjan Wisman (LEI), Jaap van den Briel en Jan Oldenburger (Probos)

1 LEI Wageningen UR

2 ECN

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Economische Zaken (overeenkomst nr.14183556 behorende bij de EZ-brief d.d. 8 december 2014)

LEI Wageningen UR

Wageningen, september 2015

REPORT

LEI 2015-108

ISBN 978-90-8615-718-1

Silvis, H.J., K.E.L. Smekens, A.D. Verhoog en B.W. Daniëls, 2015. *Opties voor energieneutrale agrosectoren in 2025*. Wageningen, LEI Wageningen UR (University & Research centre), LEI Report 2015-108. 80 blz.; 31 fig.; 27 tab.; 33 ref.

Deze studie is bedoeld om kansen en knelpunten voor het bereiken van energieneutrale agrosectoren in 2025 inzichtelijk te maken. Getoond wordt hoe de primaire agrosectoren de situatie van netto energieneutraliteit kunnen benaderen. Naast energiebesparende maatregelen worden de belangrijkste bijdragen daaraan geleverd door de productie van duurzame energie: zonnepanelen, windmolens en geothermie. Technisch kan ook mest een aanzienlijke bijdrage leveren als grondstof voor groen gas. De opties zijn niet beoordeeld op economische en financiële haalbaarheid. Geconcludeerd wordt dat forse publieke en private inspanningen nodig zijn om de technische mogelijkheden te realiseren.

Dit rapport is gratis te downloaden in het E-depot <http://edepot.wur.nl> of op www.wageningenUR.nl/lei (onder LEI publicaties).

© 2015 LEI Wageningen UR
Postbus 29703, 2502 LS Den Haag, T 070 335 83 30,
E informatie.lei@wur.nl, www.wageningenUR.nl/lei. LEI is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).



LEI hanteert voor haar rapporten een Creative Commons Naamsvermelding 3.0 Nederland licentie.

© LEI, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2015
De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Het LEI aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Het LEI is ISO 9001:2008 gecertificeerd.

LEI 2015-108 | Projectcode 2282200086

Foto omslag: Hollandse Hoogte | Corbis

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
	S.1 Belangrijkste uitkomsten	7
	S.2 Overige uitkomsten	7
	S.3 Verantwoording	8
1	Doel en aanpak	9
	1.1 Aanleiding	9
	1.2 Vraagstelling	9
	1.3 Inhoud	9
	1.4 Afbakening	10
	1.5 Definities	10
	1.6 Stand van zaken in 2013	12
	1.7 Berekeningen voor 2025	13
2	Glastuinbouw	14
	2.1 Energievraag en -voorziening	14
	2.2 Technische mogelijkheden	15
	2.3 Vooruitzichten 2025	16
	2.3.1 Achtergronden	16
	2.3.2 Kwantificering	17
3	Melkveehouderij	21
	3.1 Activiteiten en energieverbruik	21
	3.2 Technische mogelijkheden	25
	3.3 Vooruitzichten 2025	27
4	Akkerbouw	32
	4.1 Activiteiten en energieverbruik	32
	4.2 Technische mogelijkheden	36
	4.3 Vooruitzichten 2025	38
5	Opengrondtuinbouw	42
	5.1 Activiteiten en energieverbruik	42
	5.2 Technische mogelijkheden	43
	5.3 Vooruitzichten 2025	44
6	Varkenshouderij	45
	6.1 Activiteiten en energieverbruik	45
	6.2 Huidige productie van duurzame energie	46
	6.3 Huidige energiebesparing	46
	6.4 Technische mogelijkheden	47
	6.5 Vooruitzichten 2025	48

7	Vleeskuikenshouderij	49
	7.1 Activiteiten en energieverbruik	49
	7.2 Technische mogelijkheden	51
	7.3 Vooruitzichten 2025	52
8	Leghennenshouderij	53
	8.1 Activiteiten en energieverbruik	53
	8.2 Technische mogelijkheden	55
	8.3 Vooruitzichten 2025	55
9	Vleeskalverenhouderij	57
	9.1 Activiteiten en energieverbruik	57
	9.2 Technische mogelijkheden	58
	9.3 Vooruitzichten 2025	59
10	Bosbouw	60
	10.1 Activiteiten en energieverbruik	60
	10.2 Technische mogelijkheden	63
	10.3 Vooruitzichten 2025	64
11	Opties voor energieneutrale agrosectoren	66
	11.1 Inleiding	66
	11.2 Vooruitzichten voor de agrosectoren	66
	11.3 Aanvullende opties	73
12	Slotbeschouwing	77
	Bronnen	80

Woord vooraf

Dit rapport is opgesteld in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en dient als informatie voor de beleidsvoorbereiding van het energie- en klimaatbeleid voor de agrosector. Het onderzoek is uitgevoerd door een consortium van LEI Wageningen UR en ECN, onder een tweehoofdige projectleiding: Huib Silvis was projectleider namens LEI Wageningen UR en Koen Smekens namens ECN.

LEI Wageningen UR leverde de kennis van de energiemaatregelen op primair bedrijfsniveau, beschreef de ontwikkelingen in bedrijven en sectoren en interpreteerde de opties vanuit sectorale gezichtspunten. In opdracht van het LEI heeft de Stichting Probos de bijdrage over de bosbouwsector geleverd.

ECN ontwikkelde de invulling van het begrip energieneutraliteit. Verder leverde ECN de energiemaatregelen op algemeen niveau, ontwikkelde het rekenmodel voor de projecties, en borgde de aansluiting van de opties en indicatoren bij de algemene beleidsontwikkeling t.a.v. energie.

Namens de opdrachtgever is het onderzoek aangestuurd door Martijn Root en Leo Oprel. Van de begeleidingscommissie maakten ook deel uit: Jolanda Mourits, Elmar Theune, Pim Bruins (allen EZ), Ida Smit (RVO) en Harry Kager (LTO). Graag bedanken we de leden van de commissie voor de constructieve samenwerking.



prof. dr ir J.G.A.J. van der Vorst
algemeen directeur LEI Wageningen UR

Samenvatting

S.1 Belangrijkste uitkomsten

Ondanks maximale benutting van de technische mogelijkheden voor energiebesparing en productie van duurzame energie door de deelsectoren van de agrarische sector, blijft energieneutraliteit van de agrosectoren in 2025 nog buiten bereik:

- De glastuinbouw is de grootste energieverbruiker binnen de agrosectoren en dus doorslaggevend voor het behalen van energieneutraliteit voor de gehele agrosector. De glastuinbouw blijft echter verwijderd van energieneutraliteit, mede omdat het economisch rendement van warmtekrachtkoppeling (wkk) onder druk staat en er dus minder stroom aan het net geleverd wordt. In deze sector zijn er technische mogelijkheden tot besparing, eigen productie (geothermie) en wkk met levering van elektriciteit. Krachten die het verbruikssaldo vergroten zijn intensivering en inkoop van stroom door minder gunstige marktprijzen voor stroomlevering door wkk.
- Voor de intensieve veehouderijsectoren zijn er enige besparingsopties voor het verbruik van gas, diesel en biomassa (hout), waaronder warmte- en koudeopslag. Het elektriciteitsverbruik is echter nauwelijks te beperken; bepaalde vereiste milieumaatregelen werken zelfs tegengesteld (bijvoorbeeld luchtwassers). De intensieve veehouderij sectoren kunnen wel een groter deel van de energiebehoefte dekken door middel van zonnepanelen op staldaken. Bij maximale inzet kan het totale verbruikssaldo met 6 PJ worden teruggebracht. In dat geval verbruiken de gezamenlijke intensieve veehouderijsectoren nog altijd circa 7 PJ aan energie.
- De grondgebonden agrosectoren (melkveehouderij, opengrondtuinbouw en akkerbouw) bieden de beste mogelijkheden om het negatieve verbruikssaldo om te buigen naar een positief saldo. Besparingen op het dieselverbruik kunnen daaraan een duidelijke bijdrage leveren. In mindere mate geldt dat voor de productie van biogas of elektriciteit met co- en mono-vergisting. Van doorslaggevende betekenis voor deze grondgebonden sectoren is dat ze met windmolens extra energie kunnen opwekken. Voor deze sectoren is de mogelijke omvang hiervan geschat op 19 PJ.
- De productiebosbouw zal de positieve bijdrage aan de energiebalans die ze al levert, verder kunnen vergroten met meer houtproductie. Door de bescheiden omvang van deze sector legt dat voor de totale energiebalans echter niet veel gewicht in de schaal (minder dan 1 PJ).

S.2 Overige uitkomsten

Om het doel van energieneutrale agrosectoren te bereiken, kunnen aanvullende technische stappen worden gezet. Deze opties brengen energieneutraliteit technisch mogelijk wel in beeld, maar het zichtjaar 2025 ligt zo dichtbij, dat voor het bereiken van het einddoel wonderen nodig lijken. Hierbij moet bedacht worden dat er economische en politieke beperkingen zijn aan de toepassing van de technieken en dat het gebruik van technologische oplossingen variaties in resultaten kent:

- *wind op land*
Door verdere opschaling van de productie is een extra energielevering mogelijk van bijna 35 PJ. Hiervoor zijn 2.000 tot 2.800 extra turbines nodig.
- *geothermie*
In het sectorbeeld voor de glastuinbouw wordt in 2025 al warmte geleverd door geothermie. In de glastuinbouw bestaat een grote gasvraag voor niet-wkk toepassingen; daarvan zou in 2025 ongeveer 18 PJ door geothermie ingevuld kunnen worden.

- *mestvergisting*

Uit energetisch oogpunt is de opwerking van biogas naar aardgas en levering aan het gasnet de meest voordelige technische optie. Directe verbranding van het biogas levert lokale warmteafzetproblemen: de eigen warmtevraag in de sectoren met mestoverschot is te laag. Deze optie kan 19 tot 49 PJ aan groen gas opleveren.

- *hybride landbouwmachines*

Met deels elektrisch aangedreven landbouwmachines zou een besparing van 17,5% op het diesilverbruik bereikt kunnen worden. Dit komt per saldo neer op ongeveer 2 PJ.

S.3 Verantwoording

Deze studie is verricht in opdracht van het ministerie van EZ en maakt kansen en knelpunten voor het bereiken van energieneutrale agrosectoren in 2025 inzichtelijk. Dit rapport voorziet in een inventarisatie van de huidige situatie, een doorkijk naar 2025 volgens huidige verwachtingen, het in beeld brengen van technische opties voor energie besparing en energie productie in de toekomst en de doorrekening hiervan voor de betrokken agrosectoren. Netto energieneutrale agrosectoren zijn gedefinieerd in termen van levering: een situatie waarin de som van de energie geleverd door de agrosectoren aan derden even groot is als de energie geleverd door derden aan de agrosector. De studie onderscheidt negen deelsectoren, die in aparte hoofdstukken worden behandeld. Er worden indicaties gegeven van de mogelijke ontwikkelingen van het energieverbruik en de energieproductie op sectorniveau. De vooruitzichten zijn afgeleid van de energie vragende activiteiten op de primaire bedrijven en van de technische mogelijkheden voor energiebesparing en duurzame energieproductie. Het zijn geen toekomstprognoses maar schetsen van mogelijkheden. De sectorvooruitzichten voor 2025 worden samenvattend in beeld gebracht ten opzichte van de situatie in 2013. Uitgaande van de meest gunstige energiebalans in de sectoren, worden aanvullende technische opties beschreven om de agrosectoren energie-neutraal te kunnen maken. Om de impact van de technische opties te kwantificeren is een rekenmodel opgesteld. Hierin zijn aannames over het potentieel van de onderscheiden opties gemaakt. De berekende hoeveelheid energie is vervolgens verwerkt in een energiebalans met besparing en levering aan de ene kant, en verbruiksstijging aan de andere kant.

1 Doel en aanpak

1.1 Aanleiding

Met de rapportage 'Energie en klimaat in de agrosectoren' heeft staatssecretaris Dijkzema de Kamer in mei 2014 geïnformeerd over de door de agrosectoren bereikte resultaten op energie- en klimaatgebied (DGA-PAV / 14057578). Uit deze tussenrapportage blijkt dat de landbouwsector goed op weg is om haar sectorale deel van de Europese energie- en klimaatafspraken te realiseren. Zo schrijft de staatssecretaris:

- *De energie-efficiëntie is gemiddeld met jaarlijks 2,9% verbeterd. In totaal wordt er 48% efficiënter met energie omgegaan in 2012 dan in 1990.*
- *Dankzij windmolens en biomassalevering is de sector verantwoordelijk voor 42% van de hernieuwbare energieproductie in Nederland.*
- *Ook met betrekking tot de reductie 'Overige Broeikasgassen Landbouw' liggen de sectoren op schema om de doelen te halen.*

De staatssecretaris streeft naar gezamenlijk netto energieneutrale land- en tuinbouwsectoren, met een zo gering mogelijk klimaatteffect. Naar aanleiding hiervan heeft het ministerie van Economische Zaken behoefte aan analyses van mogelijke routes naar een netto energieneutrale land- en tuinbouwsector.

1.2 Vraagstelling

Het ministerie van EZ heeft gevraagd om een inventarisatie van de mogelijkheden om de agrosectoren in de nabije toekomst gezamenlijk energieneutraal te maken. Daarvoor zouden tekorten en overschotten van deelsectoren tegen elkaar weggestreept mogen worden. De vraag is welke *technische* oplossingen hiervoor redelijkerwijs beschikbaar zijn. Het gaat hierbij expliciet om de primaire sectoren, dus niet om de gehele keten van de toelevering tot en met de finale afzet. De informatie is bedoeld om de ontwikkeling naar een netto energieneutrale primaire agrosector in 2025 te ondersteunen en kansen en knelpunten voor het bereiken van dat doel inzichtelijk te maken. In deze verkennende fase voor de beleidsontwikkeling gaat het niet om de concrete opties voor het beleid of economische haalbaarheid, maar om inzicht in de mogelijke ontwikkelingen in de agrosectoren. Als wordt gedaan wat voor de verschillende deelsectoren mogelijk zou zijn, waar komen ze in 2025 dan op uit? En wat zouden aanvullende opties kunnen zijn om voor de sector als geheel energieneutraliteit te bereiken?

1.3 Inhoud

Dit rapport voorziet in berekeningen, inventarisaties en opties in de betrokken sectoren en in het energiedomein met als zichtjaar 2025. Er wordt hierbij onderscheid gemaakt tussen negen deelsectoren: glastuinbouw, melkveehouderij, akkerbouw, opengrondtuinbouw (groenten, bloembollen, fruit en boomteelt), varkenshouderij (zeugen en vleesvarkens), vleeskuikenshouderij, leghennenshouderij, vleeskalverenhouderij en productiebosbouw. De bedrijven zijn op basis van hun hoofdactiviteit ondergebracht bij een deelsector, waarna de data zijn geaggregeerd naar deelsectorniveau.

De deelsectoren worden in aparte hoofdstukken behandeld. Aansluitend, in een apart hoofdstuk, worden de sectorvooruitzichten voor 2025 samenvattend in beeld gebracht ten opzichte van de situatie in 2013. Met twee varianten per sector (hoog en laag) gaat het hierbij om bandbreedtes.

Uitgaande van de gunstigste situatie in de sectoren, worden ten slotte aanvullende opties beschreven om energie-neutraliteit te kunnen realiseren.

1.4 Afbakening

De afbakening van de agrosectoren in dit onderzoek is nauwer dan die van het Agroconvenant Schoon en Zuinig (2008). Dat convenant is namens de agrarische sectoren ondertekend door organisaties die de voedings- en genotmiddelenindustrie vertegenwoordigen, de diervoederindustrie, de agrologistiek, de glastuinbouw, de veehouderij en akkerbouwsector, bloembollen en paddenstoelen en organisaties namens bos, natuur, landschap en de houtketen.

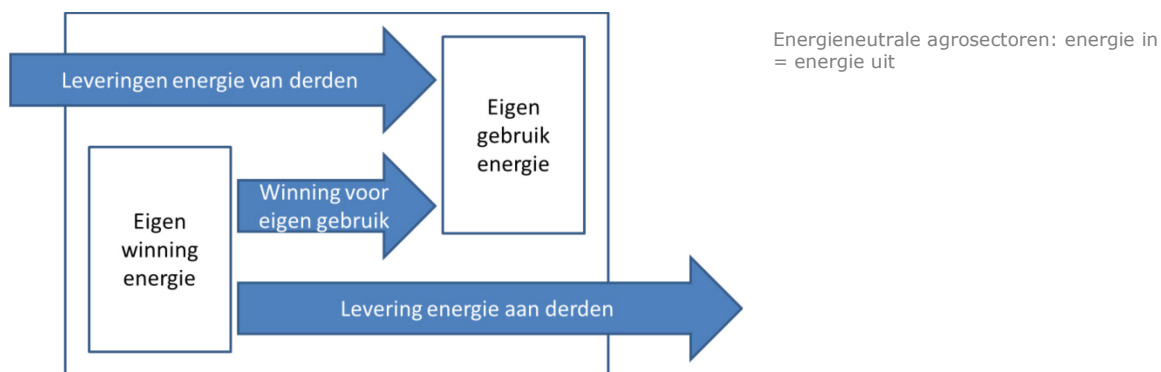
Dit onderzoek focust op het directe energieverbruik in de primaire agrosectoren en de productiebosbouw in Nederland en omvat dus niet natuur en landschap, de rest van de keten (bijvoorbeeld kunstmest, veevoer), de voedings- en genotmiddelenindustrie en de houtketen.

Ook de reststromen van de primaire agrosector en de voedings- en genotmiddelenindustrie blijven buiten beschouwing. Verder heeft dit onderzoek niet de klimaateffecten van de ontwikkelingen onderzocht.

1.5 Definities

In deze studie worden 'netto energieneutrale agrosectoren' gedefinieerd in termen van levering:

Een situatie waarin de som van de energie geleverd door de agrosectoren aan derden en van de zelf gewonnen energie even groot is als de som van het eigen verbruik en van de energie geleverd door derden aan de agrosector.



Figuur 1.1 Energieneutrale agrosectoren.

In de basis is energieneutraal een eenduidig begrip. Bij operationalisering van het begrip moeten echter lastige keuzes gemaakt worden over de systeemgrenzen: wat behoort tot de sectoren, en wat niet? En wat valt onder de levering van energie? Ook zijn er keuzes nodig over hoe ongelijksoortige energiedragers (aardgas, warmte, elektriciteit, motorbrandstoffen) met elkaar vergeleken worden. Dergelijke keuzes zijn medebepalend voor welke opties een bijdrage kunnen leveren aan het bereiken van een energieneutrale sector, en hoe die bijdrage wordt berekend.

Systeemgrenzen

Er is voor gekozen om alle deelsectoren van de landbouw en de productiebosbouw mee te rekenen, en ook het bijbehorende energieverbruik door loonwerkbedrijven. Dit laatste is gedaan om te voorkomen

dat energieneutraliteit kosmetisch kan worden bevorderd door het verschuiven van energie vragende werkzaamheden naar de loonwerksector.

De systeemgrenzen zijn daarmee voornamelijk geografisch afgebakend: het gaat om energieverbruik ten behoeve van verwarming van gebouwen of kassen, aandrijving van machines en werktuigen en energieopwekking horend bij de agrosectoren. De energielevering (warmte, elektriciteit, biogas) aan derden moet afkomstig zijn van installaties die zijn gesitueerd op agrarische bedrijven.¹

Onder de leveringen van energie vallen in de hier gekozen afbakening alleen de leveringen van energiedragers als zodanig, zoals aardgas, warmte, elektriciteit, motorbrandstoffen. Het belangrijkste hierbij is dat leveringen naar en van de sector consequent hetzelfde behandeld worden: als bijvoorbeeld levering van biomassa aan de sector niet als energielevering wordt gezien, geldt dat ook voor biomassa die door de sector geleverd wordt aan derden.

Niet onder energielevering vallen:

- de energie die verbruikt is voor de productie van grondstoffen, gebouwen of machines voor de agrosectoren (waaronder kunstmest)
- grondstoffen of producten die weliswaar in energie kunnen worden omgezet, maar waarbij dat niet de voornaamste reden van de levering is (bijvoorbeeld veevoer).

Vergelijking en weging ongelijksoortige energiedragers

De energieleveringen naar en van de agrosectoren zijn ongelijksoortig, en omvatten bijvoorbeeld aardgas, motorbrandstoffen, warmte, elektriciteit, biogas. Er zijn verschillende mogelijkheden om deze energiedragers onderling te vergelijken en te wegen. In deze studie is gekozen voor de primaire benadering. Deze benadering houdt rekening met de energie die gemiddeld nodig is om de energiedragers te maken en te leveren. Dit wordt verwerkt in een *primaire factor*, die aangeeft hoe zwaar een energiedrager meegeteld wordt in de toelevering en afzet van energie. Voor fossiele brandstoffen geldt hier een primaire factor 1, maar voor elektriciteit en warmte gelden afwijkende factoren. Bij elektriciteit zijn er circa twee eenheden² (Joules) brandstof nodig om een eenheid elektriciteit te maken.³ Ook bij warmte geldt een conversiefactor, een equivalent ketelrendement⁴ dat aangeeft hoeveel fossiele energie nodig zou zijn om dezelfde hoeveelheid warmte op te wekken.⁵

Energieneutraliteit en energie-efficiëntie

Het begrip energieneutraal in deze studie, met als indicator netto-levering in primaire termen, moet niet verward worden met het begrip energie-efficiëntie, zoals beschreven in het protocol Energiemonitor glastuinbouw (Van der Velden, 2014). Dat begrip gaat over het primair brandstofverbruik per eenheid product van de productieglastuinbouw. Bij de bepaling van het primair brandstofverbruik voor deze indicator telt duurzame energie niet mee. De redenering daarbij is dat voor de productie daarvan geen fossiele brandstof is verbruikt. Eigen winning van duurzame energie en inkoop van duurzame energie tellen volgens het protocol niet mee in de energie-efficiëntie bepaling. Het verhogen van het aandeel duurzame energie in de inkoop leidt tot een verbetering van de energie-efficiëntie omdat er dan minder fossiel-gebaseerde energie wordt ingekocht. In deze studie over energieneutraliteit wordt bij de netto-levering duurzame energie wel meegenomen, zowel bij de input als bij de output van energiedragers.

¹ Op grond van deze keuze wordt bijvoorbeeld circa 70% van het nu opgesteld vermogen aan wind op land aan de agrosectoren toegeschreven.

² Op basis van cijfers uit de NEV2014, scenario vastgesteld beleid, is de primaire factor voor elektriciteit 2,034 in 2025.

³ Voor zowel ingekochte als verkochte elektriciteit wordt met een omrekenfactor gerekend die weergeeft met hoeveel equivalente primaire energie een eenheid elektriciteit overeenstemt. Deze factor is jaarafhankelijk omdat het Nederlandse elektriciteitspark steeds verandert door de inzet van meer hernieuwbaar en door - voornamelijk prijsgedreven - andere inzet van gas- en kolencentrales. Bij verdere verduurzaming van de elektriciteitsproductie zal deze factor kleiner worden.

⁴ Het ketelrendement ligt op 89,5% in 2025, gebaseerd op cijfers uit de NEV2014, scenario vastgesteld beleid.

⁵ Een alternatief zou een finale benadering zijn. Hierbij tellen alle energiedragers even zwaar, ongeacht de energie die ingezet is om de energiedrager te maken en bij de sector te krijgen. Ook is het mogelijk om energiedragers te wegen op grond van CO₂-emissies die bij productie en gebruik van de energiedragers vrijkomen.

Definities voor energieneutraal in andere sectoren

Ook in andere sectoren dan de land- en tuinbouw is sprake van doelen voor energieneutraliteit, zoals voor de sector gebouwde omgeving. De in deze studie gekozen definitie komt conceptueel overeen met die gebruikt voor de gebouwde omgeving: de energielevering door de woning is even groot als de energielevering aan de woning. De nadere uitwerking van het begrip energieneutraal is echter ook voor andere sectoren nog niet geheel uitgekristalliseerd: er lopen nog discussies over zaken als een finale dan wel een primaire benadering, en over de afbakening.⁶ Ook waar Europese richtlijnen energieneutrale concepten voorschrijven, hebben lidstaten vaak veel vrijheidsgraden bij de invulling ervan.

Verschillen met CBS-statistieken

De weergegeven cijfers voor 2013 (paragraaf 1.6) wijken af van de CBS-statistieken. De verschillen zijn te verklaren door verschillen in definities. Zo geeft CBS verbruiken weer in finale termen, waarbij netto-levering door wkk in de glastuinbouw negatief wordt geboekt. Andere levering aan derden, bij voorbeeld van duurzame stroom, wordt door het CBS niet in de verbruiksstatistieken vermeld. In deze studie worden verbruikssaldi weergegeven in primaire termen en ook leveringen aan derden, waarbij voor een aantal sectoren ook de eigen opwekking afzonderlijk wordt getoond.

1.6 Stand van zaken in 2013

Kijkend naar de stand van zaken in 2013 (tabel 1.1), kan worden vastgesteld dat de agrosectoren per saldo (in primaire termen) 114 PJ energie verbruiken. In de tabel zijn bij de intensieve veehouderij-sectoren nettoverbruikscijfers vermeld, omdat de eigen opwekking voor deze sectoren niet apart beschikbaar is.

Het energieverbruik in de agrosectoren wordt gedomineerd door de glastuinbouw. De bosbouw is de enige sector die meer energie levert dan ze zelf verbruikt. Als sector heeft de akkerbouw een klein verbruikssaldo in 2013, wat te danken is aan de productie van windenergie.

Tabel 1.1

Overzicht primair verbruikssaldo (PJ primair) in de agrosectoren in 2013.

Sector	Gas	Diesel	Overig	Biomassa	Elektriciteit	Energieproductie a)	Verbruikssaldo
Glastuinbouw	123,3	0,0	4,7	0,0	0,0	-36,5	89,8
Melkveehouderij	0,7	6,8	0,0	0,0	5,1	-4,2	8,4
Akkerbouw	0,1	3,6	0,2	0,0	1,3	-4,5	0,7
Opengrondstuinbouw	1,4	1,3	0,0	0,0	2,5	-0,8	4,5
Varkenshouderij	1,3	0,2	0,3	0,2	6,2	-	8,2
Vleeskuikenshouderij	0,4	0,1	0,3	0,8	0,8	-	2,4
Leghennenshouderij	0,0	0,1	0,0	0,0	1,8	-	2,0
Vleeskalverenhouderij	0,1	0,0	0,2	0,2	0,4	-	1,0
Bosbouw	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	-3,1	-3,0
Totaal	127,0	12,3	5,8	1,2	18,2	-49,0	114,0

Bron: ECN.

⁶ Bijvoorbeeld de benadering op gebouw- versus wijkniveau, met consequenties voor het wel of niet meetellen van warmtedistributie.

a) Specificatie van de energieproductie per sector.

	Opbrengst hout	Productie van elektriciteit			Duurzame warmte	Totaal
		Wind	Zon	Vergisting	wkk	
Glastuinbouw					-33,7	-36,5
Melkvee		-2,7		-1,5		-4,2
Akkerbouw		-4,5	-0,0			-4,5
Opengrondstuinbouw		-0,7	-0,0			-0,8
Bosbouw	-3,1					-3,1
Totaal	-3,1	-7,9	-0,0	-1,5	-33,7	-49,0

Qua energiedrager is aardgas de grootste post, gevolgd door elektriciteit. Levering van energie door de agrosectoren gebeurt in 2013 voornamelijk via elektriciteitsproductie door wkk in de glastuinbouw en door wind, met name in de grondgebonden sectoren.

1.7 Berekeningen voor 2025

De berekeningen voor 2025 zijn in eerste instantie gebaseerd op de vooruitzichten per deelsector. Deze zijn door deskundigen van het LEI opgesteld. In tweede instantie heeft ECN aanvullende technische opties verkend om het doel van gezamenlijk netto energieneutrale agrosectoren te kunnen bereiken.

De sectorvooruitzichten zijn afgeleid van de energie-vragende activiteiten op de primaire bedrijven en de verwachte inzet van de technische mogelijkheden voor energiebesparing en duurzame energieproductie. Er worden indicaties gegeven van de mogelijke ontwikkelingen van het energieverbruik op sectorniveau. Het zijn geen toekomstprognoses, maar schetsen van mogelijkheden.

Om de impact van de aanvullende opties te kwantificeren heeft ECN een rekenmodel opgesteld. Hierin zijn aannames over het potentieel van de onderscheiden opties gemaakt. De berekende hoeveelheid energie is vervolgens verwerkt in de energiebalans: negatief in geval van besparing en levering, positief in geval van verbruiksstijging (bijvoorbeeld elektriciteit bij geothermie). De energiebalansen voor de verschillende agrosectoren zijn in hoofdstuk 11 grafisch weergegeven.

2 Glastuinbouw

Nico van der Velden

2.1 Energievraag en -voorziening

Het netto-energieverbruik in de glastuinbouw schommelt de laatste jaren tussen de 110 en 120 PJ. Deze energie wordt naast het verwarmen van de kassen ook gebruikt voor belichting, klimaatregeling, CO₂-dosering, mechanisatie, automatisering, productie van duurzame energie, koeling, enzovoort.

Door de glastuinbouw wordt in de energievraag vooral voorzien door de inkoop van aardgas. Daarnaast wordt ook warmte en elektriciteit ingekocht. Op beperkte maar groeiende schaal wordt duurzame energie geproduceerd en ingekocht.

Het aardgas wordt gebruikt in ketels en vooral in wk-installaties. Met de wk-installaties wordt warmte en elektriciteit geproduceerd. De warmte wordt aangewend in de glastuinbouw. De elektriciteit wordt deels verkocht buiten de sector en deels aangewend in de glastuinbouw. Een klein deel van geproduceerde duurzame energie wordt verkocht buiten de sector.

In relatie tot de energievoorziening is de CO₂-dosering relevant. In de kassen wordt CO₂ gedoseerd als meststof. De CO₂ is vooral afkomstig vanuit de rookgassen uit de wk-installaties en ketels. Op beperkte schaal wordt CO₂ van derden ingekocht.

Voor kwantitatieve informatie over het energiegebruik en de energie-indicatoren energie-efficiëntie, CO₂-emissie en aandeel duurzame energie wordt verwezen naar de jaarlijkse Energiemonitor Glastuinbouw (Van der Velden en Smit, 2014).

Het totale jaarlijkse energiegebruik door de glastuinbouw wordt beïnvloed door de omvang van de sector (areaal), de buitentemperatuur, de intensivering (leidt tot een toename van de energievraag per m²) en de energiebesparing (reductie energievraag per m²).

Intensivering en energiebesparing

Intensivering is een economisch gedreven proces met als gevolg een toename van de energievraag per m². In de glastuinbouw uit de intensivering zich in verschuiving van het nationaal teeltplan met meer warmtevraag, meer belichting, meer CO₂-dosering, meer koeling, enzovoort. Bovendien vindt in de maatschappij en ook in de glastuinbouw een proces van elektrificering plaats. Door het vervangen van arbeid door machines, de productie van duurzame energie, intern transport, automatisering, verdere conditionering kasklimaat, enzovoort neemt de elektriciteitsvraag toe. De intensivering in de glastuinbouw uit zich in de achterliggende jaren en waarschijnlijk ook in de nabije toekomst vooral in de groei van de elektriciteitsvraag (Van der Velden en Smit, 2013).

In de achterliggende jaren is het temperatuur gecorrigeerde energiegebruik per m² gelijk gebleven. Dit betekent dat de energiebesparing en de intensivering elkaar in evenwicht hebben gehouden.

Algemene ontwikkeling glastuinbouw

De factoren van invloed op het totaal energiegebruik (areaal, buitentemperatuur, intensivering en energiebesparing) worden op hun beurt beïnvloed door ontwikkelingen in en rond de glastuinbouw. Deze ontwikkelingen worden hierna kort behandeld:

- Door overaanbod staat de prijsvorming van glastuinbouwproducten onder druk; hierdoor krimpt het areaal en zijn er minder financiële middelen voor investeringen in energiebesparing en duurzame energie.
- Door de krimp van het areaal wordt de totale energievraag gereduceerd.

- Door verandering van de marktvraag van glastuinbouwproducten verandert en intensificeert het nationaal teeltplan en de energievraag.
- Door de schaalvergroting ontstaan er meer mogelijkheden voor opties met hoge investeringen (duurzame energie).
- Door toename van de aardgasprijs en de daling van de prijs voor de verkoop van elektriciteit nemen de netto (inkoop - verkoop) energiekosten toe en daalt de gebruiksduur van de wk-installaties. Bovendien nadert een deel van het bestaande wk-park in de glastuinbouw het einde van haar levensduur. Dit gaat gepaard met een beslissing over revisie, vervangen of uit gebruik nemen van installaties.
- Door toename van de netto (inkoop - verkoop) energiekosten wordt energiebesparing en duurzame energie gestimuleerd.
- Door toename van de energiekosten wordt de intensivering geremd maar door de lagere prijzen voor elektriciteit wordt de intensivering die samengaat met extra elektriciteitsvraag gestimuleerd.
- Door hoge prijzen voor glastuinbouwproducten in de winter periode neemt het gebruik van belichting in de winter toe.
- Door verdere ontwikkeling van de conditionering (optimalisatie) van het kasklimaat neemt de energievraag toe.

2.2 Technische mogelijkheden

Energiebesparing

De energievraag kan worden gereduceerd met energiebesparende opties en energiezuinige teeltstrategieën. De belangrijkste opties zijn: Het Nieuwe Telen (HNT), (extra) energieschermen, ledlicht, hogere spanningsniveaus, schakelgroepen lampen, grotere lampvermogens, hoogrendementmotoren, frequentiegeregelde pompen, efficiëntere (voor)schakelapparatuur, efficiëntere koelmachines en gelijkstroom.

HNT is een andere manier van telen met een innovatieve energiezuinige regelstrategie. HNT is een ander samenspel van het gebruik van luchtramen, (extra) energiescherm(en), verwarming en eventueel ventilatoren en luchtbehandelingskasten in relatie tot de temperatuur en vochtbeheersing in de kas. Hierbij wordt het energiescherm intensiever gebruikt en dit leidt tot warmtebesparing. HNT is ook gericht op verlaging van de CO₂-vraag in de kas en op vermindering van het elektriciteitsverbruik, met name voor belichting.

Naast de voorgaande opties is voor energiebesparing ook externe CO₂ van belang. De inzet van externe CO₂ resulteert in vermeden zomerstook voor de CO₂-voorziening en kan de verminderde CO₂-voorziening door HNT aanvullen.

Duurzame energie

De mogelijke duurzame energiebronnen voor de glastuinbouw zijn:

- Aardwarmte is momenteel de belangrijkste duurzame energiebron in de glastuinbouw en deze bron groeit het snelst. Aardwarmte is niet in alle regio's in de bodem beschikbaar en is dus niet voor alle bedrijven een optie.
- Herwinning zonnewarmte gaat technisch samen met koeling, kost veel elektriciteit en groeit niet.
- Voor zonne-electriciteit is in de glastuinbouw in beginsel een groot kas en dak areaal beschikbaar. Echter de zonnecellen concurreren met het gewas dat het licht nodig heeft om te groeien.
- Biobrandstof kan gebruikt worden in zowel ketels als wk-installaties. Het aanbod van biobrandstof en het gebruik door de glastuinbouw is echter beperkt van omvang.
- Inkoop duurzame warmte zal vooral afkomstig zijn van biobrandstof waardoor de omvang van deze inkoop beperkt zal zijn.
- Door vergroening van de toekomstige (inter)nationale elektriciteitsproductie kan de inkoop van duurzame elektriciteit een belangrijke optie worden.

Efficiëntere energievoorziening

Onder efficiëntere energievoorziening wordt verstaan dat fossiele brandstof efficiënter wordt omgezet in energie (warmte en elektriciteit) waardoor per eenheid energie minder brandstof nodig is. Een

belangrijk optie is warmtekrachtkoppeling. Concreet betreft dit de opties wk-installaties van tuinders en restwarmte van elders.

Wk-installaties worden reeds op grote schaal gebruikt in de glastuinbouw. Zo'n 70% van het areaal heeft één of meerdere wk-installaties in gebruik. Hiermee wordt op efficiënte wijze warmte en elektriciteit geproduceerd en er komt CO₂ beschikbaar voor het gewas. Het grootschalige gebruik van wk-installaties zit de toepassing van duurzame energie in de weg; een kas behoeft immers maar eenmaal van energie te worden voorzien.

Echter, de prijzen voor elektriciteit zijn aan het dalen waardoor de opbrengsten voor de verkoop van elektriciteit door de glastuinbouw onder druk staan. Hierdoor zal op de korte termijn de jaarlijkse gebruiksduur van de wk-installaties verminderen. Daarnaast zal de elektriciteitsvraag van de glastuinbouw toenemen door het intensiveringsproces waardoor wk-installaties voor bedrijven met een grote elektriciteitsvraag (belichting) juist belangrijker worden.

Voor een efficiëntere energieproductie bestaan de volgende verbeteropties:

- Grotere wk-installaties hebben een hogere elektrisch rendement en zijn dus efficiënter.
- Door warmtelevering aan derden (buren, clustering, energygrids, enzovoort) kan er intensiever gebruik worden gemaakt van wk-installaties en kan meer elektriciteit efficiënt worden geproduceerd.

2.3 Vooruitzichten 2025

2.3.1 Achtergronden

Kanttkening

Een prognose van de effecten van de verschillende technische opties is complex, mede omdat er veel interacties zijn. De besparingen worden bepaald door de factoren toepassingsgraad (bijvoorbeeld x% van het areaal) en de besparing per m². In de glastuinbouw bestaan vele verschillende bedrijfstypen zodoende zal de impact van deze twee factoren per bedrijfstype verschillen. Bovendien kunnen bepaalde opties op bepaalde bedrijfstypen technisch niet van toepassing zijn en op andere juist wel. Ook zijn de factoren afhankelijk van ontwikkelingen binnen en buiten de glastuinbouw.

Mogelijke effecten

Voor de mogelijke effecten van de technische opties in de toekomst is informatie beschikbaar in de *Quick scan prognose CO₂-emissie glastuinbouw* uit 2010, de *Analyse groei elektriciteitsconsumptie glastuinbouw* uit 2013 en de *Quick Scan bijdrage Glastuinbouw Energie akkoord duurzame groei* uit 2014. De eerste studie heeft betrekking op de CO₂-emissie. De tweede studie heeft betrekking op elektriciteit. De derde studie heeft betrekking op energiebesparing door aanvullend beleid. Op basis van deze drie bouwstenen en de algemene ontwikkeling in en rond glastuinbouw kan het volgende over de toekomst worden gemeld.

- a. De potentie voor energiebesparing (vraagreductie) door HNT is groot en vooral voor de bedrijven die gebruik maken van tuinbouwtechnieken zonder belichting.
- b. Door intensivering zal de elektriciteitsvraag groeien. Reductie van de (groei van de) elektriciteitsconsumptie wordt vooral verwacht bij de opties led licht, HNT, schakelgroepen lampen, grotere lampvermogens, hogere spanningsniveaus, efficiëntere (voor)schakelapparatuur en gelijkstroom.
- c. Aardwarmte zal de belangrijkste duurzame energiebron voor de glastuinbouw zijn, gevolgd door biobrandstof en de inkoop van duurzame elektriciteit en warmte. De bijdrage aan energiebesparing door herwinning zonnewarmte zal beperkt van omvang blijven doordat er beperkte mogelijkheden tot uitbreiding van het areaal met koeling zijn en doordat er elektriciteitsconsumptie noodzakelijk is voor de herwinning. De bijdrage van zon elektrisch zal beperkt blijven door de lichtbehoefte van de gewassen.
- d. De verminderde gebruiksduur van de wkk-installaties op de korte termijn zal de bijdrage aan een efficiëntere energieproductie verminderen. Het is de vraag of deze trend zich voor de langere termijn herstelt. Het ontstaan van nieuwe projecten waarbij restwarmte wordt geleverd kan de

efficiëntere energieproductie (nationaal) in de glastuinbouw verbeteren. Door de verkoop van wkk-warmte zowel binnen als buiten de glastuinbouw kan de energieproductie met wkk-installaties efficiënter plaatsvinden.

Punten a en b zullen een daling in de energievraag tot gevolg hebben of de groei van de energievraag verminderen. C en d hebben in beginsel geen invloed op de energievraag maar reduceren wel het gebruik van fossiele brandstof en hiermee verbetert de CO₂-emissie en de energie-efficiëntie.

Barrières

Voor de ontwikkeling van energiezuinige teeltstrategieën moet er met de volgende barrières rekening gehouden worden:

- Rond HNT en het gebruik van extra schermen (reductie van de warmtevraag) is meer inzicht nodig in de effecten op de ontwikkeling van de productie en de kwaliteit van glastuinbouwproducten.
- Rond de toepassing van HNT in combinatie met belichting (reductie elektriciteitsvraag) is verdere kennisontwikkeling voor deze energiezuinige teeltstrategie nodig.

Voor de ontwikkeling van het gebruik van duurzame energiebronnen moet er rekening gehouden worden met de volgende barrières:

- Aardwarmte is niet in alle regio's en voor alle bedrijven beschikbaar.
- Herwinning van zonnewarmte gaat technisch samen met koeling en kost relatief veel elektriciteit.
- Het aanbod van biobrandstof is beperkt van omvang.
- Voor alle duurzame energiebronnen geldt dat de CO₂-voorziening onvoldoende is. Bij duurzame energie komt per definitie geen CO₂ beschikbaar nodig voor de plantgroei. Om duurzame energie te kunnen laten groeien zal er een oplossing moeten komen voor de benodigde CO₂.
- Specifieke barrières bij biobrandstof zijn het beperkte aanbod van biobrandstof. In dit geval komt er wel CO₂ beschikbaar maar deze is te zeer vervuild met rookgassen. Een betaalbare vorm van rookgasreiniging is op dit moment (nog) niet beschikbaar.

Voor de ontwikkeling van een efficiëntere energieproductie moet er met de volgende barrières rekening gehouden worden:

- Voor de verkoop van warmte uit wkk-installaties en de inkoop van restwarmte is warmtetransport nodig. Warmtetransport vraagt om infrastructuur en de aanleg van deze infrastructuur is kostbaar.
- Voor bedrijven met warmte-inkoop zal de voor de plantengroei benodigde CO₂ geregeld moeten worden.

2.3.2 Kwantificering

Inleiding, basisjaar en definities

In deze subparagraaf worden de mogelijke energetische effecten in 2025 voor de glastuinbouw gekwantificeerd. Een indicatie wordt gegeven van de mogelijke ontwikkelingen van het energieverbruik, het primair brandstofverbruik, het fossiel brandstofverbruik op sectorniveau. Het betreft geen toekomstprognose maar een grove schets van de mogelijke ontwikkelingen. De volgende definities zijn van toepassing:

- Het netto energieverbruik (PJ) van de (deel)sector wordt als volgt vastgesteld: inkoop minus verkoop plus productie duurzame energie.
- Het primair brandstofverbruik (m³ a.e. (= aardgasequivalenten)) geeft aan hoeveel fossiele brandstof er nationaal nodig is voor de productie van de afzonderlijke energiesoorten minus hetgeen elders wordt uitgespaard door de verkoop door de glastuinbouw.
- Het fossiel brandstofverbruik (m³ a.e.) geeft aan hoeveel fossiele brandstof er door de sector wordt verbruikt (IPCC-methode).

Deze definities komen overeen met de definities zoals gebruikt in *Energiemonitor glastuinbouw* (Van der Velden en Smit, 2014). Het basisjaar voor de kwantificering is 2013. Dit is de meest recente informatie die beschikbaar is vanuit de Energiemonitor Glastuinbouw, tabel 2.1.

Het energieverbruik van de glastuinbouw wordt mede bepaald door de buitentemperatuur. Daarom wordt voor de toekomst (2025) uitgegaan van een gemiddeld buitentemperatuur en is het energiegebruik in het basisjaar gecorrigeerd voor temperatuur.

Voor nadere informatie over definities, temperatuurcorrectie, enzovoort wordt verwezen naar het Protocol behorende bij de *Energiemonitor Glastuinbouw* (Van der Velden, 2014).

Toekomstige ontwikkelingen

Voor de toekomst zijn twee varianten in beschouwing genomen: een lage en een hoge variant. In de lage, meer pessimistische variant wordt uitgegaan van een lage economische groei. In de hoge, meer optimistische variant wordt uitgegaan van een hoge economische groei. Dit bouwt voort op de nota *Energiebelasting en de glastuinbouw* (Van der Velden et al., 2014). De veronderstellingen over de ontwikkelingsrichting van de invloedsfactoren per variant hangen onderling samen en hangen ook samen met de economische groei en zijn vermeld in tabel 2.2:

- Het areaal glastuinbouw zal verder dalen.
- De energieprijzen zullen verder toenemen maar de elektriciteitsprijzen zullen verder dalen.
- De netto (inkoop - verkoop) energiekosten van de glastuinbouw zullen verder toenemen.
- Door de economische groei zal de investeringsruimte en de intensivering (toename energievraag) toenemen.
- Door de hogere energiekosten zal de energiebesparing (reductie van de energievraag) toenemen en de intensivering worden geremd.
- Door lage elektriciteitsprijzen zal de intensivering (belichting) worden gestimuleerd en de verkoop van elektriciteit vanuit aardgasgestookte wk-installaties afnemen.
- De productie, het gebruik en de verkoop van duurzame energie zal verder toenemen.

Intensivering, besparing en energiegebruik per m²

Het totale energieverbruik van de glastuinbouw is afhankelijk en de ontwikkeling van het areaal en van het (netto)gebruik per m². Het energiegebruik per m² wordt enerzijds bepaald door de intensivering (toename energievraag) en anderzijds de energiebesparing (afname energievraag). In de periode 2006-2013 is het energiegebruik per m² (gecorrigeerd voor de buitentemperatuur) gelijk gebleven (Van der Velden en Smit, 2014). In die periode hield de intensivering gelijke tred met de energiebesparing. In de periode voorafgaand aan 2006 trad een daling van het energieverbruik op. In deze periode was de besparing dus groter dan de intensivering. De ontwikkeling in de periode voorafgaand aan 2006 hing samen met de toename van de aardgasprijs c.q. de energiekosten per m² voor de glastuinbouw. In de periode 2006-2013 heeft de glastuinbouw de invloed op de netto-energiekosten weten te beperken door op grote schaal gebruik te maken van wk-installaties in combinatie met de verkoop van elektriciteit. De verwachting is dat de omvang van de inzet van wk-installaties door de lagere elektriciteitsprijzen in de toekomst (verder) zal verminderen. Hierdoor en door de stijgende energiekosten (aardgas) nemen de netto-energiekosten toe en wordt voor de toekomst een sterkere energiebesparing verwacht. Dit hangt ook samen met de verwachte invloed van de ontwikkeling en de toepassing van de Het Nieuwe Telen en andere energiebesparingsopties (jaarplan *Kas als Energiebron* 2015).

Kwantificering

De kwantitatieve veronderstellingen voor de genoemde factoren in 2025 zijn per variant vermeld in tabel 2.3. De belangrijkste zijn:

- Het areaal glastuinbouw daalt in de lage variant met gemiddeld 150 ha en in de hoge variant met gemiddeld 50 ha per jaar.
- Door de ontwikkeling van de intensivering en de besparing zal het gemiddelde energieverbruik per m² per saldo in de hoge variant met 5% en in de lage variant met 15% zal dalen.⁷
- De hoeveelheid ingekochte warmte (fossiel) blijft in beide varianten gelijk.

⁷ In deze vermindering van het energiegebruik per m² zit ook het effect van het hogere totaal rendement van een aardgasketel ten opzichte van de wk-installatie. Door de verminderde elektriciteitsproductie wordt meer warmte met de ketels geproduceerd. Dit geeft een extra verlaging van het energiegebruik.

- De inkoop van elektriciteit (niet duurzaam plus duurzaam) neemt in de lage variant met circa een kwart en in de hoge variant met circa de helft toe.
- De hoeveelheid duurzame energie die door de glastuinbouw wordt verbruikt, neemt in de lage variant met een factor 1,5 tot 2 en in de hoge variant met een factor 4 toe.⁸
- De hoeveelheid elektriciteit die wordt verkocht, neemt in de lage variant met zo'n driekwart en in de hoge variant met de helft af.

In tabel 2.3 wordt ook het effect vermeld op de energie-indicatoren energieverbruik (PJ), primair brandstofverbruik (miljoen m³ a.e.) (nationale CO₂-emissie) en fossiel brandstofverbruik (miljoen m³ a.e.) (CO₂-emissie op sectorniveau). Daarnaast wordt het bijbehorende aandeel duurzame energie vermeld.

- In beide varianten daalt het totaal energieverbruik. In de hoge variant is de daling minder sterk doordat bij een sterkere economische groei de mate van intensivering sterker is.
- Ook het primair brandstofverbruik ofwel de nationale CO₂-emissie daalt in beide varianten. Het verschil tussen de varianten is echter minder groot dan bij het totaal energieverbruik en bij het fossiel brandstofverbruik. Door de verminderde energievraag neemt het primair brandstofverbruik af, door verminderde verkoop van elektriciteit neemt het primair brandstofverbruik toe en door de toename van duurzame energie neemt het primair brandstofverbruik af. De laatste twee factoren nemen bij een sterkere economische groei sterker toe. Per saldo resulteren deze twee factoren bij de hoge variant in een sterkere daling van het primair brandstofverbruik waardoor de kleinere vermindering van het energieverbruik per m² in de hoge variant deels wordt gecompenseerd.
- Het fossiel brandstofverbruik ofwel de CO₂-emissie op sectorniveau daalt in beide varianten sterk. Deze reductie komt door zowel de daling van het energieverbruik, de verminderde verkoop van elektriciteit als de toename van duurzame energie.
- Het aandeel duurzame energie in 2025 ligt in de hoge variant met 13% bijna tweemaal zo hoog als in de lage variant (7%), ondanks het feit dat het totaal energieverbruik (noemer in het quotiënt) in de hoge variant hoger ligt.

Tabel 2.1

Energie-input en -output glastuinbouw 2013.

Input		
Aardgas	miljoen m ³	3.797
Inkoop warmte (fossiel)	PJ	4,2
Inkoop elektriciteit totaal	miljoen kWh	2.765
wv duurzaam	miljoen kWh	110
Duurzame energie (PJ)	PJ	3,2
Output		
Verkoop elektriciteit	miljoen kWh	7.022
Totaal energie	PJ	111,9

Bron: Van der Velden en Smit (2014).

v = voorlopige resultaten.

⁸ Verkoop van duurzame energie (elektriciteit en warmte) zal in beperkte mate plaatsvinden. De verkoop van duurzame elektriciteit zit in de verkoop van elektriciteit. De verkoop van duurzame warmte zal zeer gering zijn en is in de berekeningen verwaarloosd.

Tabel 2.2

Kwalitatieve kenmerken varianten laag en hoog in 2025.

Kenmerken	Variant 2025	
	laag / pessimistisch	hoog / optimistisch
Areaal glastuinbouw	sterke daling	beperkte daling
Energieprijzen	beperkte toename	sterke toename
Netto (inkoop - verkoop) energiekosten	sterke toename	beperkte toename
Investeringsruimte	Beperkt	Groter
Intensivering (a)	Beperkt	Sterker
Energiebesparing (b)	Meer	Minder
Energiegebruik per m ² (saldo b - a)	grotere daling	kleinere daling
Verkoop elektriciteit wk-aardgas	sterkere daling	Daling
Duurzame energie	beperkte groei	sterkere groei

Tabel 2.3

Kwantitatieve ontwikkeling invloedsfactoren en energie-indicatoren in 2025 bij varianten laag en hoog (% 2013).

	2013	Variant 2025	
		laag	hoog
Areaal (ha)	100	81	94
Energie (MJ/m ²)	100	85	95
<i>Energie (PJ)</i>	<i>100</i>	<i>68</i>	<i>88</i>
Verkoop elektriciteit-wk (miljoen kWh)	100	24	48
Duurzame energie (PJ)	100	166	397
<i>Primair brandstof (miljoen m³ a.e.)</i>	<i>100</i>	<i>85</i>	<i>91</i>
<i>Fossiel brandstof (miljoen m³ a.e.)</i>	<i>100</i>	<i>52</i>	<i>70</i>

3 Melkveehouderij

Gerben Doornewaard

3.1 Activiteiten en energieverbruik

Kernactiviteiten

De belangrijkste processen in de melkveehouderij zijn de productie van ruwvoer en het omzetten van voer in melk (en vlees) via de melkkoeien. Bij het energieverbruik voor de verschillende productieprocessen kan onderscheid worden gemaakt naar direct en indirect verbruik van energie. Bij direct verbruik gaat het om verbruik dat rechtstreeks op het bedrijf plaatsvindt, zoals verbranding van diesel in tractoren of verbruik van elektriciteit door op het melkveebedrijf aanwezige apparatuur. Bij indirect verbruik gaat het om energieverbruik door derden ten behoeve van het melkveebedrijf. Belangrijke voorbeelden hiervan zijn kunstmest en aangevoerd krachtvoer. Deze rapportage is gericht op het directe energieverbruik. Bij de vooruitzichten wordt ook het diesilverbruik door loonwerk meegenomen (paragraaf 3.3).

Bij direct energieverbruik op melkveebedrijven gaat het om het verbruik van elektriciteit, aardgas en diesel. Elektriciteit wordt benut voor:

- melken (aandrijving van onder andere pompen)
- het reinigen van het melksysteem en de melktank
- het koelen van de melk
- de stalverlichting
- overige elektrische apparatuur die niet op elk melkveebedrijf aanwezig hoeft te zijn, zoals ventilatoren, boilers, bronwatervoorzieningen, krachtvoerboxen, kalverdrinkautomaten en mestschuiven.

Aardgas wordt gebruikt bij de warmwatervoorziening. Dit is niet op alle bedrijven het geval omdat voor de warmwatervoorziening ook gebruik kan worden gemaakt van elektrische boilers. Ook komt het voor dat bedrijven met zonnepanelen met een gasaansluiting hun gasboiler (als die aan vervanging toe is) ruilen voor een elektrische boiler. Op die manier kunnen ze de salderingsregeling voor groene stroom meer benutten.

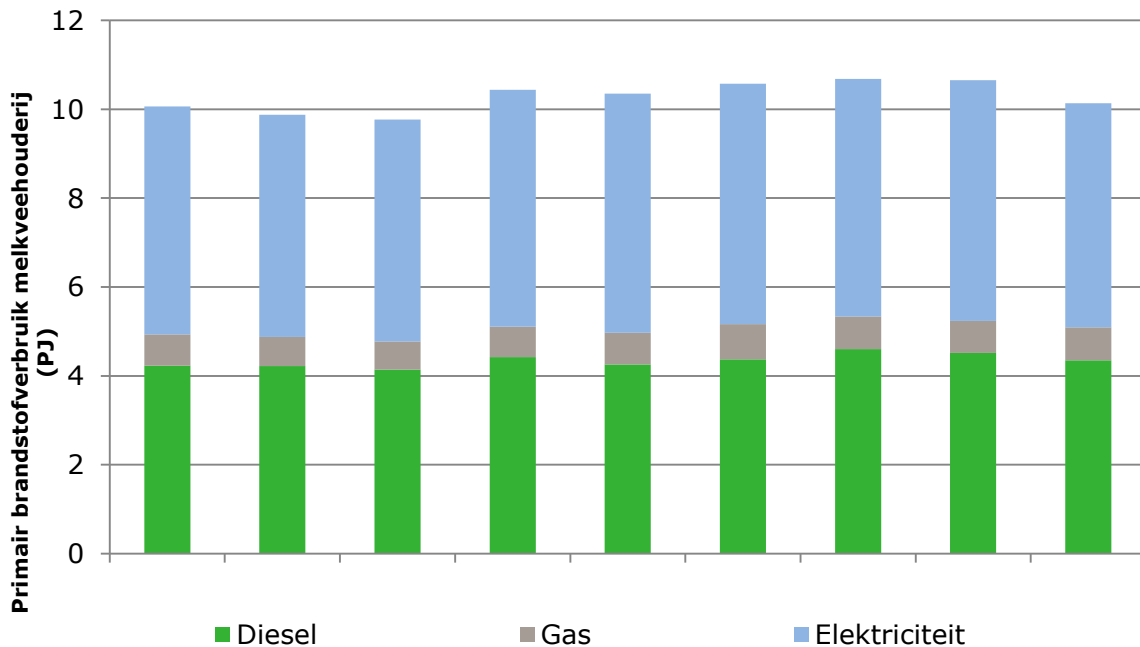
Diesel wordt gebruikt door onder andere tractoren, shovels en verreikers bij werkzaamheden op het land of op het erf. De meest voorkomende werkzaamheden zijn:

- dierlijke mest of kunstmest aanwenden
- graslandverzorging in de vorm van bijvoorbeeld slepen of rollen
- gras maaien, schudden, wiersen en/of inkuilen
- bewerking van bouwland, voornamelijk voor de teelt van snijmais, in de vorm van ploegen, eggen, enzovoort
- voer uitkuilen, eventueel mengen en voor het voerhek brengen
- drijfmest mixen en/of verpompen
- sloot- en greppelonderhoud.

Met name de werkzaamheden op het land worden niet door alle melkveehouders geheel in eigen beheer uitgevoerd. Voor verschillende werkzaamheden wordt regelmatig de loonwerker ingezet. De melkveehouderijsector zou het directe diesilverbruik kunnen verlagen door meer werkzaamheden in loonwerk te laten uitvoeren, maar daar komt dus eenzelfde hoeveelheid indirect diesilverbruik voor terug. Om die reden is ervoor gekozen om ook het energieverbruik uit loonwerk in deze sector mee te nemen.

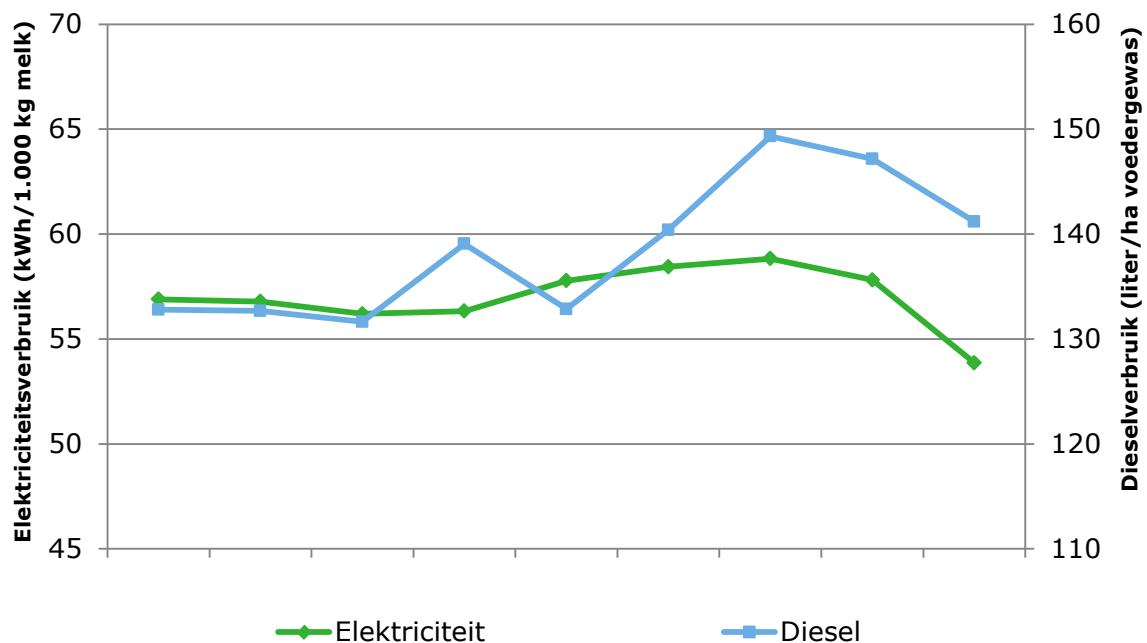
Energieverbruik in de melkveehouderij

De ontwikkeling van het totale directe energieverbruik in de melkveehouderij (exclusief loonwerk) staat weergegeven in figuur 3.1. Het stijgende primaire brandstofverbruik in de periode 2008-2011 kan worden verklaard door een toegenomen nationaal melkproductievolume in combinatie met een toename van het dieselgebruik per ha en elektriciteitsgebruik per kg melk (figuur 3.2). Zowel het elektriciteit- als het dieselgebruik liet in 2012 een daling zien na enkele jaren van stijging. Deze daling is in 2013 versterkt doorgezet.



Figuur 3.1 Verloop primair brandstofverbruik (PJ) in de melkveehouderij.

Bron: Reijs et al. (2014).



Figuur 3.2 Ontwikkeling van elektriciteits- (kWh per 1.000 kg melk) en dieselgebruik (liter per ha) in de melkveehouderij, 2005-2013.

Bron: Reijs et al. (2014).

Mogelijke verklaringen voor het afgenomen elektriciteitssaldo in 2012 en 2013 zijn enerzijds energiebesparende maatregelen en anderzijds een toename van het aantal zonnepanelen⁹. Het aantal melkveebedrijven met zonnepanelen is de afgelopen jaren snel toegenomen. Uit de Landbouwtelling blijkt dat het aantal melkveebedrijven met productie van zonne-energie is toegenomen van 242 in 2010 naar 1.025 in 2013. In dit verband speelt wind geen rol: in 2010 waren 131 windmolens in geheel of gedeeltelijke eigendom op melkveebedrijven, in 2013 132 stuks.

Ten aanzien van de variatie in het diesilverbruik is het moeilijk om conclusies te trekken op basis van deze gegevens. Diesilverbruik voor teeltwerkzaamheden is in belangrijke mate afhankelijk van weersomstandigheden. In een groeizaam jaar zal bijvoorbeeld een snede gras meer geoogst worden dan in een minder groeizaam jaar. Ook de mate waarin weidegang wordt toegepast is van belang. Bij minder beweiding vindt meer voederwinning en mest uitrijden plaats. Wanneer ook het diesilverbruik uit loonwerk zou worden meegenomen, dan zou er nog ongeveer 75 liter diesilverbruik per hectare bijkomen in 2013. Het totale diesilverbruik voor eigen mechanisatie en loonwerk komt in 2013 dan uit op ongeveer 217 liter per hectare.¹⁰

Een mogelijke verklaring voor de toename in het diesilverbruik per ha in 2007-2011 is dat met intensiever wordende bedrijven een steeds groter deel van het diesilverbruik bestemd is voor werkzaamheden die niet op het land plaatsvinden zoals voeren (wat onafhankelijk is van hectares). Een andere mogelijke verklaring is een toename van het gebruik van voer-mengwagens welke meer diesel vragen dan niet mengende voersystemen. De verdere daling van het diesilverbruik in 2013 ten opzichte van 2012 zou het gevolg kunnen zijn van de weersomstandigheden. Het jaar 2013 was relatief koud en droog (KNMI, 2014), waardoor er gemiddeld genomen minder gegroeid en dus ook geoogst is.

Ontwikkelingen in de melkveehouderijsector

De totale nationale melkproductie is sinds 1984 gelimiteerd door de melkquotering. Bedrijven die meer melk wilden produceren, konden dit alleen maar doen door quotum van stoppende melkveehouders op te kopen. De afgelopen jaren zijn er, als voorsortering op de afschaffing van de melkquotering per 1 april 2015, enige quotumverruiming geweest waardoor de nationale melkproductie is gegroeid. In 2013 bedroeg deze 12,2 mld. kg melk. De verwachting is dat de nationale melkproductie vanaf 1 april 2015 verder doorgroeit en in 2020 gestegen zal zijn met 20% ten opzichte van 2011 (NZO en LTO, 2013).¹¹ Dit zou betekenen dat er in 2020 bijna 14 mld. kg melk geproduceerd wordt.

In deze rapportage wordt gekeken naar de ontwikkeling van het energieverbruik en de energieproductie op melkveebedrijven in 2025. De aanname is dat de nationale melkproductie in 2025 niet verder is gegroeid ten opzichte van 2020, omdat naar verwachting reeds in 2020 nieuwe grenzen bereikt zullen zijn die verdere groei in de weg staan. Te denken valt hierbij aan grenzen als de beschikbare mestplaatsingsruimte, het fosfaatproductieplafond voor dierlijke mest en/of de beschikbaarheid van ruwvoer. Voor 2025 wordt dus ook een nationale melkproductie verondersteld van bijna 14 mld. kg. De toename van de nationale melkproductie heeft een verhogend effect op het totale energieverbruik van de melkveehouderijsector.

⁹ Bij energieproductie door zonnepanelen loopt de elektriciteitsmeter op bedrijven met een Ferrarismeter (draaischijfmeter) terug. De aanwezigheid van zonnepanelen leidt dan tot een lager (netto)verbruik van elektriciteit wanneer dit verbruik op het verschil tussen de begin- en eindstand van de elektriciteitsmeter wordt gebaseerd.

¹⁰ De loonwerkkosten voor melkveebedrijven in het Bedrijveninformatienet zijn bekend. Op basis van een aanname welk deel van de loonwerkkosten diesel betreft (20% in 2013 volgens CUMELA) en op basis van de gemiddelde dieselprijs in een jaar (1,095 euro per liter exclusief btw volgens het LEI) is het diesilverbruik uit loonwerk per bedrijf berekend en gedeeld door het aantal hectares gras en overig voedergewas.

¹¹ In dit rapport worden 2 groeivarianten benoemd, te weten een groei van 10% en van 20% in melkproductie ten opzichte van 2011. Omdat de melkproductie in 2013 al bijna 5% is gegroeid ten opzichte van 2011 en deze groei ook in 2014 heeft doorgezet ondanks de quotering, lijkt de variant van 20% groei realistischer dan 10% groei.

Melkveebedrijven hadden in 2013 bijna 860.000 ha gras en overige voedergewassen in gebruik. De verwachting is dat het areaal gras- en voedergewassen zal toenemen bij een toename van de melkproductie. Dit kan doordat grond van overige graasdierbedrijven (dus anders dan melkvee) in dienst kan worden gesteld van de productie van voedergewassen voor melkvee. Deze toename zal naar verwachting relatief gezien minder groot zijn dan de toename van de melkproductie, waardoor bedrijven dus intensiever worden (meer kilogrammen melkproductie per hectare) en de opbrengsten per hectare van gras en overige voedergewassen zullen worden verhoogd. Verondersteld is dat de procentuele toename in hectares voedergewassen in 2025 de helft bedraagt van de toename in melkproductie, dus 10% stijging ten opzichte van 2011. Dit komt neer op 945.000 ha gras en overige voedergewassen voor de melkveehouderij in 2025.

Het aantal bedrijven dat melkt met een robot is de afgelopen 10 jaar gestaag gestegen. Uit cijfers uit het Informatienet van het LEI blijkt dat in 2013 ongeveer 20% van de bedrijven melk met een melkrobot. Richting 2025 is enerzijds de verwachting dat dit aantal bedrijven stijgt, bijvoorbeeld omdat door schaalvergroting gezocht wordt naar besparing op arbeid of het verkleinen van de arbeidspieken op bepaalde delen van de dag. Aan de andere kant is het ook zo dat melkveebedrijven met een (voor Nederland) grote omvang, bijvoorbeeld 250 melkkoeien of meer, weer vaker kiezen voor een grote melkstal. Deze bedrijven werken vaker met externe arbeidskrachten en kunnen zodoende het melken verdelen over meerdere personen. Een melkstal heeft dan als voordeel dat er makkelijker geleidelijk gegroeid kan worden. Bij groei van het aantal koeien kan een extra ronde gemolken worden, terwijl bedrijven met één of meerdere melkrobots dan weer moeten investeren in een extra robot.

Het gemiddelde elektriciteitsverbruik op bedrijven met een melkrobot ligt met 66 kWh/1.000 kg melk fors hoger dan dat op bedrijven met een melkstal met 48 kWh/1.000 kg melk (RVO, 2014). Dit betekent dus dat een verdere opmars van de melkrobot een hoger elektriciteitsverbruik in de melkveehouderij tot gevolg heeft.

Geitenhouderij

De geitenhouderij is gericht op het produceren van geitenmelk. Net als op bedrijven met melkkoeien vinden er op melkgeitenbedrijven verschillende processen plaats, waarbij gebruik wordt gemaakt van diesel, elektriciteit en aardgas.

In 2013 zijn er volgens het CBS 320 melkgeitenbedrijven. De intensiteit, uitgedrukt in kg melkproductie per ha, ligt op melkgeitenbedrijven veel hoger dan op bedrijven met melkkoeien. Op melkgeitenbedrijven wordt in 2013 gemiddeld 814.000 kg melk geproduceerd op 19,4 ha, waarmee de intensiteit uitkomt op bijna 42.000 kg melk per hectare. Op bedrijven met melkkoeien gaat het om 742.700 kg melkproductie op 50,6 ha, waarmee de intensiteit uitkomt op ongeveer 14.700 kg per hectare. Het bovenstaande heeft tot gevolg dat het aandeel dieselverbruik op melkgeitenbedrijven binnen het totale energieverbruik lager ligt dan op bedrijven met melkkoeien

De gemiddelde energiekosten op melkgeitenbedrijven in Nederland bedroegen 17.800 euro in 2013 en namen hiermee 4,1% van de totale kosten in beslag. De totale energiekosten waren samengesteld uit diesel (43,3%), elektriciteit (45,5%), aardgas (9,0%) en overige energiekosten (2,2%). De hoeveelheden verbruikte diesel, elektriciteit en aardgas per bedrijf bedroegen respectievelijk 5.820 liter (8.060 inclusief loonwerk), 57.550 kWh en 2.490 kuub.¹² Op sectorniveau resulteert dit in 2013 in een primair brandstofverbruik van 0,27 PJ. Dit is een fractie van het verbruik in de rundveehouderij.

¹² In het Informatienet zijn alleen de kosten voor energieverbruik op melkgeitenbedrijven weergegeven in 2013, niet de hoeveelheden. De hoeveelheden zijn berekend door de totale kosten op bedrijfsniveau per soort energie te delen door de prijs van energie per eenheid (dus euro/liter diesel, euro/kWh elektriciteit en euro per m3 aardgas). De prijzen per eenheid zijn bepaald op basis van de bedrijven met melkkoeien, waarbij per energiesoort de totale kosten zijn gedeeld door de verbruikte hoeveelheid.

3.2 Technische mogelijkheden

Bij de mogelijkheden voor energiebesparing wordt alleen gekeken naar elektriciteit en diesel. Melkveebedrijven kunnen zowel via aardgas als via elektriciteit in hun warme water voorzien. De besparingsmogelijkheden op dit vlak zijn daarom verrekend in het elektriciteitsverbruik. Bij de mogelijkheden voor energieproductie is gekeken naar zonne-energie, windenergie en energie uit biovergistingsinstallaties.

Elektriciteitsbesparing

Op een energetisch optimaal ingericht melkveebedrijf is een energiebesparing van 21 tot 23 kWh per 1.000 kg melk mogelijk. Bij deze bedrijven met een melkrobot leidt dit tot een verbruik van 43 kWh per 1.000 kg melk (RVO, 2014). Dit betreft het mogelijke gebruik in nieuwbouwsituaties waarbij gekozen wordt voor energiebesparende apparatuur en waarbij deze apparatuur zo gunstig mogelijk wordt opgesteld (korte leidingen, enzovoort). Een aantal aantrekkelijke energiebesparingsmogelijkheden, die in principe voor elk melkveebedrijf mogelijk zijn, staan hieronder weergegeven (RVO, 2014):

- Een optimaal ingestelde voorkoeler levert in principe de grootste energiebesparing op afhankelijk van de situatie is een besparing 5-10 kWh/1.000 kg melk mogelijk.
Investering € 2.500-4.000;
- Een WarmteTerugWin installatie levert ook een flinke energiebesparing op, maar de besparing is sterk afhankelijk van de hoeveelheid spoelwater, de spoeltemperatuur en de temperatuur die de WTW levert. Gemiddelde besparing bij een elektrische boiler in combinatie met een WTW van 50 °C ligt op 3 - 8 kWh/1.000 kg melk.
Investering € 2.500-4.000;
- Kwalitatief goede frequentieregeling die terug regelt tot maximaal 25% van het maximale vermogen levert een gemiddelde besparing op van 3 - 6 kWh/1.000 kg melk.
Investering € 2.000-3.000;
- Verlichting vervangen door bijvoorbeeld hoogfrequente tl-verlichting en optimaliseren met slimme schakelingen in combinatie met een onafhankelijk lichtplan waarbij het daadwerkelijk opgenomen vermogen onder de 2,5 W/m² is voor 80 lux. Investering en besparing zijn sterk afhankelijk van de situatie. In deze rapportage wordt een besparing verondersteld van 2 kWh/1.000 kg melk.

Op basis van het Informatienet (opgenomen) kan een indicatie worden verkregen van de mate waarin melkveebedrijven in 2013 al bepaalde energiebesparende maatregelen toepassen. Hierbij moet worden bedacht dat het Bedrijveninformatienet een steekproef is en de resultaten dus een indicatie zijn voor de hele melkveepopulatie, vooral omdat het bijvoorbeeld de vraag is hoe representatief het Informatienet is voor dit soort bedrijfskenmerken. De resultaten staan in tabel 3.1.

Tabel 3.1

Toepassing van elektriciteitsbesparende maatregelen op melkveebedrijven in 2013¹³

Maatregel	Aandeel bedrijven (%)
Voorkoeler	54
WarmteTerugWin installatie	53
Frequentieregelaar	40
Hoogfrequente tl-verlichting	20

Bron: Informatienet LEI.

Naast bovenstaande maatregelen valt er nog meer winst te bereiken qua elektriciteitsbesparing, die met name bij nieuwbouw gerealiseerd kan worden. Het gaat dan bijvoorbeeld om een optimale

¹³ Niet bekend is welk deel van de melkveebedrijven in het Informatienet de maatregel 'isolatie van het spoelsysteem in combinatie met temperatuurverlaging van het warmwatertoestel' toepasten.

plaatsing van installaties, het beperken van leidinglengtes en het isoleren van leidingen. Te denken valt bijvoorbeeld aan het plaatsen van de koelmachine op een plek waar deze alleen koude lucht kan aanzuigen die niet kan recirculeren en het dicht bij elkaar plaatsen van warmteterugwinningsapparatuur, warmwater voorziening, spoelbak melkstal en melktank. Ook het toepassen van bijvoorbeeld bewegingsmelders en schemerschakelaars kan het energie besparen. Bedrijven die nieuw bouwen en daarbij voldoende rekening houden met energiebesparing, kunnen bovenop de 4 hierboven genoemde besparingsmaatregelen naar schatting nog ongeveer 5,5 kWh/1.000 kg melk besparen.

Dieselbesparing

Er zijn veel mogelijkheden om het dieselverbruik te verlagen. Een top 10 van besparingsmogelijkheden staat weergegeven in tabel 3.2. Alle genoemde maatregelen zullen in 2013 al in meer of mindere mate zijn toegepast in de melkveehouderij, maar gegevens over de mate van toepassing zijn niet beschikbaar.

Op individueel bedrijfsniveau zal het bijvoorbeeld mogelijk kunnen zijn om door het toepassen van een betere gewichtsverdeling 10% (++) besparing te realiseren, maar op sectorniveau zal de besparing kleiner zijn aangezien een deel van de bedrijven deze maatregel al toepast. Ervaringen uit het praktijknetwerk 'Het nieuwe rijden in de veehouderij' maken duidelijk dat door combinaties van maatregelen besparingen tot 40% mogelijk zijn op het huidige verbruik (bron: website Verantwoorde Veehouderij).

Tabel 3.2

Top 10 dieselbesparingsmaatregelen, elke + is circa 5% besparing.

Maatregel	Korte toelichting	Effect
1. Rijgedrag	Verlaag het motortoerental door een hogere versnelling te kiezen en laat de trekker niet onnodig stationair draaien.	+++
2. Afstemming trekker / werktuig	Gebruik een trekker die hooguit 15% meer vermogen heeft dan wat maximaal nodig is.	+++
3. Bandenspanning	Zorg voor een juiste bandenspanning, gebruik bij veel afwisseling tussen weg en veld een drukwisselsysteem.	++
4. Grote bandenmaat	Een grotere bandenmaat verbetert de krachtomzetting naar de bodem en bespaart daarmee brandstof.	++
5. Zuinige trekker	Nieuwe trekkers zijn 10% zuiniger maar trekkers met te veel vermogen voor het werk zijn onzuinig.	++
6. Gewichtsverdeling	Breng extra front- en wielgewichten aan bij zware klussen.	++
7. Onderhoud	Voer regelmatig en goed onderhoud uit.	+
8. Goede afstelling en efficiënte werkbreedte	Bij grondbewerkingsmachines is afstelling (gelijke diepte en niet te diep) van groot belang. Een efficiënte werkbreedte bespaart tijd en energie.	+
9. Registreer diesel-gebruik (en loonwerk)	Metten is weten, door het verbruik te registreren is het mogelijk dit te vergelijken met dat van collega's.	+
10. Minder machine gebruik	Pas beweiding optimaal toe en verminder waar mogelijk grondbewerking (bijvoorbeeld voor herinzaai) en volveldsgebruik.	+ / +++

Bron: RVO (2012).

Productie duurzame energie

De belangrijkste vormen van duurzame energieproductie op melkveebedrijven zijn zonne-energie, windenergie en energie uit mestvergisting.

Bij zonne-energie gaat het bij melkveebedrijven vrijwel altijd om zonnepanelen die elektriciteit opwekken en niet om zonnecollectoren die warm water leveren. Over alleen zonnecollectoren is weinig info bekend; in de Landbouwtelling wordt bij vragen over duurzame energieproductie geen onderscheid gemaakt tussen zonnecollectoren en zonnepanelen.

Omdat de meeste melkveehouders een kleinverbruikersaansluiting hebben op het net, kunnen zij gebruik maken van de salderingsregeling. Dat betekent dat zij het teveel aan opgewekte energie in maanden met een overschot (productie van zonne-energie is groter dan de behoefte op dat moment waarbij aan het net wordt terug geleverd) kunnen salderen met de afname van elektriciteit van het elektriciteitsnet in tijden dat de productie van zonne-energie kleiner is dan de behoefte op het bedrijf. Dit maakt het hebben van zonnepanelen aantrekkelijker, omdat alle opgewekte kWh dan worden vergoed voor de elektriciteitsprijs inclusief energiebelasting en btw. Volgens de Landbouwtelling waren er 1.025 melkveebedrijven met zonne-energie in 2013 (6% van de bedrijven). Dit aantal is de afgelopen jaren sterk toegenomen en de verwachting is dat dit zo doorgaat, mits enkele gunstige regelingen zoals de salderingsregeling blijven bestaan.

Productie van energie met windmolens vindt volgens de Landbouwtelling in 2013 plaats op 132 melkveebedrijven. In totaliteit waren er 1975 windmolens op land in 2013 die een gezamenlijke energieopbrengst opleverden van 4.620 mln. kWh, dus gemiddeld 2,3 mln. kWh per windmolen. Ervan uitgaande dat er in de melkveehouderijsector 'gemiddelde windmolens' staan, zou er in 2013 in de melkveehouderij 309 mln. kWh via windmolens zijn opgewekt. De bouw van nieuwe windmolens wordt beperkt door regels over ruimtelijke ordening. Het verkrijgen van de benodigde vergunningen is een langdurig en complex proces. Voor zover windmolens al toegestaan worden, dan is dat veelal in een zogenaamde 'lijnopstelling' of in de vorm van een 'windpark', anders gezegd op door de overheid aangewezen plaatsen. De toename van windenergie door uitbreiding zal dus beperkt zijn.

Bij mestvergisting wordt hier bedoeld op covergisting; over mono-vergisting in de praktijk is te weinig informatie beschikbaar. Bij covergisting wordt mest en soms overig materiaal (co-vergistingsmateriaal) vergist, waarbij methaangas dat hierbij ontstaat in de meeste gevallen via een gasverbrandingsmotor wordt omgezet in elektriciteit en warmte. Het elektrische rendement van de omzetting is minder dan 50%, dus een groot deel van de energie gaat verloren als warmte, tenzij hier nuttige bestemmingen voor gevonden kunnen worden binnen of buiten het bedrijf. Het economisch rendement van biovergistingsinstallaties staat behoorlijk onder druk. Dit is onder andere het gevolg van een gestegen vraag naar co-vergistingsmateriaal en daardoor hogere prijzen. In Nederland waren er in 2013 volgens de Landbouwtelling 36 melkveebedrijven met een biovergistingsinstallatie. In totaliteit waren er 95 biovergistingsinstallaties in 2013 in Nederland die een gezamenlijke energieopbrengst opleverden van 480 mln. kWh, dus gemiddeld 5,1 mln. kWh per installatie. Ervan uitgaande dat er in de melkveehouderijsector 'gemiddelde biovergistingsinstallaties' staan, zou er in 2013 in de melkveehouderij 182 mln. kWh via deze installaties zijn opgewekt. De kans dat biovergisting fors in belang zal toenemen richting 2025 lijkt niet groot door lage rendementen in combinatie met hoge (technische en economische) risico's. De mogelijke toename van het aantal mono-vergisters is echter een reden om de bijdrage van (co)vergisters in totaliteit wat positiever in te schatten.

3.3 Vooruitzichten 2025

Hieronder zijn vier varianten uitgewerkt, die worden vergeleken met de situatie in 2013:

2025, huidige melkproductie, voorzichtig: uitgangspunt is dat de melkproductie in 2025 gelijk is aan die in 2013. Doorgerekend is wat het effect is van het toepassen van extra energiebesparingsmogelijkheden en extra duurzame energieproductie op het totale energieverbruik. De mate van toepassing is hierbij voorzichtig ingeschat. Ook is het effect van 10% meer melk gewonnen via melkrobots meegenomen. Hierbij geldt dat het winnen van een ton melk met een robot 18 kWh meer kost.

2025, huidige melkproductie, optimistisch: uitgangspunt is dat de melkproductie in 2025 gelijk is aan die in 2013. Doorgerekend is wat het effect is van het toepassen van extra energiebesparingsmogelijkheden en extra duurzame energieproductie op het totale energieverbruik. De mate van toepassing is hierbij optimistisch ingeschat. Het aandeel bedrijven en de mate waarin bedrijven

maatregelen toepassen is hierbij verdubbeld ten opzichte van de voorzichtige variant. Ook is het effect van 10% meer melk gewonnen via melkrobots meegenomen (zie hiervoor).

2025, groei melkproductie, voorzichtig: uitgangspunt is dat de melkproductie in 2025 20% is gegroeid ten opzichte van 2011 (een groei van 14,4% ten opzichte van 2013) en de oppervlakte voeder gewassen op melkveebedrijven is gestegen met 10% ten opzichte van 2011. Doorerekend is wat het effect is van de extra melkproductie, de extra voeder gewassen en het toepassen van extra energiebesparingsmogelijkheden en extra duurzame energieproductie op het totale energieverbruik. De mate van toepassing is hierbij voorzichtig ingeschat. Ook is het effect van 10% meer melk gewonnen via melkrobots meegenomen.

2025, groei melkproductie, optimistisch: uitgangspunt is dat de melkproductie in 2025 20% is gegroeid ten opzichte van 2011 (een groei van 14,4% ten opzichte van 2013) en de oppervlakte voeder gewassen op melkveebedrijven is gestegen met 10% ten opzichte van 2011. Doorerekend is wat het effect is van de extra melkproductie, de extra voeder gewassen en het toepassen van extra energiebesparingsmogelijkheden en extra duurzame energieproductie op het totale energieverbruik. De mate van toepassing is hierbij optimistisch ingeschat. Het aandeel bedrijven in de mate waarin bedrijven maatregelen toepassen is hierbij verdubbeld ten opzichte van de voorzichtige variant. Ook is het effect van 10% meer melk gewonnen via melkrobots meegenomen.

Varianten 1 en 2 zijn met name bedoeld om het effect van het toepassen van extra energiebesparingsmogelijkheden, extra duurzame energieproductie en extra robotgebruik in beeld te brengen wanneer deze varianten worden vergeleken met de huidige situatie. Het is echter niet reëel om te veronderstellen dat de nationale melkproductie in 2025 niet is gestegen ten opzichte van 2013. De varianten 3 en 4 geven een reëler beeld van wat totale energieverbruik en de totale energieproductie van de melkveehouderijsector in 2025.

In tabel 3.3 zijn de varianten weergegeven inclusief een kwantificering van de mate waarin extra energiebesparingsmaatregelen worden genomen en de mate waarin extra duurzame energieproductie zal gaan plaatsvinden.

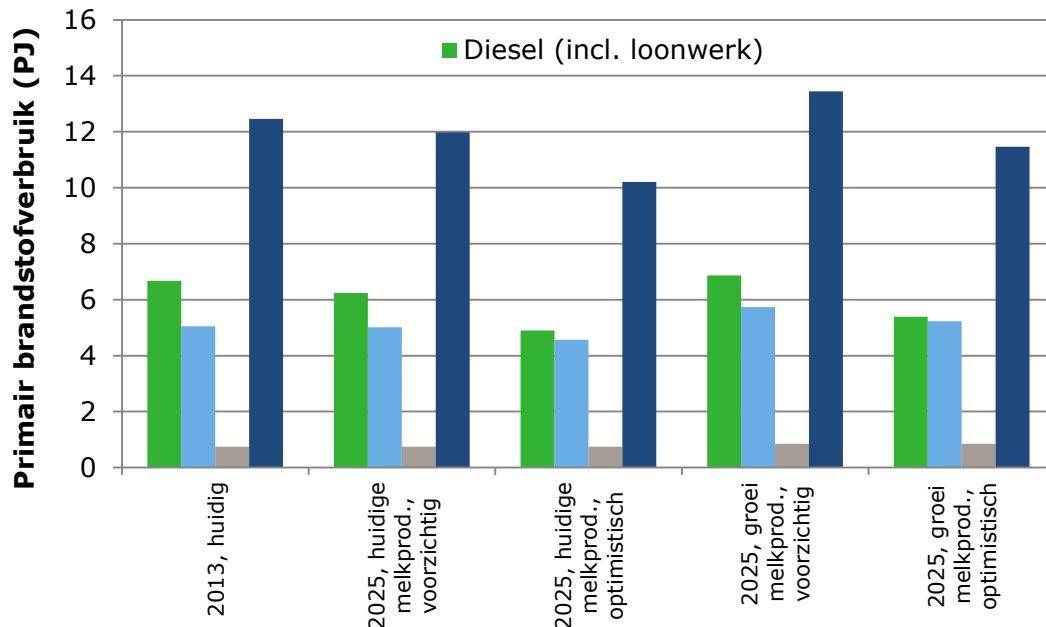
Tabel 3.3

Effect extra energiebesparingsmaatregelen en energieproductie in 2025 in vergelijking met 2013.

		2013, huidig (bron)	2025, huidige melkprod., voorzichtig	2025, huidige melkprod., optimistisch	2025, groei melkprod., voorzichtig	2025, groei melkprod., optimistisch
Melk, areaal, robots						
Melkproductie a)	Ton	12.207.500	12.207.500	12.207.500	13.969.200	13.969.200
Voedergewassen b)	Ha	858.565	858.565	945.120	945.120	945.120
Extra inzet robots in melkwinning c)	Ton		1.220.750	1.220.750	1.396.920	1.396.920
Energiebesparing						
			+40% ten opzichte van 2013	+80% ten opzichte van 2013	+40% ten opzichte van 2013	+80% ten opzichte van 2013
Frequentieregelaar	% bedr.	40	56	72	56	72
Voorkoeler	% bedr.	54	76	97	76	97
Warmteterugwinning	% bedr.	53	74	95	74	95
Hoogfrequente tl-verlichting	% bedr.	20	28	36	28	36
Extra besparing bij nieuwbouw	% van melk- productie d)		15	30	15	30
Dieselbesparing						
Totale besparing door gecombineerde toepassing van de 10 besparingsopties e)	%		20	40	20	40
Aandeel areaal met besparingsoptie	%		33	67	33	67
Zonne-energie						
			+400% ten opzichte van 2013	+800% ten opzichte van 2013	+400% ten opzichte van 2013	+800% ten opzichte van 2013
Bedrijven	#	1.025	4100	8200	4100	8200
Aandeel energieproductie van energieverbruik	% (=aanname)	75	75	100	75	100
Windenergie f)						
			+25% ten opzichte van 2013	+50% ten opzichte van 2013	+25% ten opzichte van 2013	+50% ten opzichte van 2013
Bedrijven	#	132	165	198	165	198
Biovergisters						
			+0% ten opzichte van 2013	+100% ten opzichte van 2013	+0% ten opzichte van 2013	+100% ten opzichte van 2013
Bedrijven	#	36	36	72	36	72

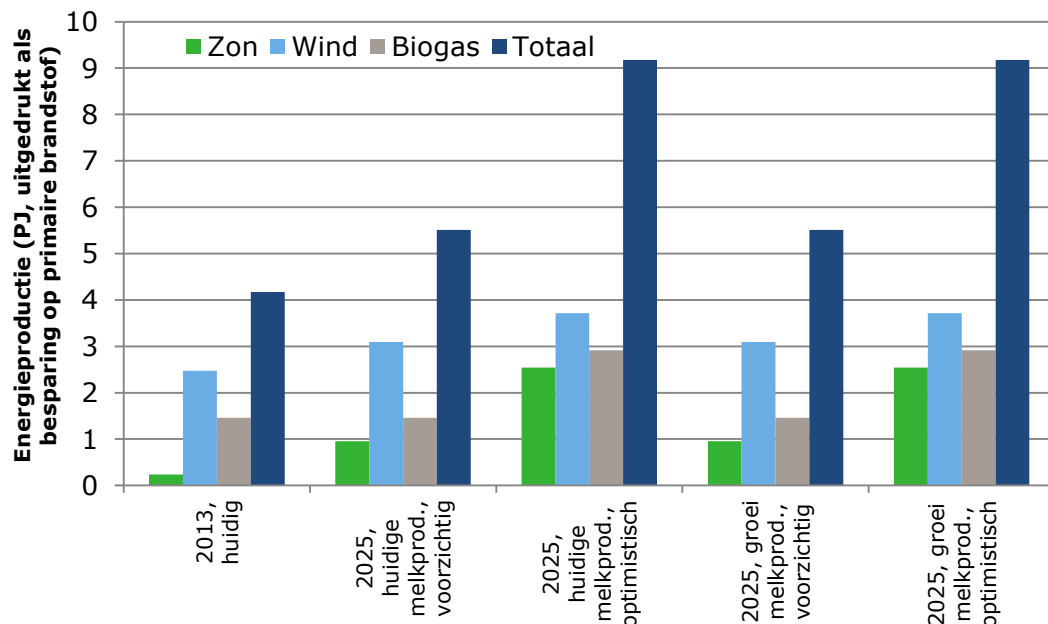
Noten: a) De melkproductiestijging in varianten met groei bedraagt 20% (zie paragraaf 4.1); b) De stijging van het areaal voedergewassen in varianten met groei bedraagt 10% (zie paragraaf 4.1); c) Aangenomen is dat 10% van de melkproductie extra wordt gewonnen via robots (boven op de al aanwezige melkwinning via robots in 2013); d) Dit geeft het percentage van de melkproductie aan die in 2025 ten opzichte van 2013 extra is geproduceerd in nieuwgebouwde stallen; e) Een maximale besparing ten opzichte van het huidige verbruik van 40% wordt technisch mogelijk geacht (bron: website Verantwoorde Veehouderij). In de voorzichtige variant is uitgegaan van de helft, dus 20% besparing. De besparingen gelden zowel voor het directe dieselverbruik door melkveehouders als het indirecte dieselverbruik door loonwerkers en zijn in de berekeningen toegepast op het verbruik in liter per ha voedergewas; f) Bij windenergie en biovergisters is verondersteld dat het gemiddelde vermogen van de molens en vergisters in 2025 gelijk is aan die in 2013 (als de ontwikkeling bij wind over de afgelopen 10 jaar in beschouwing wordt genomen lijkt het waarschijnlijker dat de molens in 2025 een groter vermogen hebben dan in 2013). De aanname is dat de hoeveelheid duurzame energieproductie in 2025 toeneemt met 25% in het voorzichtige scenario en met 50% in optimistische scenario. Daarom is de berekening opgeschaald aan de hand van respectievelijk 25% en 50% meer bedrijven met een molen met een capaciteit zoals in 2013. Van de 50% variant kan ook worden gezegd dat er op 25% van de bedrijven een molen bij komt en dat die de dubbele capaciteit heeft van die in 2013. Dit komt ook neer op 50% extra energie uit wind.

In figuur 3.3 is het totale energieverbruik in de melkveehouderij per variant weergegeven. Te zien is dat het totale energieverbruik zonder groei daalt van 12,5 PJ in de huidige situatie naar respectievelijk 12,0 en 10,2 PJ in de voorzichtige en optimistische variant. Hierin zit het effect van meer energieverbruik door meer melken met melkrobot al in verdisconteerd. In de varianten met groei is de totale besparing in de voorzichtige variant niet voldoende om een stijging van het totale energieverbruik van de sector ten opzichte van 2013 te voorkomen. In de optimistische variant lukt dat wel met een totaal verbruik van 11,5 PJ.



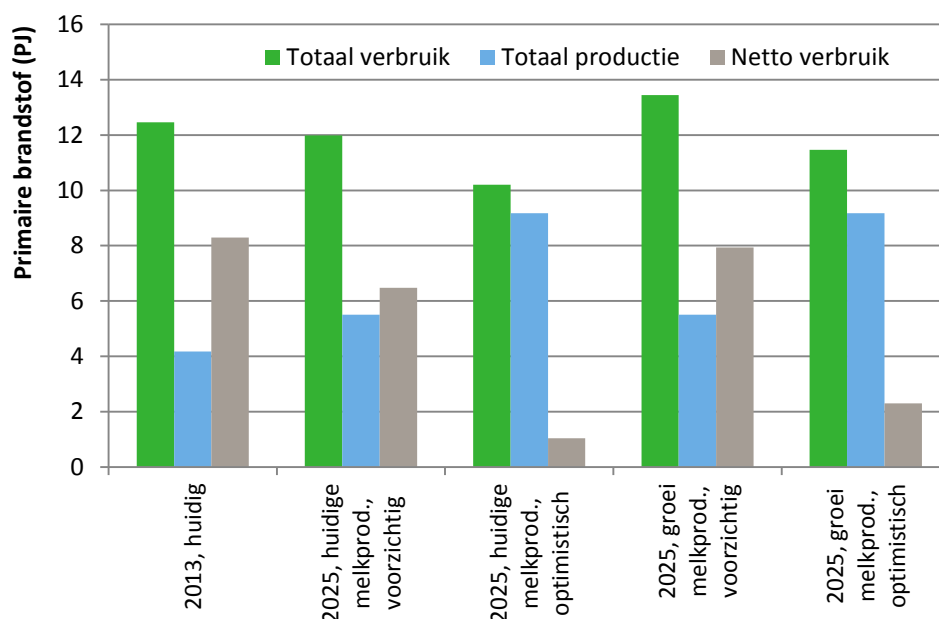
Figuur 3.3 Totaal energieverbruik (uitgedrukt als primair brandstofverbruik) van de melkveehouderijsector per variant (in PJ).

In figuur 3.4 is een inschatting gegeven van de totale energieproductie op melkveebedrijven. De geproduceerde kWh's met zon, wind en biomassa zijn uitgedrukt in primaire termen, dat wil zeggen in hoeveelheden brandstof die voor de opwekking nodig is.



Figuur 3.4 Totale energieproductie (in primaire termen) van de melkveehouderijsector per variant (in PJ).

In 2013 komt de totale productie van energie op melkveebedrijven uit op 4,2 PJ. De bijdrage van zonne-energie aan het totaal is nog beperkt. In de voorzichtige varianten neemt de energieproductie toe tot 5,5 PJ en in de optimistische tot 9,2 PJ.



Figuur 3.5 Netto-energieverbruik (primair brandstof) van de melkveehouderijsector per variant (in PJ).

Figuur 3.5 toont het netto energieverbruik van de melkveehouderij per variant. In 2013 bedraagt het nettoverbruik 8,3 PJ. Uitgaande van de huidige melkproductie daalt dit netto verbruik in de voorzichtige variant naar 6,5 PJ en in de optimistische variant naar 1,0 PJ. In de varianten met groei van de melkproductie gaat het om een nettoverbruik van 7,9 en 2,3 PJ in respectievelijk de voorzichtige en optimistische variant.

4 Akkerbouw

Bert Smit

4.1 Activiteiten en energieverbruik

Kernactiviteiten

De belangrijkste akkerbouwgewassen in Nederland zijn aardappelen, suikerbieten, granen en uien. Snijmaïs is officieel ook een akkerbouwgewas maar wordt voornamelijk op veebedrijven geteeld. Dit gewas is daarom in dit hoofdstuk buiten beschouwing.

De teelt van een (akkerbouw)gewas begint met grondbewerking ter voorbereiding van de zaai, het poten of planten van het uitgangsmateriaal (zaaizaad en pootgoed). Vanaf het moment van de zaai- of pootbedbereiding gaat het erom het gewas en de grond in zodanige conditie te brengen en te houden dat het gewas optimaal kan groeien en produceren. Met 'produceren' wordt bedoeld het voortbrengen van oogstbare delen, zoals aardappelknollen, suikerbieten, graan en uien. Die optimale condities worden nagestreefd door met name bemesting van het gewas met organische of kunstmest en gewasbescherming tegen ziekten, plagen en onkruiden. Op sommige gewassen in sommige regio's wordt ook beregening toegepast als door droogte vochtgebrek en daardoor groei- en productieremming dreigt. Maar ook te veel regen kan verstorend werken en dan wordt de afwatering versterkt, bijvoorbeeld door verbetering van de drainage.

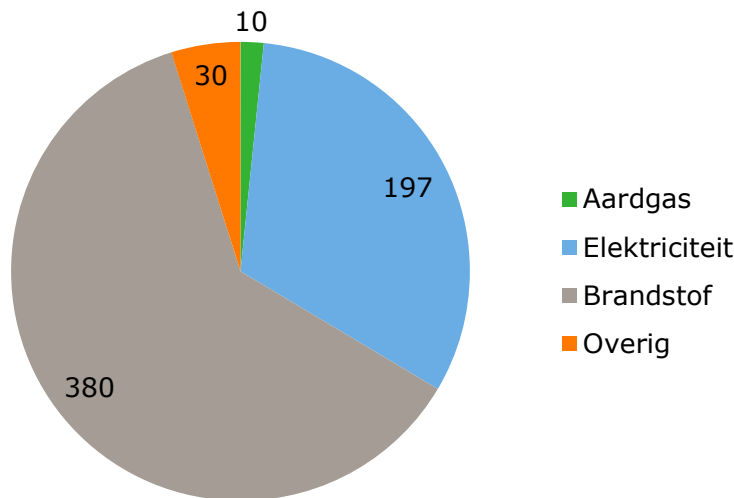
Als het gewas oogstrijp is, wordt het gewas geoogst met een rooier of (maai)dorser, afhankelijk van het gewas. In het algemeen spreekt men van 'rooien' als het oogstbare product in de grond zit (aardappelen, bieten, uien, peen en dergelijke) en van dorsen als het oogstbare product boven de grond groeit (granen, graszaad, koolzaad en dergelijke). Na de oogst wordt het product ofwel direct afgeleverd aan c.q. opgehaald voor verdere verwerking en handel ofwel op de boerderij opgeslagen. Bij opslag op het bedrijf is bij aardappelen, uien en peen sprake van gekoelde bewaarruimtes, waar het product tot soms wel acht maanden verblijft alvorens het afgeleverd wordt. Een deel van de granen wordt niet-gekoeld bewaard en suikerbieten worden buiten bewaard, zonodig, dus bij matige tot strenge vorst, afgedekt met plastic. Oogstresten (stro, bietenblad en dergelijke) blijven voor een groot deel op het land achter. Een ander deel wordt elders gebruikt, bijvoorbeeld stro als strooisel of bedekking van bloembolbedden. Er zijn ook mogelijkheden om dergelijk materiaal te gebruiken voor bioraffinage of bio-energieproductie maar dat wordt slechts op beperkte schaal gedaan.

Energieverbruik in de akkerbouw

Bij de teelt en bewaring van akkerbouwgewassen wordt vooral energie verbruikt bij de volgende activiteiten:

- De grondbewerking voorafgaande en na afloop van de teelt (inclusief stoppelbewerking); met name kerende grondbewerking (ploegen) kost veel energie in de vorm van dieselgebruik door tractoren;
- De (chemische en mechanische) gewasbescherming en de aanvoer en toepassing van kunst- en dierlijke mest op de akkers; bij dierlijke mest is sprake van transport van een waterrijk product en inbreng ervan in de grond, door vrachtauto's en (al dan niet zelfrijdende) bemesters;
- De oogst van de gewassen, in de vorm van dieselgebruik door maaidorsers en (al dan niet zelfrijdende) rooimachines, aangevuld met oprapen (bijvoorbeeld van uien), persen (van stro) en afvoer van grote volumes product. Met name bij zogenaamde rooivruchten gaat het om hoeveelheden van 50-100 ton per ha;
- De inschuring en bewaring van producten, soms ook gecombineerd met sorteren, wassen en/of verpakken van de producten. Dit wordt voornamelijk gedaan met elektrische installaties en koel- c.q. verwarmingsinstallaties, deels ook geautomatiseerd. Deze activiteiten gaan dus gepaard met een relatief groot elektra gebruik.

Het energieverbruik is weergegeven in figuur 4.1. Het totale energieverbruik bedroeg in 2013 gemiddeld per akkerbouwbedrijf 617 GJ, waarvan het merendeel (62%) in de vorm van brandstof (vooral diesel), op afstand gevolgd door elektriciteit (32%). Dit beeld bevestigt het gewicht van dieselgebruik in de akkerbouwsector, in overeenstemming met de beschrijving van de activiteiten hierboven.

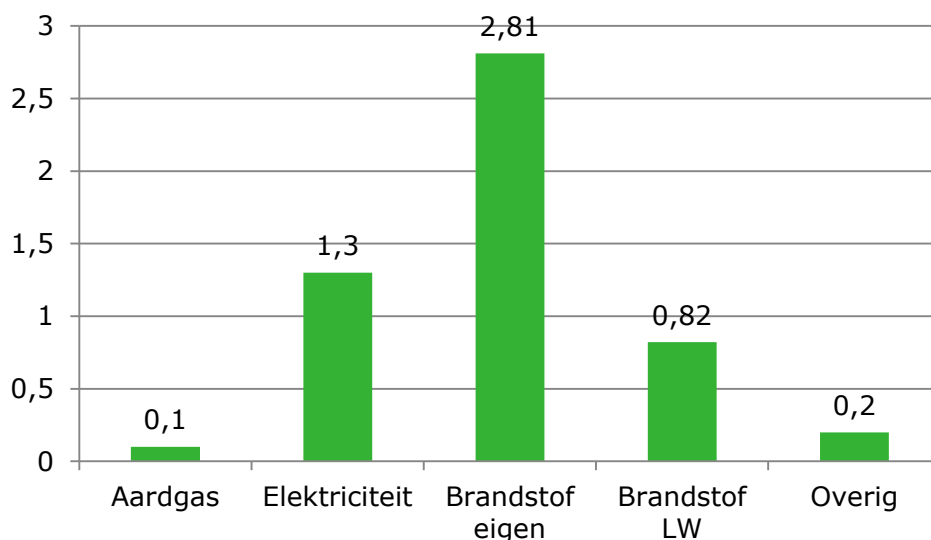


Figuur 4.1 Gemiddeld energieverbruik a) op akkerbouwbedrijven in 2013 (in GJ per bedrijf), naar soort.

Noot: a) Het elektriciteitsverbruik is in deze figuur omgerekend naar primaire termen, dus naar hoeveelheid brandstof waarmee de elektriciteit is opgewekt.

Bron: Informatienet LEI.

In figuur 4.2 is het totale energieverbruik in de akkerbouwsector weergegeven. De verhoudingen tussen de vier weergegeven soorten zijn vergelijkbaar met die in figuur 4.1. In totaal werd er in 2013 in de akkerbouwsector een kleine € 109 miljoen aan energie uitgegeven, met een totaalverbruik van 4,4 PJ.

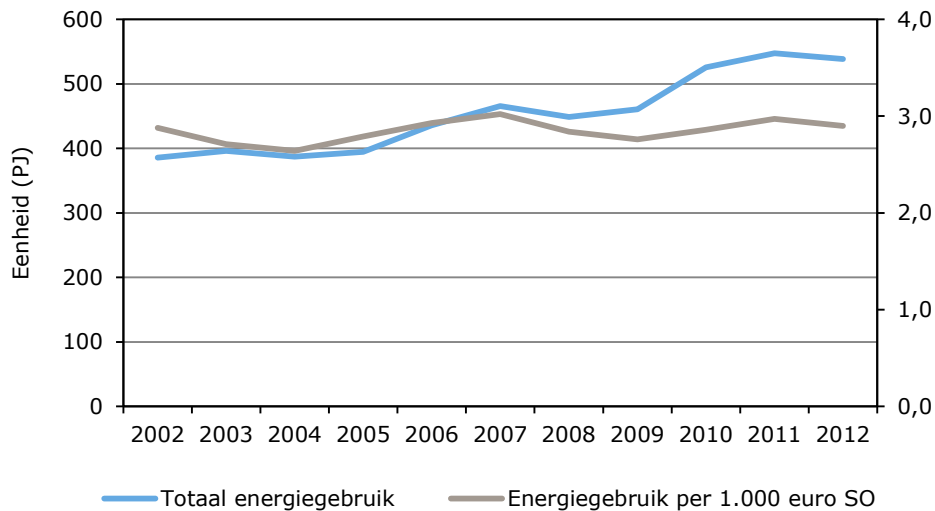


Figuur 4.2 Totaal energieverbruik (PJ) a), b), c) op akkerbouwbedrijven in 2013, naar soort.

Noten: a) Het elektriciteitsverbruik is in deze figuur omgerekend naar primaire termen, dus naar hoeveelheid brandstoffen waarmee de elektriciteit is opgewekt. Voor de sector als geheel kan de verhouding tussen de vier typen brandstof anders zijn dan voor het gemiddelde akkerbouwbedrijf, omdat er ook andere dan akkerbouwbedrijven zijn die akkerbouwgewassen telen; b) Bij brandstof is onderscheid gemaakt tussen het brandstofgebruik met eigen tractoren en machines ('Brandstof eigen') en dat van ingeschakelde loonwerkers ('Brandstof LW'); c) Het dieselverbruik van de loonwerkers is ingeschat in tabel 4.1. In de figuur is het verbruik op akkerbouw- en zetmeelaardappelbedrijven opgeteld.

Bron: Informatienet LEI.

Het gemiddelde energieverbruik van akkerbouwbedrijven is sinds 2002 met 40% toegenomen. Het grootste deel hiervan bestaat uit verbruik van diesel. Omgerekend naar een verbruik per 1.000 euro SO (Standaardopbrengst) is de hoeveelheid redelijk stabiel. In vergelijking met andere sectoren is het energieverbruik per euro SO in de akkerbouw laag (www.agrimatie.nl). Dit is in figuur 4.3 uitgebeeld. De Standaardopbrengst is een maat voor de economische omvang van het bedrijf. figuur 4.3 beeldt dus uit dat de akkerbouwbedrijven in omvang groeien, maar dat het energieverbruik per grootte-eenheid min of meer constant is.



Figuur 4.3 *Energieverbruik van akkerbouwbedrijven (GJ) gemiddeld per bedrijf en per 1.000 euro Standaardopbrengst (SO), 2002-2012.*

Bron: Informatienet LEI.

Naast het energieverbruik in bovenstaande figuren is er aanzienlijk wat energie 'versleuteld' in de middelen die worden gebruikt bij de teelt. Het gaat dan met name om stikstofkunstmest, dat via een energie-intensief (aardolie of gas) proces uit de lucht wordt gewonnen, en gewasbeschermingsmiddelen, waarvan de productie ook veel energie vraagt. Dit energieverbruik is in dit rapport buiten beschouwing gebleven.

Energieverbruik door loonwerk

In dit kader is een thema in hoeverre loonwerkers ingeschakeld worden, aan wie (een deel van) de veldwerkzaamheden uitbesteed kunnen worden. In zekere zin vormen loonwerkers een aanleverende schakel in de keten en zouden ze dus buiten de afbakening vallen. De veldwerkzaamheden moeten echter uitgevoerd worden, hetzij door de akkerbouwer zelf of in combinatie met burens/collega's, hetzij door een loonwerker. Loonwerkers in de agrarische sector brengen zowel de benodigde machines, bijvoorbeeld voor oogstwerkzaamheden, als het benodigde personeel mee. Zij zijn vaak in meerdere sectoren binnen en buiten de agrarische wereld bezig, bijvoorbeeld zowel in de wegebouw als in de akkerbouw- en melkveesectoren. Loonbedrijven verbruiken gemiddeld ongeveer 120.000 liter gasolie op jaarbasis (Cumela, 2008).

Op basis van Informatienetcijfers is een globale schatting van het dieselgebruik bij loonwerkactiviteiten op akkerbouwbedrijven gemaakt. Daarbij is aangenomen dat 20% van de loonwerkkosten uit dieselkosten bestaan (Expertinschatting LEI). Met behulp van data over de dieselprijs is een omrekening naar dieselgebruik gemaakt. Deze berekening is getoond voor akkerbouwbedrijven (exclusief zetmeelaardappelbedrijven) en zetmeelaardappelbedrijven (tabel 4.1).

De loonwerkactiviteiten op in totaal 8.210 in BIN gerepresenteerde akkerbouw- en zetmeelaardappelbedrijven¹⁴ vragen naar schatting bijna 23 miljoen l ofwel 0,82 PJ diesel.

Tabel 4.1

Dieselvebruik door loonwerk (werk door derden (w.d.d.)) op akkerbouwbedrijven in 2013.

Variabele	Gemiddeld per bedrijf voor sector:	
	Akkerbouwbedrijven	Zetmeelaardappelbedrijven
Gerepresenteerd aantal bedrijven	7450	760
Werk door derden (euro)	15.200	15.700
Dieselgebruik bij w.d.d. (liter) a)	2.776	2.868
Idem (MJ) b)	99.668	102.946
Dieselgebruik sector w.d.d. (liter)	2.068.3105	217.9361
Idem (PJ)	0,743	0,078

a) Gebaseerd op een dieselprijs van 109,5 euro exclusief btw/100 liter en de aanname dat 20% van de loonwerkkosten uit diesel bestaan; b)

Gebaseerd op een energie-inhoud van 35,9 MJ per liter.

Bron: Informatienet LEI voor 2013.

Energieproductie in de akkerbouw

Naast verbruik vindt er op akkerbouwbedrijven ook energieproductie plaats. Naast de verwaarloosbare hoeveelheid gewassen voor de productie van bio-energie (biodiesel, bio-ethanol) wordt er op een deel van de bedrijven elektriciteit geproduceerd door biovergisting (uit dierlijke mest in combinatie met zogenaamde co-vergisters, energierijke materialen zoals 'energiemaïs'¹⁵), zonnepanelen (op de daken van de bedrijfsgebouwen) en windmolens. In tabel 4.2 zijn drie vormen van duurzame energieproductie op akkerbouwbedrijven weergegeven. Het aantal akkerbouwbedrijven met windmolens is tussen 2013 en 2010 licht gedaald. In diezelfde periode is er één bedrijf met vergister bij gekomen, maar het aantal bedrijven met zonne-energieproductie is bijna vertienvoudigd.

Tabel 4.2

Duurzame energieproductie op akkerbouwbedrijven in 2010 en 2013.

Jaar	Akkerbouwbedrijven met duurzame energieproductie met:			
	Windmolens		Vergisters	Zonnepanelen/-collectoren
	Aantal	Vermogen (MW)	Aantal	
2010	191	1.39 a)	6	55
2013	181	- b)	7	502

a) Gemiddeld per windmolen, in 2010 in totaal dus 265 MW; b) In 2013 is de capaciteit van de aanwezige windmolens niet gevraagd. Datzelfde geldt voor de capaciteit van de vergisters en zonnepanelen en -collectoren in beide jaren.

Bron: CBS.

Eind 2010 was 10% van het totale vermogen aan mestvergisters in de landbouw op akkerbouw- bedrijven aanwezig. Windmolens zijn voor de akkerbouw van meer belang. Van het totale vermogen in de land- en tuinbouw is 58% geplaatst op akkerbouw- of openteeltbedrijven. Daken van bewaarplaatsen en schuren zijn vaak goed geschikt voor zonnepanelen of voor zonnecollectoren in combinatie met boilers (voor reinigingswerkzaamheden, zowel bedrijfsmatig als privé). Op akkerbouwbedrijven en openteeltbedrijven is 6,2 PJ aan (elektrische) energie opgewekt in 2010. Dit

¹⁴ In de Landbouwtelling is het aantal akkerbouw- en zetmeelaardappelbedrijven nog wat groter, omdat de ondergrens qua omvang in dit databestand kleiner is dan bij het Bedrijveninformatienet. Het gaat dus vooral om kleinere bedrijven, die in deze studie buiten beschouwing zijn gelaten. Dat geeft een lichte onderschatting van het dieselgebruik door loonwerkers in de akkerbouwsector.

¹⁵ Bij vergisting worden naast elektriciteit ook groen gas en warmte geproduceerd.

4.2 Technische mogelijkheden

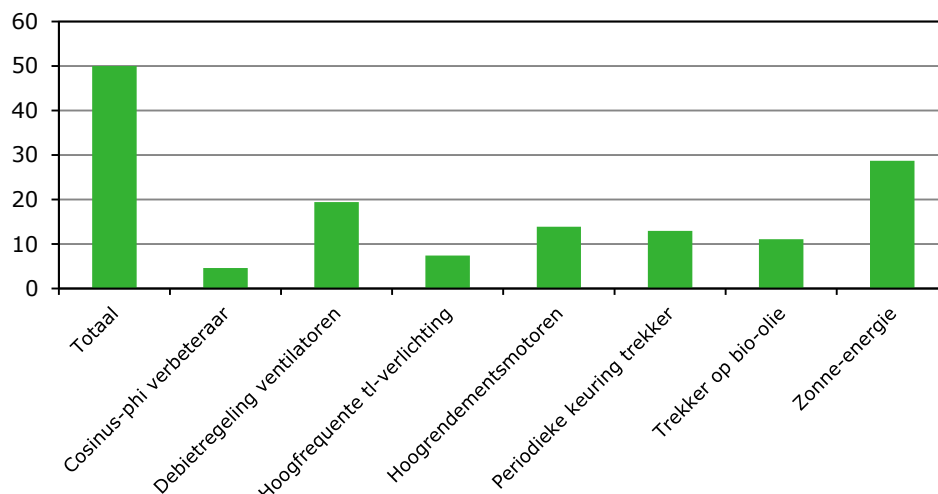
Verbeteringen in energie-efficiëntie doen zich niet alleen voor in de akkerbouwmotoren, maar ook bij de volgende ontwikkelingen:

- Gekoelde bewaarplaatsen worden steeds beter geïsoleerd en de koelapparatuur zelf wordt steeds zuiniger. Daarnaast gebruikt men indien mogelijk c.q. zo veel mogelijk koude buitenlucht, gebruik makend van moderne meet- en regelapparatuur;
- Er is een tendens om minder te ploegen en meer 'niet-kerende' grondbewerking toe te passen, wat aanzienlijk in het dieselgebruik scheelt;
- De efficiëntie van werkzaamheden neemt toe door het gebruik van GPS en aanverwante automatisering. Dit betekent onder andere dat werkgangen perfect op elkaar aansluiten en er minder overlap optreedt. Aan de andere kant kost het gebruik van dergelijke apparatuur wel (enige) elektrische energie, zowel bij het voeden van de apparatuur op de trekker (indirect dus via extra dieselgebruik) als bij het verwerken en synchroniseren van data op de bedrijfscomputer.

Mogelijk worden bovenstaande tendensen deels weer ongedaan gemaakt door de schaalvergroting, waardoor met name tractoren steeds groter worden en transportafstanden toenemen. Dit leidt dan tot afnemende meeropbrengsten van schaalvergroting op het gebied van energiegebruik.¹⁶

Figuur 4.4 geeft een overzicht van de maatregelen die akkerbouwbedrijven in 2013 hadden genomen voor energiebesparing en -productie. In de steekproef van het LEI voor deze sector had in dat jaar 50% van de bedrijven één of meer van zulke activiteiten ondernomen of gerealiseerd. Dat aandeel is snel aan het stijgen, want het bedroeg in 2011 nog 14% en in 2012 26%. Meest genoemd zijn het gebruik van zonnepanelen (29%) en de debietregeling van ventilatoren (19%). Vaak is het maximale debiet dat een ventilatiesysteem kan leveren maar in enkele gevallen nodig. In andere gevallen kan dus worden volstaan met een lager debiet, met als voordelen lagere energiekosten, minder warmteproductie (bij koelcellen) een langere levensduur en minder geluidsoverlast. Bij bestaande ventilatoren kan een cascaderегeling op een elektronische toerenregeling worden toegepast (www.m-profit.nl/dossiers/akkerbouw04.html).

¹⁶ Mogelijk is de stabiele indicator 'energiegebruik per 1.000 euro SO' hiervan de resultante. De toename in efficiëntie wordt tenietgedaan door afnemende meeropbrengsten c.q. dalende efficiëntie als gevolg van schaalvergroting.



Figuur 4.4 Aandeel (%) netto-energiebesparende maatregelen op akkerbouwbedrijven, totaal (één of meer maatregelen) en per maatregel.

Bron: Informatienet LEI.

De maatregelen zijn in bijna alle gevallen (op de periodieke keuring van de trekker na) investeringen, die relatief eenvoudig in de boekhouding terug te vinden zijn. Maar ook in de bedrijfsvoering is 'energiewinst' te behalen door aanpassingen in bijvoorbeeld het trekkergebruik, de belangrijkste dieselverbruiker op het akkerbouwbedrijf. Hiervoor gelden in beginsel dezelfde opties als voor de melkveehouderij (zie tabel 3.2). Voor de akkerbouw is het gecumuleerde effect van deze maatregelen op 15% gesteld. Dit percentage is verwerkt in de regel 'Besparen op diesel bij veldwerk en transport' in tabel 4.3. De meeste van deze maatregelen kosten niet veel, uitgezonderd de aanschaf van een drukwisselsysteem, van bredere banden en van front- en wielgewichten. Zou men alle genoemde maatregelen toepassen, dan zou het kosteneffect per saldo nul kunnen zijn. Dit betreft een globale inschatting. De exacte uitkomsten hangen samen met het saldo van de energiebesparing en de investeringen c.q. extra jaarkosten. De mate van energiebesparing kan sterk variëren door verschillen in instellingen van tractoren, zoals exacte bandenbreedte- en spanning, rijstijl van de bestuurder enzovoort. De extra jaarkosten hangen samen met de keuze voor bijvoorbeeld een sobere of meer luxe uitvoering van een drukwisselsysteem.

De mogelijke energie-effecten van het beperken van kerende grondbewerking (ploegen) kunnen geschat worden. Als eerste inschatting is de verlaging van het dieselgebruik door lichter grondbewerking op 10% gezet.

Een andere maatregel die voorzichtige opgang doet in de akkerbouw is toepassing van het rijpaden-systeem. Door gebruik te maken van vaste sporen (met bovendien lage druk) wordt verdichting van zaai- en plantbedden geminimaliseerd. Dat scheelt in brandstofgebruik. Het energetisch effect daarvan hangt sterk af van de voorgeschiedenis van de percelen en is voorlopig op 10% geschat.

Vervanging van fossiele energie door duurzame energiedragers

Het verbruik van gangbare diesel bij veld- en transportwerkzaamheden kan worden teruggedrongen door gebruik te maken van duurzame energiedragers zoals biodiesel, pure plantaardige olie (PPO), elektra of waterstof. Omschakeling naar deze energievormen vraagt (grote) investeringen, omdat de motoren van tractoren en zelfrijdende machines (met name voor oogst-, spuit- en bemestingswerkzaamheden) dan aangepast of zelfs vervangen moeten worden. Omschakeling naar biodiesel vraagt daarbij de kleinste aanpassing. Daarnaast vraagt de noodzakelijke beschikbaarheid van de alternatieve brandstoffen op het akkerbouwbedrijf om investeringen in opslagtanks en productie-faciliteiten. Daarbij valt te denken aan het opwekken van stroom door zonnepanelen voor de voeding van elektrische motoren en de productie van waterstof. PPO kan met kleinschalige bioraffinage op het akkerbouwbedrijf gemaakt worden mits koolzaad op het bedrijf zelf of in de omgeving geteeld wordt; de raffinage-installatie vraagt ook om een investering. Biodiesel zou via de leverancier van smeer- en

dieselolie beschikbaar gesteld kunnen worden maar is wellicht duurder en heeft een lagere energie-inhoud dan gewone diesel. Anders gezegd: het vraagt om een bewuste keuze om over te schakelen naar duurzame energie en in veel gevallen ook investeringen in andere of aangepaste motoren, tanks en productiecapaciteit. Daarnaast is bedrijfszekerheid voor akkerbouwers een belangrijke prioriteit. De tractoren moeten te allen tijde beschikbaar zijn om, vaak zware, werkzaamheden te verrichten. Onzekerheid over de beschikbaarheid van de juiste brandstof of het energieleverend vermogen zal dergelijke transitie sterk remmen, zeker bij de relatief lage dieselprijzen van dit moment.

4.3 Vooruitzichten 2025

Ontwikkelingen in de akkerbouw

Er is een sterke tendens in de akkerbouw richting schaalvergroting en (in mindere mate) intensivering/opbrengstverhoging. De bedrijven worden dus steeds groter en telen gewassen met een hogere opbrengst in kg per ha en/of in financiële opbrengst per ha. Het gemiddelde energieverbruik per bedrijf neemt bij gelijkblijvende energie-efficiëntie toe. Dat hoeft op zich geen toename van het energieverbruik op sectorniveau te betekenen, omdat het totale akkerbouwareaal in Nederland ieder jaar licht afneemt. Het vrijkomende areaal wordt gebruikt door de melkveehouderijsector (zie hoofdstuk 3). Het aantal akkerbouwbedrijven neemt ieder ook jaar af, zodat het (licht afnemende) akkerbouwareaal op een afnemend aantal bedrijven komt te liggen, die dus gemiddeld in omvang toenemen. De trend van intensivering betekent dat de economische omvang van bedrijven niet alleen toeneemt in ha maar ook in kg-opbrengst en productiewaarde per ha. Het aantal eenheden SO (Standaardopbrengst) per ha neemt dus toe en daardoor ook het energieverbruik per ha, vooral omdat het aandeel rooigewassen en de kg-opbrengst per ha toenemen. Per 1.000 euro SO blijft het energieverbruik echter stabiel, zoals hierboven getoond.

Naar verwachting zal zich in de komende decennia een toename in de energie-efficiëntie voordoen. Er zijn Europese regels voor brandstofgebruik en emissies door motoren, ook in de agrarische sector, en de dieselkosten op agrarische bedrijven zijn gestegen door de afschaffing van zogenaamde 'rode diesel'. Deze 'rode diesel' werd c.q. wordt in bepaalde sectoren gebruikt met een lagere accijns dan de 'witte of standaarddiesel'. Daardoor worden landbouwtractoren en -oogstmachines de laatste jaren ook beoordeeld op hun prestaties op het gebied van brandstofefficiëntie en emissiebeperking per eenheid activiteit (uur of ha).¹⁷

Energiebesparing

Naast een overzicht van mogelijke maatregelen en hun effecten op energieverbruik is het voor een inschatting van de mogelijkheden nodig om de adoptiepercentages per maatregel in 2013 en zichtjaar 2025 te kennen c.q. te schatten of te voorspellen (tabel 4.3).

De totale besparing op energieverbruik in de akkerbouw inclusief loonwerk (in 2013 geschat op 5,231 PJ) komt uit op 4,7% ofwel 0,245 PJ per jaar. Dit percentage hangt af van de verwachte adoptiepercentages in de berekeningen. Als een adoptie van 80% aangenomen wordt voor alle maatregelen in tabel 4.3 behalve voor rijpaden, waarvoor 20% wordt aangenomen, dan stijgt de energiebesparing in de akkerbouw tot 9,2% ofwel 0,482 PJ per jaar. In deze analyse is geen inschatting van kosten en investeringen gemaakt.

De daadwerkelijke adoptiegraden per maatregel zullen sterk afhangen van het economische rendement. Als investeringen moeten worden gedaan, maar de jaarkosten zijn hoger dan de besparingen op energiekosten, dan zullen de meeste akkerbouwers die investering niet vrijwillig gaan doen. Datzelfde geldt voor aanpassingen in de bedrijfsvoering. Als de kosten hoger zijn dan de besparingen, zal het draagvlak niet breed zijn. Als bovendien de risico's op bijvoorbeeld (extra) opbrengstderving, oogst-, bewaar- en kwaliteitsverliezen, versnelde vervanging, enzovoort optreden door de te kiezen maatregelen toenemen of de maatregel is praktisch moeilijk inpasbaar in het werkpatroon op het akkerbouwbedrijf, dan zal de adoptiegraad laag zijn.

¹⁷ Die beoordeling wordt uitgevoerd door onafhankelijke instituten als het DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.).

Tabel 4.3

Mogelijke energiebesparende maatregelen in de akkerbouw, adoptiegraden in 2013 en 2025 en het effect op het energieverbruik in 2025 in vergelijking met 2013 a).

Maatregelen	Energie- verbruik sector (PJ)	Aandeel in energiever- bruik (%) b)	Energie- besparend effect (%)	Adoptiegraad (%)		Effect op energieverbruik in 2025 b)	
				2013	2025	%	PJ
Besparen op energie in de bewaring c)	1,30	75	25	12	50	7,13	0,093
Besparen op diesel bij veldwerk en transport d)	3,63	55	15	13	50	3,05	0,111
Hoogrendements- motoren e)	1,30	20	20	14	50	1,44	0,019
Hoogfrequente tl- verlichting f)	1,30	5	10	7	50	0,22	0,003
Precisielandbouw	3,63	5	10	20	50	0,15	0,005
Niet-kerende grondbewerking	3,63	20	10	5	20	0,30	0,011
Rijpadensysteem	3,63	20	10	5	10	0,10	0,004
Totaal	5,23					4,68	0,245

Noot: a) Bij het opstellen van deze tabel is uitgegaan van een onveranderd bouwplan in 2025 in vergelijking met 2013. In werkelijkheid kunnen er verschuivingen optreden doordat er in de toekomst mogelijk 1) akkerland gebruikt gaat worden voor melkveehouderij; 2) gewassaldi onderling gaan verschuiven door veranderingen in de markt, waardoor bouwplannen gaan veranderen; 3) kg-opbrengsten per ha verder gaan stijgen, 18 waardoor het aan volumes gekoppelde energieverbruik (zoals bewaring en transport) toeneemt. Deze autonome gewas- en rasontwikkeling wordt wellicht gecompenseerd door autonome efficiëntieverbeteringen bij energieverbruik; 4) vergroeningseisen vanuit het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) van de EU verder toenemen, waardoor gewasarealen gaan veranderen; b) Van de betreffende energiesoort op de betreffende regel (met name diesel en elektra). Bij bewaring gaat het om elektra, dus daar is de besparing in 2025 op elektra (directe termen) $75\% * 25\% * (50-12)\% = 7,1\%$; dit percentage geeft op een huidig verbruik (in 2013) van 1,3 PJ (het totale elektraverbruik uit figuur 4.2) een besparing van 0,09 PJ. Hierbij gaan we uit van een onveranderd aandeel bewaring van de geoogste producten; c) De adoptie in 2013 is een gecombineerde inschatting op basis van de data in figuur 4.1 over de Cosinus-phi verbeteraar en de debietregeling van ventilatoren, die beide effect hebben op het elektriciteitsgebruik. Daarvan is een groot deel toe te schrijven aan bewaring; d) Hierbij is een inschatting gemaakt van het totaaleffect van de maatregelen in tabel 3.2 Voor de adoptie in 2013 is aangenomen dat dit percentage even groot is als de adoptie van de periodieke keuring van trekkers in figuur 4.4. De energiebesparing is hier lager ingeschat dan bij de melkveehouderij, omdat een deel van het veldwerk is uitgesplitst naar 'precisielandbouw', 'niet-kerende grondbewerking' en 'rijpadensysteem'. Aangenomen is dat van het totale dieselgebruik voor veld- en transportwerk 5, 20 en 20% veroorzaakt wordt door efficiëntieverlies door geen precisielandbouw, wel kerende grondbewerking en geen rijpadensysteem toe te passen. Wel zijn de maatregelen zowel op het dieselgebruik door de akkerbouwbedrijven zelf als door de loonwerkers in rekening gebracht, in 2013 in totaal 3.63 PJ; e) Het betreft hier vooral elektromotoren, zoals pompen en transportbanden in of nabij de agrarische gebouwen. Een nadere inschatting van hun aandeel op het elektriciteitsgebruik zou gemaakt moeten worden om tot een exacte besparing te komen; f) Hoogfrequente tl-verlichting kenmerkt zich door een elektronisch voorschakelapparaat (VSA). Dat gebruikt minder energie dan een mechanische of magnetische VSA (starter) in conventionele tl (ongeveer 5 in plaats van 10 tot 15 Watt); www.duurzaammb.nl/tips/tip/1003/hoogfrequente-tl-verlichting-hf-tl). De besparing is geschat op 10%, aangenomen dat de starter na het opstarten van de tl-verlichting geen energie meer vraagt.

Bronnen: BoerenKlimaat.nl, 2013 en berekeningen LEI op basis van de tabellen in dit hoofdstuk.

Duurzame energieproductie

In deze paragraaf gaat het over zonne- en windenergie en biovergisting (aansluitend bij tabel 4.2).

- Windenergie. Aangenomen dat de 181 akkerbouwbedrijven met een windmolen in 2013 hetzelfde gemiddelde vermogen hadden als in 2010, dan was het totale vermogen aan windenergie uit de akkerbouwsector in 2013 ruim 250 MW. Afhankelijk van de mogelijkheden die het RO-beleid geeft,

¹⁸ Bedoeld is in de eerste plaats door veredeling; een eventuele verhoging van opbrengsten door klimaatverandering (temperatuurstijging) in de periode tot 2025 is waarschijnlijk verwaarloosbaar.

zal dit vermogen in een voorzichtige variant gelijk blijven en bij een optimistische variant verdubbelen tot 500 MW;¹⁹

- Het aantal vergisters (7) is klein en is in deze inschatting qua vermogen en perspectieven voor 2025 buiten beschouwing gelaten;
- Volgens het CBS (2014) was de landbouw in 2013 verantwoordelijk voor 3% van 1.809 TJ ofwel een kleine 55 TJ zonnewarmte. Het CBS verwacht daarin de komende jaren geen groei. Stel dat ditzelfde percentage voor zonne-elektriciteit geldt, dan is de zonneproductie uit de landbouw 3% van 504 ofwel ruim 15 miljoen kWh. Bij een totaal van 2.760 bedrijven in de verschillende agrarische sectoren is de productie per bedrijf gemiddeld 5.500 kWh per jaar. In een voorzichtige en optimistische variant neemt het aantal bedrijven met zonne-elektriciteitsproductie tot 2025 toe met een factor 4 of 8, in de akkerbouw dus tot 2.000 of 4.000, met een totale elektriciteitsproductie van 11.000 MWh of 22.000 MWh (in 2013 naar schatting 2.800 MWh).

Aan de kant van duurzame energieproductie zijn de volgende ontwikkelingen te verwachten:

- De aanleg van zonnepanelen zal blijven doorgaan zolang de saldering van stroomproductie- en verbruik goed geregeld is. Een factor hierbij is dat de verplichting om asbestdaken van agrarische bedrijven te vervangen in de praktijk gecombineerd wordt met de aanleg van zonnepanelen, een kostenefficiënte en in veel gevallen gesubsidieerde oplossing middels de zogenaamde 'Asbest voor panelen'-regeling. Ter illustratie: tussen 2012 en 2013 nam het aantal bedrijven in de Innovatiemonitor met zonne-energie toe van 8 naar 29%;²⁰
- De bouw van nieuwe windmolens wordt beperkt door regels over ruimtelijke ordening. Het verkrijgen van de benodigde vergunningen is een langdurig en complex proces. Voor zover windmolens al toegestaan worden, dan is dat veelal in een zogenaamde 'lijnopstelling' of in de vorm van een 'windpark', anders gezegd op door de overheid aangewezen plaatsen. De toename van windenergie door uitbreiding op landbouwbedrijven wordt hierdoor beperkt maar niet onmogelijk. Daarnaast mag een toename van de capaciteit verwacht worden door de vervanging van kleinere door grotere (dat wil zeggen meer productieve) molens;
- Biovergisting zal vermoedelijk niet in belang toenemen door lage rendementen in combinatie met hoge (technische en economische) risico's (expert judgment van het LEI);
- De teelt van energiegewassen zal in Nederland van beperkte omvang blijven, omdat de productie van biobrandstoffen relatief weinig toegevoegde waarde voor de sector oplevert. Momenteel ziet men meer kansen in BBE-toepassingen van akkerbouwgrondstoffen;²¹

De omschakeling naar biodiesel, PPO, elektra of waterstof is economisch gezien niet rendabel.²² Die kan onder meer worden gestimuleerd met subsidies of worden opgelegd met regelgeving.

Kanttekeningen

In een 'ideale aanpak' van deze studie zou men per Informatienetbedrijf moeten kijken wat er mogelijk is en die bevindingen gewogen opschalen naar sectorniveau. Daarvoor is de beschikbare tijd in dit project te beperkt. Er is vooral aandacht besteed aan het energieverbruik per ha akkerbouwgewassen. Eigenlijk zou er ook gekeken moeten worden naar ton product en wel op twee manieren: a) de kg-opbrengsten per ha vertonen een stijgende trend, waardoor de inzet voor oogst, transport, bewaring en verwerking ook in energietermen toeneemt. Tegelijkertijd is er een dalende trend in energieverbruik per ha, waardoor het energieverbruik per kg product nog sterker daalt.

¹⁹ In het beschikbare materiaal is wel gepubliceerd over het totaal aantal windmolens en hun vermogen maar niet gespecificeerd voor de akkerbouw. Vandaar dat een schatting door het LEI nodig was. De aangegeven verdubbeling is een combinatie van toename van het aantal molens en een vergroting van de capaciteit van de aanwezige molens.

²⁰ Vermoedelijk is dit percentage aan de hoge kant. Data uit de Landbouwtelling laten lagere aantallen zien. Dit zou nader uitgezocht moeten/kunnen worden.

²¹ BBE = Biobased economy, wat betrekking heeft op de productie van grondstoffen en materialen uit hernieuwbare (voornamelijk agrarische) grondstoffen, maar van hogere toegevoegde waarde dan biobrandstoffen. Bioplastics zijn hiervan een voorbeeld. De voor de komende jaren verwachte groei in de vraag naar biobrandstoffen is overigens beperkt, te weten enkele procenten per jaar (W. Sederel, Biobased Delta, pers. med., 2015).

²² Er kunnen uiteraard ook niet-economische motieven zijn voor de omschakeling naar andere energiebronnen, bijvoorbeeld door betrokkenheid van boeren en tuinders met de energie- en klimaatproblematiek.

Conclusie

Bij alle onzekerheden over de ontwikkeling van het bouwplan, door markt- en beleidsveranderingen, en over efficiëntieverbeteringen in het energieverbruik, is het denkbaar dat de akkerbouw in 2025 per saldo energieproducent zal zijn. Energiebesparing zal hieraan een bescheiden bijdrage leveren.

Doorslaggevender is de groei in de elektriciteitsproductie door middel van zon PV en wind. In een voorzichtige en optimistische variant neemt het aantal bedrijven met zonne-elektriciteitsproductie tot 2025 toe met een factor 4 of 8, wat een totale elektriciteitsproductie betekent van 11.000 MWh of 22.000 MWh. Hoewel de bouw van nieuwe windmolens wordt beperkt door regels over ruimtelijke ordening, is uitbreiding op landbouwbedrijven wel mogelijk. Daarnaast mag een toename van de capaciteit verwacht worden door de vervanging van kleinere door meer productieve molens.

5 Opengrondtuinbouw

Bert Smit

5.1 Activiteiten en energieverbruik

De opengrondtuinbouw bestaat uit fruit-, bloembollen- en vollegrondsgroenteteelt en boomkwekerij. Net als in de andere hoofdstukken zijn de bedrijven in dit hoofdstuk getypeerd naar hoofdactiviteit. De data zijn vervolgens geaggregeerd naar sectorniveau; de groep 'Overige opengrondstuinbouwbedrijven' is buiten beschouwing gelaten. De post 'aardgas' in deze groep is vrij hoog, zodat het mogelijk gaat om bedrijven met productie onder glas (deze activiteiten zijn al meegenomen in de totale glastuinbouw).

In grote lijnen worden in de opengrondtuinbouw dezelfde activiteiten verricht als in de akkerbouw. De verdeling over de verschillende posten verschilt wel (zie tabellen hieronder):

- Er wordt in deze vier sectoren relatief weinig brandstof verbruikt, omdat er minder wordt gewerkt met zware tractoren en oogstmachines.
- Aardgas is vooral op bloembollen en boomkwekerijbedrijven een relatief belangrijkere post dan in de akkerbouw. Aangenomen is dat het gas verbruikt wordt voor verwarming van (vooral) bewaarruimtes en (in mindere mate) kassen.
- Op vollegrondsgroente- en bloembollenbedrijven wordt relatief veel energie verbruikt voor verwerking en bewaring van de producten.

Tabel 5.1

Energieverbruik per bedrijfstype, 2013, in PJ.

Sector	Aardgas	Elektriciteit a)	Brandstof	Overig	Totaal
Totaal opengrondsbedrijven	1,40	1,25	1,34	0,01	5,48
- Opengrondsgroentebedrijven	0,16	0,4	0,46	0	1,5
- Bloembollenbedrijven	0,63	0,43	0,39	0	1,96
- Boomkwekerijbedrijven	0,59	0,2	0,28	0	1,31
- Fruitbedrijven	0,02	0,22	0,21	0,01	0,71

a) Het elektriciteitsverbruik is in deze tabel omgerekend naar primaire termen, dus naar de hoeveelheid brandstof waarmee de elektriciteit is opgewekt (zie hoofdstuk 1).

Bron: Informatienet LEI.

Tabel 5.2

Energiekosten per bedrijf, 2013.

	Energiekosten naar type energie (euro)					Totale kosten (kEuro)	Aandeel energie in kosten (%)
	Aardgas	Elektriciteit	Brandstof	Overig	Totaal		
Opengrondsgroentebedrijven	2.100	10.500	11.800	100	24.500	407,1	6,0
Bloembollenbedrijven	13.500	21.700	20.600	900	56.700	808,3	7,0
Fruitbedrijven	300	6.100	6.400	200	13.000	283,8	4,6
Boomkwekerijbedrijven	3.300	2.500	5.300	300	11.400	341,2	3,3

Bron: Informatienet LEI.

Tabel 5.3

Totale energiekosten in de akkerbouw- en opengrondtuinbouwsectoren in 2013.

Sector	Totale kosten naar type energie (miljoen euro)				
	Aardgas	Elektriciteit	Brandstof	Overig	Totaal
Totaal opengrondsbedrijven	13,2	26,7	40,4	0,3	80,7
- Opengrondsgroentenbedrijven	1,4	8,9	13,9	0	24,2
- Bloembollenbedrijven	6,5	7,2	11,8	0	25,6
- Boomkwekerijbedrijven	5,1	4,5	8,4	0	18
- Fruitbedrijven	0,2	6,1	6,3	0,3	12,9

Tabel 5.4

Energiekosten per bedrijf, 2013, per sector verdeeld over energiesoorten.

Sector	Verdeling van energiekosten over (%)				
	Aardgas	Elektriciteit	Brandstof	Overig	Totaal
Opengrondsgroentenbedrijven	9	43	48	0	100
Bloembollenbedrijven	24	38	36	2	100
Fruitbedrijven	2	47	49	2	100
Boomkwekerijbedrijven	29	22	46	3	100

5.2 Technische mogelijkheden

Besparingsopties

In principe zijn voor de opengrondtuinbouwsectoren dezelfde energiebesparingsmogelijkheden van toepassing als in de akkerbouw. Het gaat evenwel om veel kleinere sectoren zoals uit de tabellen in dit hoofdstuk blijkt. De besparingsmogelijkheden liggen per subsector wat verschillend, afhankelijk van het type werkzaamheden waarop het accent ligt. Voor de verschillende subsectoren in de opengrondtuinbouw zijn dezelfde adoptiepercentages aangenomen als voor de akkerbouw. Evenwel is één energiebesparend effect toegevoegd, omdat het gasverbruik in met name de bloembollenteelt en de boomkwekerij relatief grote posten zijn. Aangenomen is dat het gas verbruikt wordt voor verwarming van (vooral) bewaarruimtes en (in mindere mate) kassen en dat door het plaatsen van steeds efficiëntere hoog- rendementsketels 50% van de bedrijven een besparing op gasverbruik van 25% weet te bereiken. Toevoeging van deze besparingsoptie aan tabel 5.2 en toepassing van dezelfde besparings- en adoptiepercentages voor de verschillende sectoren levert een totaalbeeld op dat in tabel 5.5 is geschetst.

In de opengrondtuinbouw is loonwerk, althans in de vorm van inhuur van bemande trekkers en machines, nauwelijks aan de orde. Die post is in deze paragraaf daarom buiten beschouwing gelaten. Wel wordt in deze sectoren veel handwerk verricht, zoals stek-, snoei- en oogstwerkzaamheden, waarvoor ook dikwijls de term 'loonwerk' wordt gehanteerd. Deze inzet van vreemde arbeid staat echter los van brandstofgebruik.

Tabel 5.5

Mogelijke energiebesparende maatregelen in de opengrondstuinbouw, gebruik makend van dezelfde bezuinigingspercentages en adoptiegraden in 2013 en 2025 als in de akkerbouw (tabel 4.2) en het effect op het energieverbruik in 2025 in vergelijking met 2013.

Sector	Energieverbruik sector 2013 (PJ)	Energiebesparing in 2025	
		Procentueel	Absoluut
Opengrondsgroentenbedrijven	1,5	4,8	0,07
Bloembollenbedrijven	1,96	6,7	0,13
Boomkwekerijbedrijven	1,31	9,6	0,13
Fruitbedrijven	0,71	4,5	0,03

a) Hiervoor zijn soortgelijke aannames gedaan als voor de akkerbouw, zoals vermeld bij tabel 4.3 (waaronder besparing op ventilatie).

Duurzame energieproductie

Op vergelijkbare wijze als bij de akkerbouw (hoofdstuk 4) is de duurzame energieproductie van de opengrondstuinbouwsectoren in kaart gebracht (tabel 5.6). Op basis hiervan zijn varianten voor 2025 geschetst.

Tabel 5.6

Duurzame energieproductie op opengrondstuinbouwbedrijven in 2010 en 2013 a), b), c).

Sector	2010			2013	
	Windmolens		Zonnepanelen/ - collectoren	Windmolens	Zonnepanelen/ - collectoren
	Aantal	Vermogen (kW)		Aantal	
Opengrondsgroente	1	850	7	1	32
Bloembollen	4	338	2	3	18
Boomkwekerij	5	5.460	12	2	50
Fruit	9	1.288	11	9	46
Totaal	19	41.094	32	15	146

Noten

- a) Het aantal bedrijven in de opengrondstuinbouw met windmolens is relatief klein. In totaal gaat het om 19 bedrijven met een totaal vermogen van 41 MW. Afhankelijk van de mogelijkheden die het RO-beleid geeft zal dit vermogen in een voorzichtige variant gelijk blijven en bij een optimistische variant verdubbelen tot ruim 80 MW.
- b) In deze sectoren komen geen vergisters voor, maar er is wel potentie om plantenresten en beschadigd c.q. afgekeurd product te vergisten.
- c) Het aantal bedrijven met zonnepanelen en -collectoren is tussen 2010 en 2013 ongeveer vervijfvoudigd (van 32 naar 146). Als een gemiddelde elektriciteitsproductie per bedrijf van 5.500 kWh per jaar wordt aangenomen en het aantal bedrijven met zonne-elektriciteitsproductie neemt in een voorzichtige en optimistische variant tot 2025 toe met een factor 4 of 8, dan betekent dat een groei van het aantal bedrijven in de opengrondstuinbouw tot 600 of 1.200, met een totale elektriciteitsproductie van 3.300 MWh of 6.600 MWh (in 2013 naar schatting 800 MWh; hierbij is aangenomen dat op de nieuwe bedrijven gemiddeld dezelfde capaciteit wordt aangelegd als op de bestaande).

Bron: CBS, Landbouwtelling 2010 en 2013, bewerking LEI.

5.3 Vooruitzichten 2025

De vooruitzichten voor de opengrondstuinbouw wijken weinig af van die voor de akkerbouw. De trend van bedrijfsvergroting zal doorgaan en (in mindere mate) intensivering/opbrengstverhoging. Bij gelijkblijvende energie-efficiëntie neemt het gemiddelde energieverbruik per bedrijf toe. In de komende decennia zal zich echter een toename in de energie-efficiëntie voordoen. Voor de sector als geheel wordt een lichte afname van het energieverbruik voorzien. Voor wat betreft elektriciteitsbesparing kunnen dezelfde opties als in de akkerbouw worden toegepast, wat leidt tot een besparing van 0,42 PJ primair. Voor diesel zijn de opties uit de akkerbouw toepasbaar op het verbruik in de bloembollen- en groententeelt. Voor de productie van windenergie door de sector is aangenomen dat die wordt begrensd door 41 MW wind op gemiddelde locaties in de ene variant, tot 80 MW waarvan de helft op gunstige locaties en de andere helft op gemiddelde locaties in de andere variant. Voor elektriciteitsproductie door zon PV kan rekening worden gehouden met 3.300 MWh tot 6.600 MWh. In de gunstigste variant (met windenergie en zon PV) blijft de opengrondstuinbouw in 2025 echter nog ver verwijderd van een energieneutrale situatie.

6 Varkenshouderij

Arjan Wisman

6.1 Activiteiten en energieverbruik

In de varkenshouderij worden fossiele brandstoffen gebruikt voor de verwarming van stallen. Verwarming is vooral van belang bij de zeugenhouderij in de kraamstal en de opfok van biggen. Bij de vleesvarkens wordt op een deel van de bedrijven (beperkt) verwarming toegepast bij opleg van jonge biggen waarvoor meestal aardgas als brandstof wordt gebruikt en in mindere mate propaangas of hout. Elektra wordt ingezet voor verlichting, ventilatie, automatische voeding en procescomputers. Ook de recent aangeschafte luchtwassers voor de vermindering van ammoniakuitstoot verbruiken veel elektriciteit.

Tabel 6.1

Energieverbruik op gespecialiseerde varkensbedrijven.

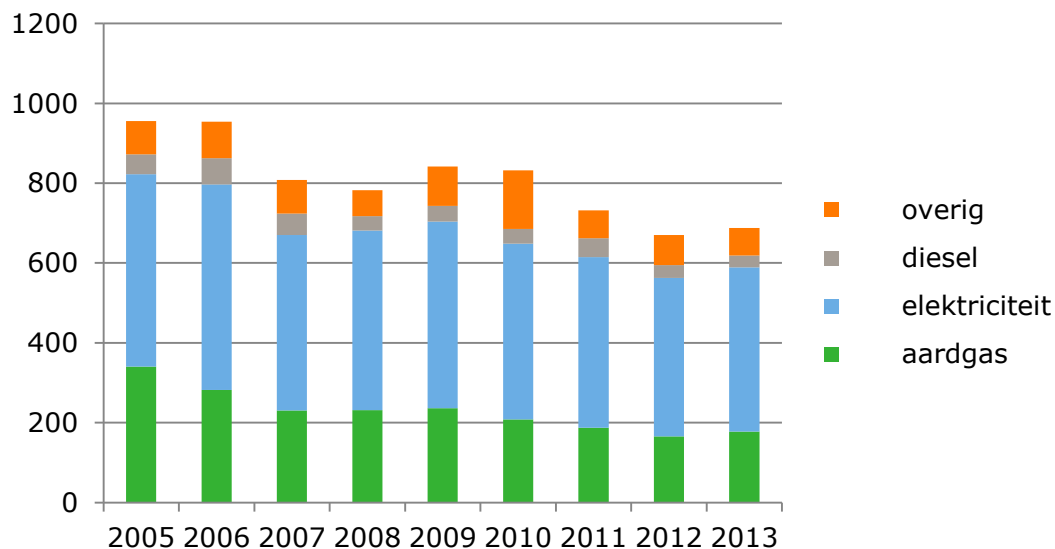
	2005	2013	Index 2013/2005 (%)
Aantal bedrijven	6.140	3.650	71
Aantal zeugen per bedrijf	175	249	142
Aantal vleesvarkens per bedrijf	833	1.459	175
Aantal omgerekende varkens per bedrijf a)	1.204	2.021	168
Aantal omgerekende varkens per bedrijfstype (x mln.)	6,2	7,4	119
Energiekosten (mln. euro per bedrijfstype)	91	89	97
Direct energieverbruik (PJ per bedrijfstype)	5,9	5,1	86
Direct energieverbruik (GJ per bedrijf)	1.150	1.390	121
Direct energieverbruik (MJ per varken per jaar)	956	688	72
w.v. aardgas	341	178	52
Elektriciteit	482	411	85
Diesel	50	30	60
Overig	83	69	83

a) 1 omgerekend varken = 0,45 zeug of 1 vleesvarken/opfokzeug.

Bron: Informatienet LEI.

Het totale energieverbruik op alle varkensbedrijven is tussen 2005 en 2013 met 14% gedaald tot 5,1 PJ, terwijl het aantal varkens bijna 20% is gegroeid (tabel 6.1). In 2013 werd per gemiddeld omgerekend varken 28% efficiënter met energie omgegaan dan in 2005 (figuur 6.1). Vooral het verbruik van aardgas per varken is sterk gedaald; in 2013 bijna de helft lager dan in 2005. De energie-efficiëntie is door allerlei bedrijfsmaatregelen gemiddeld met 4% per jaar verbeterd. Tussen de subtypen zijn er wel duidelijke verschillen te zien, die samenhangen met de houderijsystemen.

Het energieverbruik per varkensbedrijf is sinds 2005 met 21% gestegen (tabel 6.1). Die stijging is vooral veroorzaakt door schaalvergroting. Het gemiddelde varkensbedrijf in 2013 heeft bijna 70% meer varkens dan in 2005. Verwarmingskosten bepalen meer dan de helft van het energieverbruik. Circa 60% van het directe energieverbruik bestaat uit elektriciteit (omrekening vanuit primaire brandstoffen). Circa 10% van het totaal is 'overig energieverbruik': dat bestaat vooral uit propaan en in toenemende mate hout dat in houtkachels of biomassakachels wordt verbrand voor verwarming.



Figuur 6.1 Direct energieverbruik op varkensbedrijven (MJ per varken per jaar), 2005-2013.

Bron: Informatienet LEI.

6.2 Huidige productie van duurzame energie

Zonne-energie wordt in de laatste jaren meer toegepast in de varkenshouderij. Circa 10% van de varkensbedrijven heeft in 2013 zonnepanelen in gebruik voor elektriciteitsopwekking. Met subsidie-regelingen MIA/VAMIL en Energie-investeringsaftrek (EIA) wordt gestimuleerd dat bestaande asbesthoudende daken op gebouwen worden verwijderd, soms in combinatie met plaatsing van zonnepanelen voor de opwekking van duurzame energie. Daarnaast heeft bijna 10% van de varkensbedrijven in 2013 een biomassaketel voor verwarming.

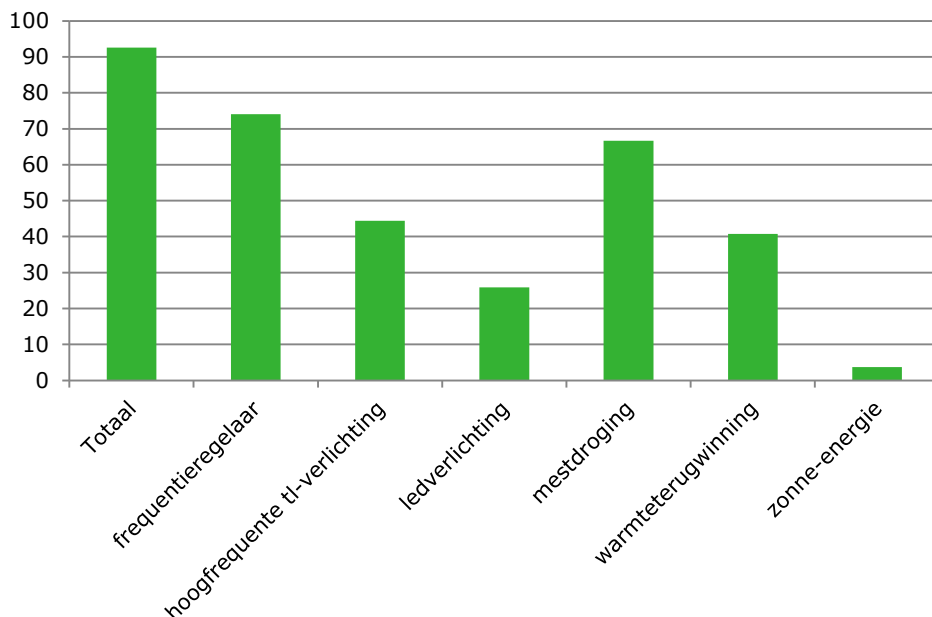
De varkensbedrijven in het Bedrijveninformatienet 2013 hebben geen biogasinstallatie. Er kunnen wel gezamenlijke initiatieven zijn, maar die worden dan gezamenlijk gefinancierd. In Nederland zijn er circa 100 biogasinstallaties. Biogasinstallaties waren vooral interessant (met subsidies, die later zijn verminderd) voor melkveebedrijven, mits die de beschikking hadden over 50% aanvullende biomassa, meestal snijmaïs. Voor de afzet van restproduct (digistaat) is veel eigen grond of dure afzet nodig. Varkensbedrijven hebben vaak weinig grond, dus de afzet van digistaat (dat wordt gezien als mest) is dan een groot probleem.

6.3 Huidige energiebesparing

In varkensstallen wordt in de zomer veel en in de winter weinig geventileerd. Ventilatie wordt vaak gebruikt om de staltemperatuur te regelen. Daardoor kunnen in de winterperiode de concentraties kooldioxide, ammoniak, stof en (ziekte)kiemen in de stal soms erg hoog zijn. Minder ventilatie wordt nog versterkt door hoge energieprijzen waardoor varkenshouders soms nog wat minder ventileren om kosten te besparen. Uitgangspunt moet zijn dat een optimaal stalklimaat blijft gewaarborgd voor de varkens door een goede combinatie van verwarming en ventilatie om de temperatuur en luchtvochtigheid op niveau te houden. Lagere temperatuur door minder verwarming kan door de dieren wel worden gecompenseerd met een hoger voerverbruik, maar dat is veel duurder. Meestal hebben vleesvarkens geen bijverwarming in de stal nodig, alleen bij erg koud weer als de vleesvarkens nog jong/klein zijn.

Circa 80% van de varkensbedrijven nam in 2013 maatregelen voor energiebesparing (figuur 6.2). Daarvan heeft het grootste deel een frequentieregelaar. Op circa een kwart van de bedrijven is in

2013 hoogfrequente tl-verlichting aanwezig. Slechts 5% van de bedrijven heeft ledverlichting. Led is energiezuiniger dan gangbare tl-verlichting. Om energie te besparen kan gangbare verlichting worden vervangen door ledverlichting. Bijna 20% van de bedrijven doet in 2013 aan warmteterugwinning.



Figuur 6.2 Aandeel (%) energiebesparende maatregelen op varkensbedrijven, totaal (één of meer maatregelen) en per maatregel in 2013.

Bron: Informatienet LEI.

6.4 Technische mogelijkheden

Bij nieuw- of verbouw van varkensstallen zijn in Nederland maatregelen verplicht om de emissie van ammoniak te reduceren. Een aantal van de daarvoor ontwikkelde technieken geeft niet alleen een verlaging van de emissie (luchtwassers), maar heeft ook negatieve effecten op het energieverbruik. Zonne-energie kan op meer varkensbedrijven worden toegepast voor energieproductie. Zonnepanelen vragen bij de start flinke investeringen die in de loop van de jaren kunnen worden terugverdiend.

Verdere mogelijkheden voor energiebesparing zijn:

- Besparing op verlichting door daglicht; in de praktijk willen boeren meestal niet te veel daglicht in de stallen want dat geeft onrust onder de dieren, vooral door meer onderling bijten en daardoor minder groei van achterblijvers, dus minder opbrengsten;
- Energiebesparing door verminderde warmteafvoer via ventilatie;
- Warmte-uitwisseling tussen in- en uitgaande lucht;
- Duurzame verwarming en koeling met een warmtepomp gecombineerd met een warmte- en koudeopslag (WKO).

Bij de laatste optie haalt een aardwarmtepomp in de winter warmte uit de bodem met een temperatuur van 8 tot 12° C en waardeert dat met elektriciteit op tot de gewenste temperatuur via vloerverwarming in de stal. De warmte uit de bodem is gratis en duurzaam. Dus hoe minder elektriciteit de warmtepomp verbruikt, hoe lager de energierekening uitvalt. Met een warmtepomp kan een veehouder in de zomer ook duurzaam koelen. De warmtepomp haalt dan door middel van een warmtewisselaar de warmte uit de stal en brengt deze in de bodem (Boerenklimaat, 2012). Bij deze luchtconditionering is minder energie nodig voor ventilatie, maar wel voor de pompen. Beide effecten zijn ongeveer even groot verondersteld.

6.5 Vooruitzichten 2025

In tabel 6.2 wordt een beeld geschetst van de autonome ontwikkelingen (inclusief het huidige beleid) en de (gedeeltelijke) toepassing van nieuwe technieken voor energiebesparing op varkensbedrijven in 2025. Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee varianten. In de ene variant (hoog) worden veel besparingstechnieken en zonnepanelen toegepast (80%), in de andere variant (laag) weinig (20%). Er is volstaan met een globale benadering omdat geen harde cijfers over mogelijke besparingspercentages per onderdeel beschikbaar zijn.

Begin 2013 moesten alle varkensbedrijven voldoen aan de nieuwste eisen voor ammoniakuitstoot. Anders zouden ze moeten deelnemen aan de zgn. stoppersregeling waarbij ze uiterlijk in 2020 stoppen met het bedrijf. Er is verondersteld dat nieuwe investeringen in luchtwassers vanaf 2014 alleen nodig zijn bij vervanging van bestaande luchtwassers of bij productiegroei van bedrijven.

Met WKO of vergelijkbare systemen kan fors bespaard worden op verwarmingskosten in combinatie met nog meer gebruik van zonnepanelen. Overigens worden die al veel door varkensbedrijven toegepast. In de hoge variant zullen niet alleen voorlopers, maar ook volgers die innovatieve technieken toepassen (80% van de bedrijven). Die maatregelen vergen echter grote investeringen die mogelijk alleen bedrijfseconomisch rendabel zijn bij nieuwbouw of renovatie. In de afgelopen jaren hebben veel bedrijven al flink geïnvesteerd in bedrijfsgebouwen om te voldoen aan de vermindering van ammoniakuitstoot waardoor de animo mogelijk niet groot is om nog meer te investeren. Dat geldt nog sterker voor varkenshouders zonder opvolger. Die factoren zijn verwerkt in de lage variant waarbij 20% van de bedrijven die nieuwe energiebesparende technieken zal toepassen.

Tabel 6.2

Schatting energieverbruik op gespecialiseerde varkensbedrijven, 2005-2025.

	Ergieneutraler				Index	
					2025/2013 (%)	
			Laag a)	Hoog b)	Laag	Hoog
	2005	2013	2025	2025	2025	2025
Aantal omgerekende varkens per bedrijfstype (x mln.) c)	6,2	7,4	7,2	7,2	97	97
Direct energieverbruik (PJ per bedrijfstype)	5,9	5,1	4,1	2,4	81	46
Direct energieverbruik (MJ per varken per jaar)	956	688	571	326	83	47
wv. Aardgas	341	178	143	107	80	60
Elektriciteit	482	411	345	149	84	36
Diesel	50	30	21	18	70	60
Overig	83	69	62	53	90	76

Noten: a) lage acceptatie: weinig besparingstechnieken+ zonnepanelen toegepast (20%);

b) hoge acceptatie: veel besparingstechnieken + zonnepanelen toegepast (80%);

c) 1 omgerekend varken = 0,45 zeug of 1 vleesvarken/opfokzeug.

Bron: Informatienet LEI voor 2005 en 2013.

Op basis van deze twee varianten, waarbij ook rekening gehouden wordt met de verwachte varkensstapel, zal het totale energieverbruik van de varkenshouderij in 2025 tussen 2,4 en 4,1 PJ liggen. Dat is een vermindering van 54% respectievelijk 19% ten opzichte van het energieverbruik in 2013.

7 Vleeskuikenshouderij

Arjan Wisman

7.1 Activiteiten en energieverbruik

Energie is voor de vleeskuikenshouderij een belangrijk onderdeel van de bedrijfskosten in de vorm van fossiele brandstoffen voor de verwarming van stallen. Naast aardgas wordt daarvoor ook propaangas, snoeihout en houtsnippers als brandstof gebruikt. Vooral in de eerste week van de groeiperiode hebben de jonge kuikens een hoge omgevingstemperatuur nodig. Hout is de hoofdmoot van de overige energie in tabel 7.1, namelijk 73% in 2013, tegenover 27% propaan.

Elektra wordt verbruikt voor verlichting, ventilatie en automatische voeding. Ook recent aangekochte luchtwassers voor de vermindering van ammoniakuitstoot en fijnstof verbruiken veel elektriciteit.

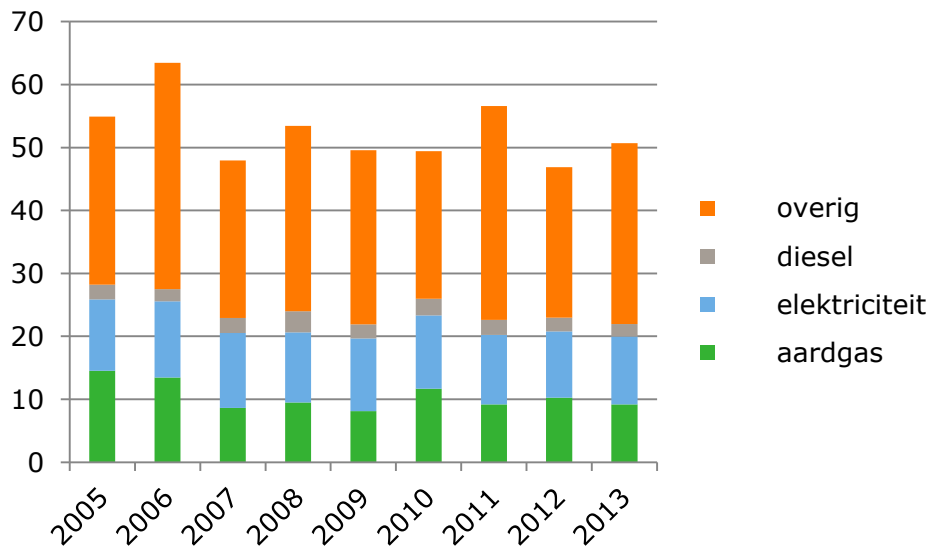
Tabel 7.1

Energieverbruik op gespecialiseerde vleeskuikenbedrijven.

	2005	2013	Index 2013/2005 (%)
Aantal bedrijven	560	430	77
Aantal vleeskuikens per bedrijf	68.100	89.200	131
Aantal vleeskuikens per bedrijfstype (x mln.)	38,1	38,4	101
Energiekosten (mln. euro per bedrijfstype)	20	24	122
Direct energieverbruik (PJ per bedrijfstype)	2,1	1,9	93
Direct energieverbruik (GJ per bedrijf)	3.740	4.520	121
Direct energieverbruik (MJ per vleeskuiken per jaar)	54,9	50,7	92
wv. Aardgas	14,5	9,2	63
Elektriciteit	11,3	10,8	95
Diesel	2,3	2,0	86
Overig	26,7	28,7	107

Bron: Informatienet LEI.

Het energieverbruik per vleeskuikenbedrijf is sinds 2005 ruim 20% gestegen (tabel 7.1). Die stijging is vooral veroorzaakt door schaalvergroting want het gemiddelde vleeskuikenbedrijf in 2013 heeft 31% meer vleeskuikens dan in 2005. Verwarmingskosten bepalen het grootste deel van het energieverbruik. Circa 20% van het directe energieverbruik bestaat uit elektriciteit (omrekening vanuit primaire brandstoffen). Ruim de helft van het totaal is 'overig energieverbruik', dat bestaat vooral uit propaan en in toenemende mate hout (brandhout, krullen, snippers, snoeihout) dat in houtkachels of biomassakachels wordt verbrand voor verwarming.



Figuur 7.1 Direct energieverbruik op vleeskuikenbedrijven (MJ per vleeskuiken per jaar), 2005-2013.

Bron: Informatienet LEI.

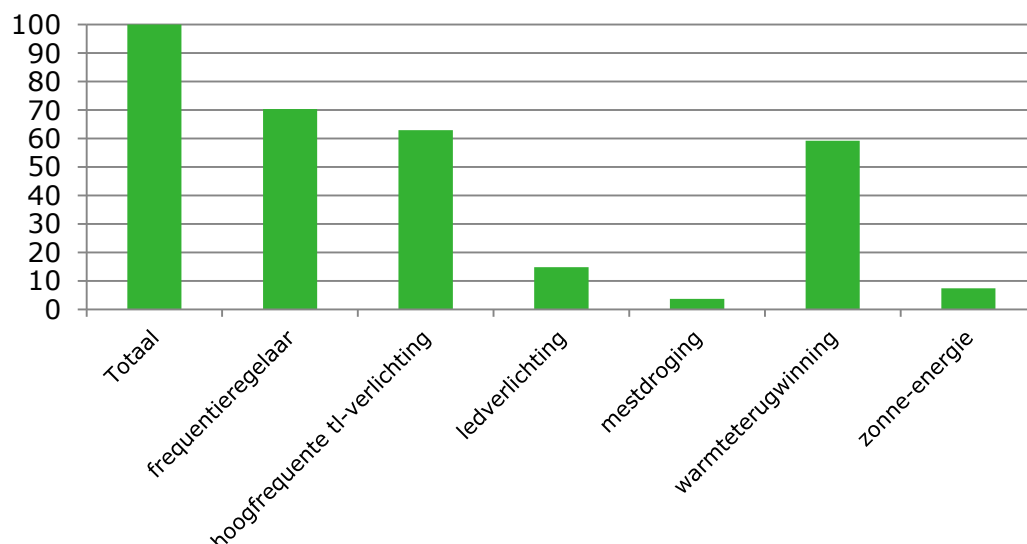
Het totale energieverbruik op alle vleeskuikenbedrijven is tussen 2005 en 2013 afgenomen met 7% tot 1,9 PJ, bij een lichte toename van het totaal aantal vleeskuikens. In 2013 wordt per gemiddeld aanwezig vleeskuiken 8% efficiënter met energie omgegaan dan in 2005 (figuur 7.1). De energie-efficiëntie is daardoor gemiddeld 1% per vleeskuiken per jaar verbeterd.

Huidige productie van duurzame energie

Bijna 10% van de vleeskuikenbedrijven in het Bedrijveninformatienet heeft zonnepanelen in gebruik voor elektriciteitsopwekking. Met het huidige subsidieregelingen MIA/VAMIL en Energie-investeringsaftrek (EIA) wordt gestimuleerd dat bestaande asbesthoudende daken op gebouwen worden verwijderd, soms in combinatie met plaatsen van zonnepanelen voor de opwekking van duurzame energie. Een kwart van de vleeskuikenbedrijven heeft in 2013 een biomassaketel voor verwarming, waarvoor meestal houtproducten worden gebruikt.

Huidige energiebesparing

Uitgangspunt is dat een optimaal stalklimaat blijft gewaarborgd voor de vleeskuikens door een goede klimaatbeheersing. Lagere temperatuur door minder verwarming kan door de dieren wel worden gecompenseerd met een hoger voerverbruik, maar dat is veel duurder.



Figuur 7.2 Aandeel energiebesparende maatregelen (%) op vleeskuikenbedrijven, totaal (één of meer maatregelen) en per maatregel in 2013.

Bron: Informatienet LEI.

Vrijwel alle vleeskuikenbedrijven namen in 2013 maatregelen voor energiebesparing (figuur 7.2). Circa 60% van de bedrijven doet aan warmteterugwinning. Tussen 60% en 70% van de bedrijven heeft een frequentieregelaar en hoogfrequente tl-verlichting en circa 15% van de bedrijven heeft ledverlichting in de stallen.

7.2 Technische mogelijkheden

Bij nieuw- of verbouw van vleeskuikenstallen zijn in Nederland maatregelen verplicht om de emissie van ammoniak te reduceren. Sommige maatregelen geven niet alleen een verlaging van de emissie, maar hebben ook een verhogend effect op het energieverbruik. In de vleeskuikenhouderij worden al duurzame stalconcepten toegepast waarbij ook op energieverbruik wordt bespaard: interne circulatie met warmtewisselaar, interne circulatie met verwarmingssysteem met afvoer rookgassen of warmwater, het TerraSea-concept en Kombidek.

Voorbeeld: TerraSea bij vleeskuikens. Vooral bij hoge buitentemperaturen wordt veel geventileerd. Bij het systeem dat bekend staat onder de naam TerraSea kan de binnenkomende lucht zowel worden gekoeld als opgewarmd. Hiertoe wordt de binnenkomende lucht langs een warmtewisselaar (zogenaamde luchtconditioner) geleid die gevuld is met water. Het water voor koeling is afkomstig uit een grondbed, waarin het opgewarmde water weer wordt opgeslagen. Dit opgewarmde water kan later weer worden gebruikt om de binnenkomende lucht op te warmen, maar ook voor vloerverwarming. Ook warmte van de dieren die afgegeven wordt aan de vloer, wordt via de slangen van de vloerverwarming afgevoerd en opgeslagen in de grond. De warmte die de kuikens zelf produceren gaat niet verloren, maar wordt in de luchtwater opgevangen en teruggewonnen. Voor TerraSea-stallen is geen gasverbruik nodig, alleen elektriciteit.

Er zijn ook andere stalconcepten. Bij de patiostal worden de daken belegd met zonnepanelen. De economische voordelen van deze stal liggen vooral op meer kuikens per beschikbare ruimte en vermindering van stress bij de dieren. Dit wordt bereikt door voorbroedeieren aan te leveren die pas op het vleeskuikenbedrijf uitkomen. Nadeel is dat de patiostal flink duurder is (+ 5 euro per kuikenplaats), wat op dit moment deels wordt gecompenseerd door Integraal Duurzame Stallen-subsidie. De innovatieve windstreekstal voor scharrelvleeskuikens zit nog in de testfase met proefstallen.

Voor de vleeskuikenhouderij zijn biogas en windmolens in het algemeen niet interessant wegens gebrek aan ruimte.

7.3 Vooruitzichten 2025

In tabel 7.2 wordt een beeld gegeven van de autonome ontwikkelingen (inclusief het huidige beleid) en de (gedeeltelijke) toepassing van nieuwe technieken voor energiebesparing op vleeskuikenbedrijven in 2025. Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee varianten. In de ene variant (hoog) worden veel besparingstechnieken en zonnepanelen toegepast (80% van de bedrijven), in de andere variant (laag) weinig (20%). Er is volstaan met een globale benadering omdat geen harde cijfers over besparingspercentages per onderdeel beschikbaar zijn.

Het zogenaamde TerraSea (of vergelijkbare systemen) kan tot forse besparingen in het netto-verbruik leiden en nog meer in combinatie met gebruik van zonnepanelen. In de hoge variant zullen niet alleen de voorlopers, maar ook volgers die innovatieve technieken toepassen. Dat vergt grote investeringen die mogelijk alleen bedrijfseconomische rendabel zijn bij nieuwbouw of renovatie. Vleeskuikenhouders zonder opvolgers zullen helemaal terughoudend zijn voor grote nieuwe investeringen voor de langere termijn. Die factoren zijn doorgerekend in de lage variant waarbij die nieuwe energiebesparende technieken op 20% van de bedrijven wordt toegepast.

Tabel 7.2

Schatting energieverbruik op gespecialiseerde vleeskuikenbedrijven, 2005-2025.

			Energie-neutraler		Index 2025/2013 (%)	
	2005	2013	Laag a)	Hoog b)	Laag	Hoog
			2025	2025	2025	2025
Aantal vleeskuikens per bedrijfstype (x mln.)	38,1	38,4	38,0	38,0	99	99
Direct energieverbruik (PJ per bedrijfstype)	2,1	1,9	1,6	1,1	85	56
Direct energieverbruik (MJ per vleeskuiken per jaar)	54,9	50,7	43,4	28,6	86	56
wv. aardgas	14,5	9,2	6,9	2,6	75	28
elektriciteit	11,3	10,8	9,0	3,7	83	34
diesel	2,3	2,0	1,7	0,6	82	28
overig	26,7	28,7	25,8	21,8	90	76

Noten: a) lage acceptatie: weinig besparingstechnieken+ zonnepanelen toegepast (20%);

b) hoge acceptatie: veel besparingstechnieken + zonnepanelen toegepast (80%).

Bron: Informatienet LEI voor 2005 en 2013.

Op basis van deze twee varianten, waarbij ook rekening gehouden wordt met de ontwikkeling van het aantal vleeskuikens, zal het totale energieverbruik in 2025 tussen 1,1 en 1,6 PJ liggen. Dat is een vermindering van 44% respectievelijk 15% ten opzichte van het energieverbruik in 2013.

Aangenomen is dat het houderijsysteem niet wezenlijk zal veranderen. Als het aandeel 'langzaam groeiende' kuikens veel groter wordt, onder druk van de marktvraag, zal het energieverbruik per kuiken in 2025 hoger uitvallen. Maar in dat geval zal het aantal kuikens vermoedelijk lager zijn.

8 Leghennenhouderschap

Arjan Wisman

8.1 Activiteiten en energieverbruik

In de leghennenhouderschap is elektriciteit belangrijk voor ventilatie, verlichting en voersystemen. Ook de luchtcirculatie voor het drogen van mest (mestbandbeluchting) vraagt veel elektriciteit. Jonge hennen hebben in het begin wel een hogere staltemperatuur nodig, vooral op enkele bedrijven die ook zelf opfokken. Later in de legperiode is alleen bijverwarming nodig bij erg koud weer. De productie van de eigen lichaamswarmte is in de meeste gevallen voldoende zonder aanvullende warmtebronnen in de stallen.

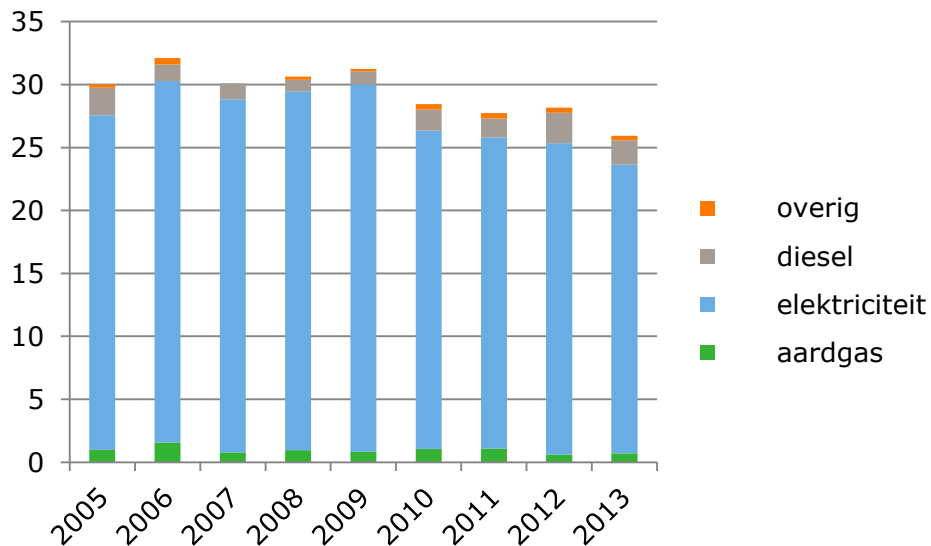
Tabel 8.1

Energieverbruik op gespecialiseerde leghennenbedrijven.

	2005	2013	Index 2013/2005 (%)
Aantal bedrijven	750	690	92
Aantal leghennen per bedrijf	41.000	57.100	139
Aantal leghennen per bedrijfstype (x mln.)	30,8	39,4	128
Energiekosten (mln. euro per bedrijfstype)	12	17	146
Direct energieverbruik (PJ per bedrijfstype)	0,92	1,02	111
Direct energieverbruik (GJ per bedrijf)	1.230	1.480	120
Direct energieverbruik (MJ per leghen per jaar)	30,0	25,9	86
wv. aardgas	1,0	0,7	72
elektriciteit	26,6	22,9	86
diesel	2,2	1,9	88
overig	0,2	0,4	144

Bron: Informatienet LEI.

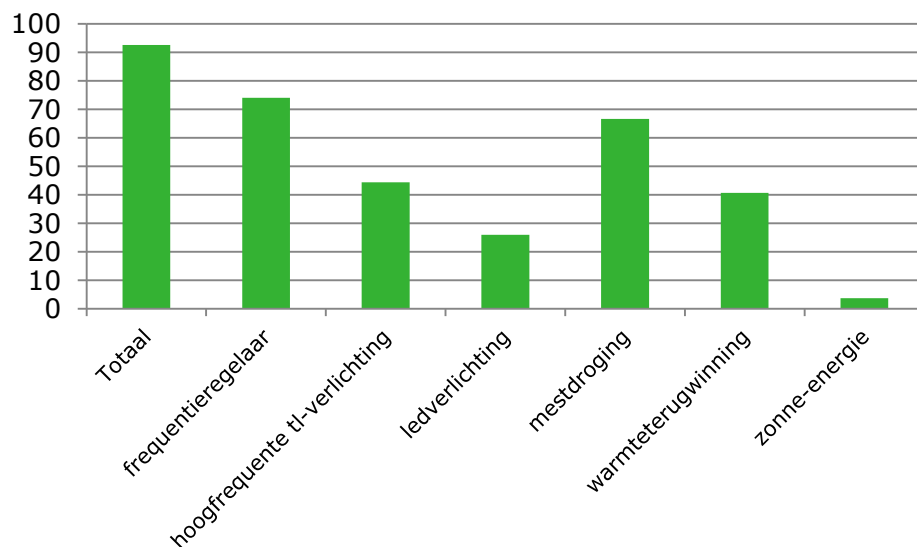
Het energieverbruik per leghennenbedrijf is sinds 2005 met 20% gestegen (tabel 8.1). Die stijging is vooral veroorzaakt door schaalvergroting. Het gemiddelde leghennenbedrijf heeft in 2013 bijna 40% meer leghennen dan in 2005. Bijna 90% van het directe energieverbruik bestaat uit elektriciteit (omrekening vanuit primaire brandstoffen). Een klein deel van het totaal is 'overig energieverbruik', dat bestaat onder andere uit hout dat in houtkachels of biomassakachels wordt verbrand voor verwarming. Het totale energieverbruik op alle leghennenbedrijven is tussen 2005 en 2013 met 11% gestegen naar ruim 1 PJ, terwijl het totaal aantal leghennen in dezelfde periode bijna 30% is toegenomen. In 2013 wordt per leghen gemiddeld 14% efficiënter met energie omgegaan dan in 2005 (figuur 8.1). De energie-efficiëntie is gemiddeld met bijna 2% per hen per jaar verbeterd.



Figuur 8.1 Direct energieverbruik op leghennenbedrijven (MJ per leghen per jaar), 2005-2013.

Bron: Informatienet LEI.

Bijna 10% van de leghennenbedrijven gebruikt in 2013 zonnepanelen voor elektriciteitsopwekking. Met het huidige subsidieregelingen MIA/VAMIL en Energie-investeringsaftrek (EIA) wordt gestimuleerd dat bestaande asbesthoudende daken op gebouwen worden verwijderd, soms in combinatie met plaatsen van zonnepanelen voor de opwekking van duurzame energie. Bij een kleinverbruiker met een aansluiting tot 3 x 80 A kan onbeperkt opgewekte stroom worden terug geleverd aan het elektriciteitsnet. Vooral in de zomermaanden wordt vaak meer elektriciteit opgewekt dan verbruikt. Bij een aansluiting groter dan 3 x 80 A (grootverbruiker) mag niet gesaldeerd worden. In dat geval kan de grootverbruiker via de SDE+regeling maximaal 14,1 eurocent subsidie ontvangen per opgewekt kilowattuur.



Figuur 8.2 Aandeel energiebesparende maatregelen (%) op leghennenbedrijven, totaal (één of meer maatregelen) en per maatregel in 2013.

Bron: Informatienet LEI.

Ruim 90% van de leghennenbedrijven nam in 2013 maatregelen voor energiebesparing (figuur 8.2). Circa 40% van de bedrijven doet aan warmteterugwinning. Bijna 80% van de bedrijven heeft een frequentieregelaar en bijna de helft van de bedrijven heeft hoogfrequente tl-verlichting in 2013. Drogings van pluimveemest door luchtcirculatie kost daarentegen juist meer elektriciteit. Die mestdroging wordt toegepast door twee derde van de leghennenbedrijven. De verwerking van pluimveemest in Moerdijk valt buiten afbakening van dit onderzoek. De betreffende energieproductie wordt dus niet aan de agrosector toegerekend.

8.2 Technische mogelijkheden

De huidige leghennenbedrijven voldoen sinds begin 2012 aan de nieuwe welzijnseisen door het verbod op traditionele kooihuisvesting. Het grootste deel van de eieren wordt nu geproduceerd door scharrelhennen zonder of met uitloop. Circa 15% van de eieren wordt geproduceerd door hennen in verrijkte kooien en koloniehuisvesting. Door de nieuwbouw of verbouw van de overgeschakelde bedrijven zijn vaak ook direct maatregelen meegenomen voor energiebesparing bij ventilatie en verlichting. Ook door meer gebruik van een klimaatcomputer is de eerste ronde aan besparingsmogelijkheden op veel bedrijven wel gerealiseerd. Verhoging van de dierbezetting tot de maximale aantal dieren per m² kan het verbruik van elektriciteit per dier verder verlagen. Door minder mestbandbeluchting toe te passen kan mogelijk wel bespaard worden op elektriciteit, maar dan kan niet worden voldaan aan eisen voor droge pluimveemest en/of de beperking van de ammoniakemissie. Door meer gebruik van hoogfrequente tl-verlichting, ledverlichting en warmteterugwinning kunnen sommige bedrijven nog verder besparen op het elektriciteitsverbruik.

Voor de sector is windenergie in het algemeen geen optie wegens gebrek aan ruimte.

8.3 Vooruitzichten 2025

In tabel 8.2 wordt een beeld geschetst van de autonome ontwikkelingen (inclusief het huidige beleid) en de verdere energiebesparing in combinatie met meer toepassing van zonnepanelen in 2025. Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee varianten. In de ene variant (hoog) worden veel besparings-technieken en zonnepanelen toegepast (80% van de bedrijven), in de andere variant (laag) weinig (20%). Er is volstaan met een globale benadering omdat geen harde cijfers over besparings-percentages per onderdeel beschikbaar zijn.

In de hoge variant zullen de innovatieve technieken niet alleen door voorlopers maar ook door volgers toegepast. Door de ruime toepassing van zonnepanelen zal het elektriciteitsverbruik per saldo sterk dalen. In de afgelopen jaren hebben veel leghennenbedrijven al flink geïnvesteerd in de omschakeling naar alternatieve huisvesting omdat per 1 januari 2012 de traditionele kooihuisvesting verboden is. Voor de sector wordt daarom geen intensivering verondersteld. Mede door de slechte bedrijfsresultaten in de afgelopen jaren (2011 en 2013), zijn er ook weinig middelen voor nieuwe investeringen. Die factoren zijn tot uitdrukking gebracht in de lage variant, waarbij 20% van de bedrijven die nieuwe energiebesparende technieken en/of zonnepanelen zal toepassen.

Tabel 8.2

Schatting energieverbruik op gespecialiseerde leghennenbedrijven, 2005-2025.

	2005	2013	Energie-neutraler		Index 2025/2013 (%)	
			Laag a)	Hoog b)	Laag	Hoog
			2025	2025	2025	2025
Aantal leghennen per bedrijfstype (x mln.)	30,8	39,4	39,0	39,0	99	99
Direct energieverbruik (PJ per bedrijfstype)	0,92	1,02	0,85	0,37	83	36
Direct energieverbruik (MJ per leghen per jaar)	30,0	25,9	21,7	9,4	84	36
wv. aardgas	1,0	0,7	0,6	0,5	90	76
elektriciteit	26,6	22,9	19,0	7,1	83	31
diesel	2,2	1,9	1,7	1,5	90	76
overig	0,2	0,4	0,3	0,3	90	80

Noten: a) lage acceptatie: weinig besparingstechnieken+ zonnepanelen toegepast (20%);

b) hoge acceptatie: veel besparingstechnieken + zonnepanelen toegepast (80%).

Bron: Informatienet LEI voor 2005 en 2013.

Op basis van deze twee varianten, waarbij rekening gehouden wordt met een vrij stabiele leghennenstapel, zal het totale energieverbruik in 2025 tussen 0,37 en 0,85 PJ liggen. Dat is een vermindering van 64% respectievelijk 17% ten opzichte van het energieverbruik in 2013.

9 Vleeskalverenhouderij

Arjan Wisman

9.1 Activiteiten en energieverbruik

Energie is belangrijk voor de vleeskalverenhouderij in de vorm van aardgas voor verwarmen van de stal en kalvermelk. De brandstoffen daarvoor worden in de laatste jaren steeds meer geleverd door biomassa (hout). De jonge (blank)vleeskalveren hebben vooral tijdens in de eerste maanden een hogere omgevingstemperatuur nodig. Elektra wordt vooral gebruikt voor ventilatie, verlichting en warmwatervoorziening. Verwarming van ventilatielucht of gebruik van luchtwassers vraagt ook veel elektriciteit.

Tabel 9.1

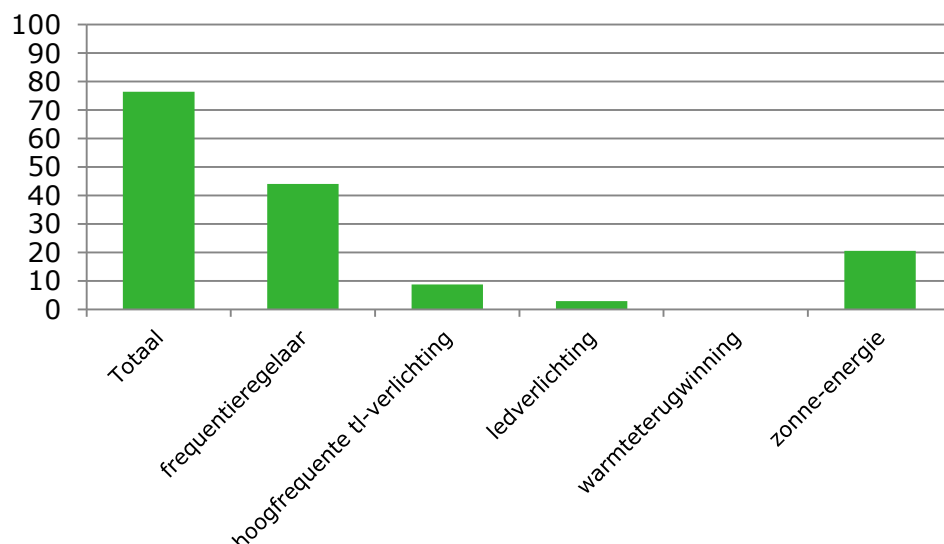
Energieverbruik op gespecialiseerde vleeskalverenbedrijven (blankvlees op contractbasis), 2013.

	2013
Aantal bedrijven	570
Aantal vleeskalveren per bedrijf	822
Aantal vleeskalveren per bedrijfstype (x mln.)	0,47
Energiekosten (mln. euro per bedrijfstype)	11
Direct energieverbruik (PJ per bedrijfstype)	0,78
Direct energieverbruik (GJ per bedrijf)	1.374
Direct energieverbruik (MJ per vleeskalf per jaar)	1.672
w.v. aardgas	237
elektriciteit	462
diesel	101
overig	871

Bron: Informatienet LEI.

Circa 20% van de vleeskalverenbedrijven maakt gebruik van zonne-energie voor elektriciteits-opwekking. Ruim een derde van vleeskalverenbedrijven gebruikt in 2013 een biomassaketel voor verwarming, waarvoor meestal houtproducten (brandhout, krullen, snippers, snoeihout) worden verbrand in houtkachels of biomassakachels.

Uitgangspunt is dat een optimaal stalklimaat blijft gewaarborgd voor de vleeskalveren door een goede combinatie van verwarming en ventilatie om de temperatuur en luchtvochtigheid op niveau te houden.



Figuur 9.1 Aandeel energiebesparende maatregelen (%) op vleeskalverenbedrijven, totaal (één of meer maatregelen) en per maatregel in 2013.

Bron: Informatienet LEI.

Driekwart van de vleeskalverenbedrijven nam in 2013 maatregelen voor energiebesparing (figuur 9.2). Bijna de helft van de bedrijven heeft een frequentieregelaar. Hoogfrequente tl-verlichting wordt door circa 10% van de bedrijven toegepast.

9.2 Technische mogelijkheden

De huidige vleeskalverenbedrijven voldoen in Nederland sinds 2004 aan de nieuwe welzijnseisen door het verbod op individuele huisvesting. Vanaf 8 weken leven de vleeskalveren in groepshuisvesting. Ook moeten de kalverhouders zorgen voor een goed ventilatiesysteem en voldoende daglicht in de stallen. De dieren krijgen twee- tot driemaal per dag kunstmelk via geautomatiseerde bereiding en voeding. Daarvoor is veel energie nodig. Door nieuwbouw of verbouw naar groepshuisvesting zijn vaak ook direct maatregelen meegenomen voor energiebesparing bij ventilatie, verlichting en automatisering van de kunstmelkbereiding. Door meer toepassing van hoogfrequente tl-verlichting, ledverlichting en warmteterugwinning kunnen sommige bedrijven nog verder besparen op het elektriciteitsverbruik. Bij nieuw- of verbouw van een vleeskalverenstal zijn in Nederland maatregelen verplicht om de emissie van ammoniak te reduceren. Sommige maatregelen geven niet alleen een verlaging van de emissie, maar hebben ook effect op het energieverbruik, zoals bij gebruik van luchtwassers.

Voorbeeld: V-vormige mestband voor gescheiden afvoer van mest en urine.

In dit systeem vindt gescheiden opvang en afvoer van mest en urine plaats door middel van een V-vormige mestband onder de roostervloer. Doordat de mestband V-vormig is en in de lengterichting ook onder een licht afschot is geplaatst, wordt de urine continu afgevoerd naar een afgesloten mestopslagruimte. De vaste mest wordt van de mestbanden verwijderd door de banden minimaal tweemaal per dag volautomatisch af te draaien. Door de urine en de vaste mest gescheiden op te vangen wordt de vorming van ammoniak in de stal vertraagd. Door de urine en mest vervolgens buiten de stal op te slaan wordt de emissie beperkt (LR, 2014). Het energieverbruik van de mestband is laag. Groot voordeel is dat er geen luchtwasser meer nodig is waardoor veel elektriciteit wordt bespaard. Aanschaf van dit systeem valt onder de fiscale regelingen MIA en VAMIL. Daardoor kan het investeringsbedrag lager zijn en aantrekkelijk worden voor vleeskalverenbedrijven.

9.3 Vooruitzichten 2025

In tabel 9.2 wordt een beeld gegeven van de autonome ontwikkelingen (inclusief het huidige beleid) en meer energiebesparing op vleeskalverenbedrijven in 2025. Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee varianten. In de ene variant (hoog) worden veel besparingstechnieken en zonnepanelen toegepast (80% van de bedrijven), in de andere variant (laag) weinig (20%). Er is volstaan met een globale benadering omdat geen harde cijfers over besparingspercentages per onderdeel beschikbaar zijn.

In de ontwikkeling van de sector wordt geen intensivering verondersteld. Wel wordt rekening gehouden met een daling van het aantal blankvleeskalveren door de sterke vermindering van de directe betalingen vanuit het EU-landbouwbeleid.

Het gebruik van de V-vormige mestband voor gescheiden afvoer van mest en urine kan tot verdere besparingen leiden en nog meer in combinatie met toenemend gebruik van zonnepanelen. In de hoge variant passen niet alleen voorlopers deze technieken toe, maar ook volgers. Per saldo zal het elektriciteitsverbruik in deze variant sterk dalen. Hiervoor zijn grote investeringen nodig die mogelijk alleen bedrijfseconomisch rendabel zijn bij nieuwbouw of renovatie. Voor vleeskalverenhouders zonder opvolger zal de bereidheid voor grote investeringen voor de lange termijn niet voldoende groot zijn. Die factoren zijn verwerkt in de lage variant waarbij 20% van de bedrijven die nieuwe energiebesparende technieken zal toepassen.

Tabel 9.2

Energieverbruik op gespecialiseerde vleeskalverenbedrijven (blankvlees op contract), 2013-2025.

	2013	Energie-neutraler		Index 2025/2013 (%)	
		Laag a)	Hoog b)	Laag	Hoog
		2025	2025	2025	2025
Aantal vleeskalveren per bedrijfstype (x mln.)	0,47	0,45	0,45	96	96
Direct energieverbruik (PJ per bedrijfstype)	0,78	0,62	0,46	79	59
Direct energieverbruik (MJ per vleeskalf per jaar)	1.672	1.376	1.019	82	61
wv. aardgas	237	190	142	80	60
elektriciteit	462	398	206	86	44
diesel	101	91	61	90	60
overig	871	697	610	80	70

Noten: a) lage acceptatie: weinig besparingstechnieken+ zonnepanelen toegepast (20%);

b) hoge acceptatie: veel besparingstechnieken + zonnepanelen toegepast (80%).

Bron: Informatienet LEI.

Op basis van deze twee varianten zal het totale energieverbruik in 2025 tussen 0,46 en 0,62 PJ liggen. Dat is een vermindering van ruim 40% respectievelijk 21% ten opzichte van het energieverbruik in 2013.

10 Bosbouw

Jaap van den Briel en Jan Oldenburger

10.1 Activiteiten en energieverbruik

Kernactiviteiten

De officiële Nederlandse bosoppervlakte bestaat uit 373.480 ha (Schelhaas *et al.*, 2014). Ongeveer 82% van deze bosoppervlakte bestaat uit zo genaamd 'opgaand bos', 4% van bestaat uit bijzondere bosvormen (griend, hakhout, park / landgoed-bos enzovoort) en 14% bestaat uit andere type beplantingen (landschappelijke beplantingen, lanen, houtwallen, singels enzovoort) (tabel 10.1). Vrijwel de gehele oppervlakte opgaand bos heeft de potentie hout voort te brengen. Als gevolg van het feit dat natuurdoelen bij een aantal boseigenaren en -beheerders prevaleren boven de houtproductiefunctie en er een oppervlakte bos als strikt bosreservaat is aangewezen, kan slechts 80% van de oppervlakte opgaand bos daadwerkelijk tot het productieve areaal worden gerekend (tabel 10.1). Dit productieve areaal wordt veelal beheerd als multifunctioneel bos waarin naast de houtproductiefunctie ook andere bosfuncties, zoals natuur en recreatie, een rol spelen binnen het beheer.

Tabel 10. 1

De Nederlandse bosoppervlakte en verschijningsvormen (Schelhaas *et al.*, 2014).

Omschrijving	Oppervlakte (in ha)	Aandeel (%)	Houtoogst
Totale bosoppervlakte	373.480	100,0	
Opgaand bos	305.100	81,7	
Multifunctioneel bos	244.100	65,4	Houtoogst onderdeel van het bosbeheer
Bos met accent natuur	61.000	20,0	Beperkte houtoogst t.b.v. natuurdoelen
Bosreservaten	3.500	0,9	Geen houtoogst
Bijzondere bosvormen	14.050	3,8	Er komt hout vrij binnen het beheer
Overige beplantingen	54.330	14,5	Er komt hout vrij binnen het beheer

Voor de berekening van het energieverbruik door de Nederlandse bosbouw is uitgegaan van het areaal opgaand bos en dan met name het areaal dat multifunctioneel wordt beheerd, omdat daar de houtoogst in het kader van bosbeheer met name plaatsvindt.

Naast hout brengt het Nederlandse bos ook andere producten voort. Het Bedrijveninformatienet van het LEI voor de bosbouw worden de volgende vier groepen van producten en diensten die het bosbedrijf voortbrengt geïdentificeerd (Silvis en Voskuilen, 2013):

- hout, houtvezel en biomassa
- landschap-, natuurwaarden en biodiversiteit (Beheer SNL)
- jacht
- recreatie.

Wanneer het gaat om het energieverbruik binnen de Nederlandse bosbouw dan is dit voornamelijk gerelateerd aan de houtproductie/houtoogst. Het productieproces van hout binnen de Nederlandse bosbouw kan in algemene zin als volgt worden omschreven. De houtoogst vindt zowel vlaktegwijs,

groepsgewijze of via dunning²³ plaats. De belangrijkste producten zijn hout in sortimenten of langhout (rondhout, vezelhout, kisthout/profielhout, zaaghout en OSB), haardhout en in veel mindere mate houtchips (biomassa). De producten worden of direct afgevoerd dan wel langs de (bos)weg klaargelegd voor transport. Er vindt geen verdere bewerking in het bos plaats.

Het werk in de primaire productie wordt afhankelijk van de situatie door eigen personeel verricht dan wel grotendeels door aannemers en adviseurs gedaan (bleswerk en inventarisaties flora en fauna). Het merendeel (85%) van het hout wordt 'op stam' verkocht waarbij de bosexploitant (aannemer) voor oogst en afvoer zorgt. Slecht 15% van het hout wordt door het beheer zelf gevelde en aan de weg gebracht (Silvis en Voskuilen, 2013).

Mechanisatie in de Nederlandse bosbouw

De Nederlandse bosbouw staat binnen Europa bekend om zijn 'state of the art' materieel voor de oogst en transport van hout en biomassa. De Nederlandse markt voor bosbouwmachines is weliswaar klein maar innovatief in vergelijking met buurlanden, zoals Duitsland. Men loopt voorop met nieuwe machines en is meer bereid te innoveren. Dit laat zich verklaren door het feit dat de loonkosten in Nederland hoog zijn en dat het een relatief jonge bedrijfstak is met specialistische ondernemers. Er is weinig historische verknoping met het traditionele bosbedrijf en -eigendom. In Nederland zijn circa veertig bedrijven actief, variërend van eenmans-/één-machinebedrijven tot bedrijven met 10-15 machines. De markt is in te delen in de aannemers voor boswerk en meer breed georiënteerde bedrijven die diverse werkzaamheden aan kunnen. Tachtig procent van de aannemers voor boswerk is ook actief in de rondhouthandel (Koeman, pers. med., april 2015).

Naast werkzaamheden die betrekking hebben op de houtoogst, vinden er ook ander activiteiten plaats. In het kader van beheer ten behoeve van de natuurfunctie zijn dit: bestrijden van invasieve soorten, vrijstellen inheemse soorten en biotoopbomen, creëren dood hout enzovoort. Met betrekking tot de jacht gaat het om: verhuur, toezicht, organisatie enzovoort. Om de recreatie in goede banen te leiden zijn de volgende activiteiten nodig: voorlichting, toezicht, zonering, opruimen afval, onderhouden infrastructuur (paden en picknickplekken), pr enzovoort

Energieverbruik in de bosbouw

Qua energie input is zoals gezegd vooral de houtproductie, -oogst en -afvoer relevant, omdat daar relatief zware machines voor worden gebruikt, zoals harvesters en forwarders. Een deel van het dunnen en oogsten (12,5%²⁴) wordt manueel verricht (motorzaag), evenals het onderhoud (bosmaaier). Slechts bij uitzondering worden paarden voor het uitslepen van hout gebruikt, de norm is inzet de reeds genoemde harvester en forwarder voor het uitrijden van het naar sortiment gezaagd hout dan wel van bostractor met uitsleeptang voor het langhout. Een klein deel (10%) van de jaarlijkse verjongde oppervlakte (circa 1.500 ha²⁵) vindt plaats door middel van vlaktegewijze aanplant waarbij in het algemeen sprake is van terreinvoorbereiding van de kapvlakte met klepelmaaier en grondbewerking met frees of bosploeg.

De overige diensten en producten kennen een uitermate bescheiden energie input bestemd voor vervoer van personen en de verwarming (gas, brandhout enzovoort) en stroomvoorziening (elektra) van kantoor en werkschuren. Er is hiervoor uitgegaan 10% extra energie-input bovenop het energieverbruik ten behoeve van de houtoogst en terreinvoorbereiding.

In de berekening van het globale energieverbruik binnen de bosbouwsector zijn de volgende activiteiten opgenomen:

- Grondbewerking (frees/ploeg) voor aanplant (brandstof)
- Harvesters en forwarders (brandstof)
- Motorzaag en bosmaaier (brandstof)
- Transport voor toezicht enzovoort (brandstof)
- Electra, gas en biomassa/brandhout voor kantoren en werkschuren

²³ Kap van individuele bomen binnen de bosopstand(-en).

²⁴ Inschatting Probos.

²⁵ Inschatting Probos.

Voor de inschatting van het energieverbruik door de bosbouw is uitgegaan van het areaal opgaand bos. Uit dit areaal wordt jaarlijks circa 1,3 miljoen m³ rondhout (inclusief brandhout) geoogst. Dit volume komt met name vrij uit het bos dat multifunctioneel wordt beheerd, maar ook binnen het bos met accent natuur vindt enige houtoogst plaats. Het geoogste volume rondhout wordt voor 89% aan de handel geleverd. De rest van het volume wordt door de boseigenaar of -beheerder rechtstreeks als brandhout aan particulieren verkocht. Het energieverbruik voor het aan particulieren verkochte volume is niet toegerekend aan de bosbouwsector. De rest van de houtoogst met een volume van circa 1,1 miljoen m³ is wel meegenomen in de berekening van het energieverbruik.

Uit deze berekening volgt dat de Nederlandse bosbouw jaarlijks 0,068 PJ aan energie-input kent (tabel 10.2). Dit bestaat grotendeels uit de inzet van diesel en benzine voor de inzet van machines. Per hectare opgaand bos komt het energieverbruik uit op 0,22 GJ/ha.

Tabel 10.2

Energieverbruik in de Nederlandse bosbouw.

Activiteiten	Multifunctioneel bos (244.100 ha)	Bos accent natuur (61.000 ha)	Totaal (305.100 ha)
Grondbewerking (1)	0,002 PJ	0 PJ	0,002 PJ
Beheer en oogst (2+3) ²⁶	0,05 PJ	0,01 PJ	0,06 PJ
'Indirecte' kosten (4+5)	0,005 PJ	0,001 PJ	0,006 PJ
Totaal:	0,057 PJ	0,011 PJ	0,068 PJ

Bron: Probos.

Het bosbouwproductieproces kent naast energieverbruik ook energieproductie. Het geproduceerde brandhout en/of houtchips (biomassa) wordt ingezet voor verwarming van de kantoren en werkruimtes of wordt ingezet voor de opwekking van hernieuwbare energie in Nederland of het buitenland. Daarnaast wordt het product hout in de keten direct dan wel indirect omgezet in energie. Ook hebben een aantal boseigenaren en -beheerders voorzieningen, zoals zonnepanelen en windmolens geïnstalleerd.

Aan de energie opbrengsten kant kunnen de volgende zaken worden meegenomen:

- inzet van brandhout en/of biomassa voor eigen verbruik of door derden
- energie opbrengst door zonnepanelen en windmolens
- (in)directe energiewaarde van houtproducten bij doorloop in keten.

De inzet van hout uit het Nederlandse bos voor de opwekking van hernieuwbare energie is binnen verschillende onderzoeken gekwantificeerd. Het meest recente onderzoek van Boosten en Oldenburger (2014) aangevuld met een update van de haardhout oogst vanuit bos komt tot een huidige hoeveelheid uit het Nederlandse bos van 2,7 PJ²⁷ die in Nederland wordt verbruikt en daarnaast nog een hoeveelheid van 0,4 PJ die in het buitenland wordt afgezet. In totaal levert het Nederlandse bos op dit moment dus 3,1 PJ aan houtige biomassa voor hernieuwbare energie toepassingen. Dat komt neer op een hoeveelheid van 10,2 GJ/ha opgaand bos.

De hoeveelheid alternatieve energievoorzieningen die zijn opgesteld of geïnstalleerd bij Nederlandse boseigenaren en -beheerders is niet bekend. Het is dan ook niet mogelijk de hoeveelheid energie die daarmee wordt opgewekt te kwantificeren.

De (in)directe energiewaarde van houtproducten bij het doorlopen van de keten is op dit moment nog vooral een theoretisch verhaal. Zolang de producten zich in de keten bevinden, houden zij de energie vast. Pas aan het eind van hun levensloop komt deze energie vrij bij verbranding in bijvoorbeeld een

²⁶ Gerekend met 36 MJ/liter diesel.

²⁷ Gebaseerd op de energie-inhoud van het hout.

biomassa-energiecentrale. Wanneer dit concept verder is uitgewerkt dan is het mogelijk deze energie-inhoud aan de bosbouw toe te rekenen.

10.2 Technische mogelijkheden

De technische mogelijkheden voor energiebesparing en productie zijn voor de bosbouw globaal in een drietal richtingen te zoeken:

- Energieverbruik en -efficiëntie bij inzet van zwaar materieel (>100 kW) voor grondbewerking, houtoogst en transport (tot de bosrand);
- Energieverbruik van (personen)vervoer, kantoren, verblijven en werk accommodaties. Aangezien het hier van een generieke vraagstelling voor alle agrosectoren geldt en de situatie van het terreinbeheer niet wezenlijk verschilt van andere agrosectoren blijft dit hier buiten beschouwing. Per hectare vraagt de bosbouw echter veel minder energie-input op deze punten dan de landbouw;
- Mogelijkheden van bossector bij te dragen in de mobilisatie van biomassa voor bio-energie. De mogelijkheden hiertoe zijn binnen het kader van andere trajecten (Energie Akkoord en Agro-convenant) uitgewerkt en in behandeling. Het komt erop neer dat richting 2050 de Nederlandse bosbouw 1,4 PJ (circa 100 kton ds) per jaar aan houtige biomassa additioneel kan leveren (Boosten en Oldenburger, 2014).

Energieverbruik en -efficiëntie bij inzet van zwaar materieel

Dit onderdeel is mede tot stand gekomen dankzij de input van een drietal deskundigen op het gebied van bosbouw engineering en houtmarkt (zie bijlage Informanten). Allereerst dient er nogmaals gewezen te worden op het feit dat de Nederlandse 'vloot' van bosbouwmachines weliswaar modern en innovatief is maar ook erg klein en dat de dienst qua toelevering en service uitgemaakt wordt door buitenlandse fabrikanten. Alleen de grote concerns onder hen kunnen energiezuiniger machines ontwikkelen, omdat men gebruik kan maken van innovaties uit grotere markten, zoals grondverzet en landbouw.

De mogelijkheden tot betere Energie prestatie met het materieel (> 100 kW) kent globaal drie kritische aspecten:

- terrein- en werkomstandigheden (context)
- machine eigenschappen, technische ontwikkelingen en verbeterd verbruik en werkwijze
- inzet biobased - en/of hernieuwbare energie.

Terrein- en werkomstandigheden

De efficiëntie van de Nederlandse houtoogst en -transport (bos en weg) staat al sinds enige jaren onder druk en de inschatting is dat deze negatieve trend de komende jaren zal doorzetten. De volgende factoren zijn daar debet aan:

- Het productieareaal is in Nederland al erg gefragmenteerd in vergelijking met bosregio's in buurlanden, door de afname in beschikbaarheid van rondhout zal de inefficiënte bij transport van machines en (rond)hout nog meer toenemen.
- De winters zijn door de klimaatverandering in toenemende mate nat en relatief warm (boven nul) waardoor de bodemgesteldheid voor oogst extra op de efficiëntie gaat drukken. Als gevolg van de beperkte beschikbaarheid moet men het hout voor oogst in het winterseizoen in toenemende mate van natte en meer kwetsbare locaties halen.
- De geringere efficiëntie als gevolg van het naleven van natuurregelgeving, zoals de Flora- en Fauna wet. Dit is op dit moment een onzekere factor.
- De samenstelling van het Nederlandse bos is in toenemende mate gemengd (in soorten en leeftijden). Dit werkt inefficiëntie als gevolg van kleinschaligheid en extra verplaatsingskosten in de hand (transport over de weg en/of dieplader van oogst- en uitrijmachines).

Een betrouwbare schatting van het effect op de efficiency (nu tot 2025) is niet te geven. Grof en vrijblijvend geschat komt men uit op een verlies van circa 10%. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het alleen over het primaire proces van houtproductie gaat. Transport en logistiek naar de verwerker en verder in de keten is hier niet onder begrepen. Ook daar lijkt sprake van toenemende inefficiëntie,

maar nu als gevolg van aanbestedingsprocedures en certificering van de keten ('chain of custody' ten behoeve van FSC of PEFC).

Machine eigenschappen, technische ontwikkelingen en verbeterd verbruik

Het is mogelijk om bij de inzet van machines in de bosbouw te besparen op verbruik van brandstoffen, vooral voor de grotere machines, boven de 100 kW. Daartoe dienen dan wel aan een aantal voorschriften en maatregelen voldaan te worden:

- Afstelling machine (werkdruk hydrauliek, motortoerental, bandenspanning enzovoort);
- Optimalisering werkwijze (minimale rijafstanden, combineren arbeidsgangen);
- Verbetering onderhoud (koeling, juiste smeermiddelen en onderhoudsintervallen, onderhoud volgens schema fabrikant, (online) machinemanagement);
- Technische ontwikkelingen inzetten. Bijvoorbeeld door te werken met GPS en werken met online machine management. Door op afstand machines te controleren bespaart men tijd en kilometers;
- Slimmer plannen. Bijvoorbeeld door gebruik van apps, zoals de JD-Link en Timber Office. Door meer controle op machines en machinisten uit te oefenen is er besparing mogelijk. Ook kunnen werkzaamheden worden vergeleken met b.v. andere projecten. Het instellingen van machines kan worden geoptimaliseerd door gebruik te maken van gegevens van vergelijkbare machines onder vergelijkbare omstandigheden.

Volgens Wellink (pers. med., april 2015) zijn op deze wijze, in de meest optimale setting, de volgende besparingen op het brandstofverbruik te realiseren tussen 2015 en 2025:

- | | |
|--------------------------|------------|
| • grondbewerking | 20 tot 30% |
| • harvester en forwarder | 20 tot 30% |
| • motorzaag en bosmaaier | 5% |
| • transport/bezoek | 20-30% |
| • electra/gas/biomassa | 5 tot 30% |

Inzet biobased - en/of hernieuwbare energie.

De meest interessante mogelijkheden hiervoor zijn:

- brandstofbesparing door inzet hybride voertuigen
- bijmenging van biodiesel.

De verwachting is dat er in de toekomst brandstofbesparing gerealiseerd kan worden door komst van hybride voertuigen en machines. De in 2012 in Finland geïntroduceerde elektrische hybride harvester ProSilva 910EH was de eerste. Als dit doorzet zou er een besparing van 10-25% gehaald kunnen worden. Op dit moment is dit nog geen thema in de branche. Op basis van aangekondigde EU-regelgeving, die ook voor landbouwtractoren en andere machines zal gelden, is te verwachten dat de ontwikkeling zich wel doorzet.

Als gevolg van wetgeving wordt in de sector inmiddels biodiesel bijgemengd. Voor de techniek, en vooral de generatie huidige moderne motoren is dit meestal geen voordeel. Biodiesel geeft namelijk 'verontreinigingen' waardoor technische componenten meer belast worden, met name het inspuitsysteem voor de diesel. Door middel van filtering is dit ten dele op te heffen. De besparing van biodiesel in de bosbouw is vergelijkbaar met de andere agrosectoren. Het verbruik van groen gas is nog niet bekend.

10.3 Vooruitzichten 2025

Trends en ontwikkelingen in de bosbouw

De toekomst van de bosexploitatie & houtproductie in het Nederlandse bos wordt naar verwachting mede bepaald door de volgende factoren. Ten eerste is er sprake van een afnemende trend in de beschikbaarheid van subsidies voor natuurbeheer. Gecombineerd met het goede prijsniveau van dit moment raken bosbeheerders wellicht weer meer geïnteresseerd in houtproductie. Dit zou de komende jaren kunnen leiden tot een sector brede ontwikkeling richting meer productiegerichte verjonging en houtoogst. In navolging van Staatsbosbeheer zal dit zich vertalen in meer multifunctioneel beheer waarbinnen het accent op de productiefunctie wordt gelegd. Bij verjonging zal

weer vaker worden gekozen voor soorten zoals lariks, douglas en populier en ook zal er meer van vlaktegewijze herplant gebruik worden gemaakt. Het doorzetten van deze ontwikkeling is afhankelijk van de houtmarkt en de mate waarin de (particuliere) beheerders effectief gestimuleerd en ondersteund worden. Zo is het momenteel onzeker in welke mate regelgeving voortkomende uit de nieuwe natuurwet de oogst verder gaat bemoeilijken. Daarnaast lijkt een herstel van de binnenlandse houtproductie, ook gezien de uitholling van de productiecapaciteit over de afgelopen decennia, niet in voldoende mate van de grond te kunnen komen zonder doelgerichte ondersteuning door rijk en provincies.

Op dit moment is de houtmarkt weliswaar gunstig, maar de vraag is of de Nederlandse productie snel genoeg in beweging komt of dat de toenemende vraag, indien die stand houdt over een langere periode, voornamelijk door import zal worden voorzien. De richting van deze ontwikkeling zal bepalend zijn voor de mate van inzet van groot materieel voor grondbewerking, houtoogst en -transport in de toekomst. De belangrijkste factor in het energieverbruik van de bosbouw blijkt dus moeilijk te voorspellen richting 2025. Boosten en Oldenburger (2014) verwachten dat de oogst in 2020 ergens tussen de 5 en 10% zal zijn toegenomen ten opzichte van 2014.

Tabel 10.3 geeft een overzicht van de mogelijke besparingen.

Tabel 10.3

Energiebesparingsmogelijkheden in de bosbouw.

No.:	Maatregel/factor:	Geschatte E-effect: (%)	Maximale besparing bosbouw sector 2015 - 2025 (PJ) (houtoogst op huidig niveau):
1	Terrein- en werkomstandigheden	-/- 10	+ 0,0068 PJ
2	Techniek en gebruik; machines >100 kW	+ 20 - 30	- 0,017 PJ
3	Overig (motorzaag, bosmaaier, transport, CV enzovoort)	+ 5 - 30	- 0,001 PJ
4	Inzet/ bijmenging hernieuwbaar/ biobased	+ 10 - 25	-0,012
	Totaal		0,031

Bron: Probos.

Voor de berekening van de potentiële energiebesparing is uitgegaan van het huidig niveau van houtoogst. Dit potentieel wordt echter niet vanzelfsprekend gerealiseerd. Daartoe dient aan aantal randvoorwaarden te worden voldaan. De eerste is dat de werkelijke adoptiegraad van de hierboven vermelde maatregelen sterk afhangen van het economisch rendement. Pas bij hoge rendementen zullen de ondernemers de nodige investeringen willen doen.

Daarnaast zijn stimulerende en ondersteunende maatregelen van belang:

- Het aanbieden van trainingen om energiezuiniger te werken en onderhoud aan machines te optimaliseren die brandstofbesparing tot gevolg hebben;
- Subsidies richten op genoemde innovaties ten bate van verdere ontwikkeling;
- Stimulering van nieuwe technieken door middel van subsidie op aanschaf van apparatuur die zuiniger werken stimuleert; een opkoopregeling voor oude machines zou het traject versnellen en een oplossing kunnen zijn voor 'lekkage' naar het buitenland;
- Nadrukkelijker opnemen van machines die aan specifieke eisen voldoen in VAMIL/MIA regelingen en dit nadrukkelijker communiceren naar de sector.

Informanten

- Kees Boon, voorzitter van Algemene Vereniging Inlands Hout (AVIH). Bij deze branche organisatie is het merendeel van de Nederlandse bosaannemers actief;
- Robert Wellink, Managing directeur van Wellink. Dit bedrijf verkoopt hoogwaardige producten en technologie, met als doel een kostenverlaging te realiseren in de diverse 'off-road branches' zoals de bosbouwsector;
- Pieter Koeman, managing directeur van Wellinkcaesar Timber Technology BV. Het bedrijf is marktleider in machines en apparatuur voor de bosbouw, biomassa en landschapsonderhoud.

11 Opties voor energieneutrale agrosectoren

11.1 Inleiding

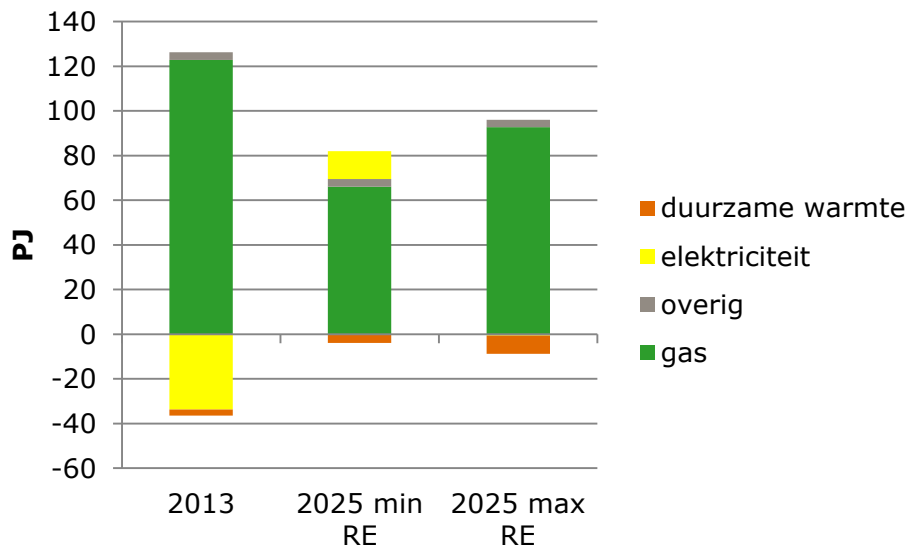
De mogelijke energiesituatie van de agrosectoren in 2025 wordt eerst geschetst (paragraaf 11.2). Voor 2025 worden twee varianten onderscheiden: de ene met minimale energiebesparing en hernieuwbare energieproductie, de andere met maximale besparing en inzet van hernieuwbaar. De informatie is afgeleid uit de voorgaande sectorhoofdstukken. De mate van energieneutraliteit van de deelsectoren wordt grafisch weergegeven met behulp van staafdiagrammen. In de figuren is het energieverbruik van de sectoren (in primaire termen) boven de x-as weergegeven, terwijl de levering van energie door de sector onder de x-as is afgebeeld. Als de beide hoeveelheden in absolute zin aan elkaar gelijk zijn, is sprake van een energieneutrale sector.

De synthese van de vooruitzichten van de deelsectoren laat zien dat dat doel nog niet binnen bereik is, zelfs niet bij de varianten met de gunstigste inzet van besparing en hernieuwbaar. Uitgaande van de betreffende vooruitzichten per deelsector, volgt daarom in paragraaf 11.3 een verkenning van aanvullende opties voor de agrosector als geheel. Hierbij is op technische basis nagegaan hoe de sectoren gezamenlijk netto-energie neutraal gemaakt zouden kunnen worden. De beschouwde opties zijn mestvergisting, windenergie, geothermie en hybride landbouwwerktuigen. De uitkomsten worden toegelicht aan de hand van hetzelfde type figuren als bij de vooruitzichten van de deelsectoren.

11.2 Vooruitzichten voor de agrosectoren

Glastuinbouw

De glastuinbouw heeft verreweg het hoogste energieverbruik van de onderscheiden sectoren. Volgens de vooruitzichten zal het gasverbruik van de sector in 2025 veel lager zijn dan in 2013 (figuur 11.1). Het verbruikssaldo neemt echter veel minder af doordat de levering van energie door de glastuinbouw daalt, door de krimpende rol van wkk. Deze daling is ingegeven door verwachte ongunstige marktomstandigheden in 2025 voor wkk. In de ene variant (2025 max RE), is er nog een kleine netto levering van stroom aan het net (600 GWh), in de andere variant (2025 min RE) wordt, naast de eigen productie door wkk, flink ingekocht (1800 GWh). De beelden zijn gebaseerd op hoofdstuk 2 van dit rapport en op aanvullende informatie uit de Energiemonitor glastuinbouw 2013. De post overig betreft inkoop van (rest)warmte. Bij de omrekening naar primaire termen is rekening gehouden met het vermeden gasverbruik bij de tuinder en met het bijkomend gasverbruik bij de leverancier van de warmte (door LEI geschat op 9,97 m³/GJ warmte). De duurzame warmte wordt geleverd uit eigen geothermische bronnen.

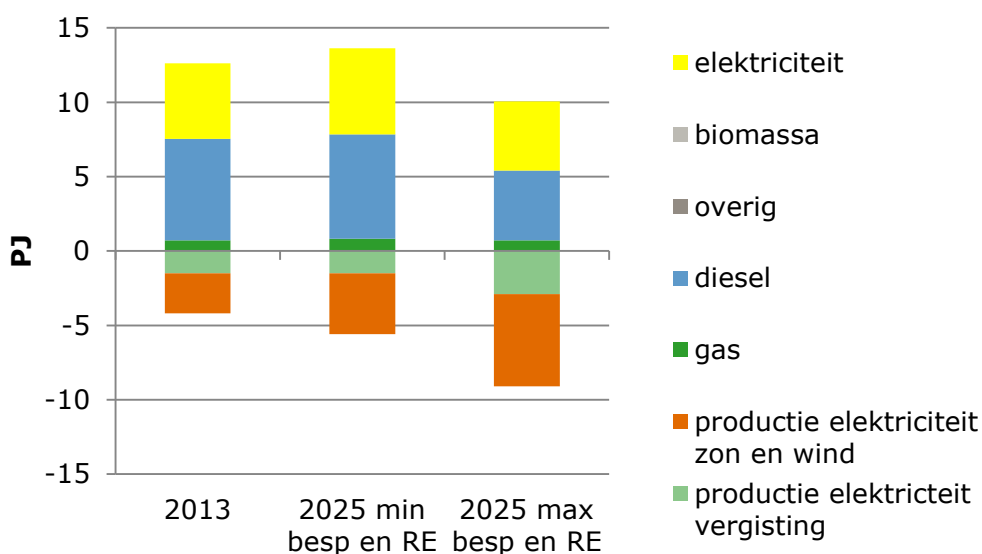


Figuur 11.1 Energievooruitzichten glastuinbouw 2025 ten opzichte van 2013.

Bron: ECN.

Melkveehouderij

De melkveehouderij is na de glastuinbouw de grootste energieverbruiker van de agrosectoren. Volgens de vooruitzichten voor 2025 kan de melkveehouderij het verbruikssaldo sterk verminderen. Terwijl het netto verbruik in 2013 is becijferd op ruim 8 PJ, kan dat in de gunstigste variant worden teruggebracht tot 1 PJ. In de figuur is het verbruik van de geitenhouderij inbegrepen. Voor de geitenhouderij zijn de besparingsopties en -effecten van de melkveehouderij proportioneel op de energiecijfers voor deze sector toegepast. Door de relatief geringe omvang van de geitenhouderij wordt het sectorbeeld er overigens nauwelijks door gewijzigd. De verbetering van de energiebalans van de sector is mede te danken aan verminderd dieselverbruik, maar vooral aan een verhoogde productie van duurzame energie. In de gunstigste variant weet de sector de energieproductie ruim te verdubbelen. De toename bestaat uit elektriciteitsproductie door middel van zon, wind en vergisting (figuur 11.2).



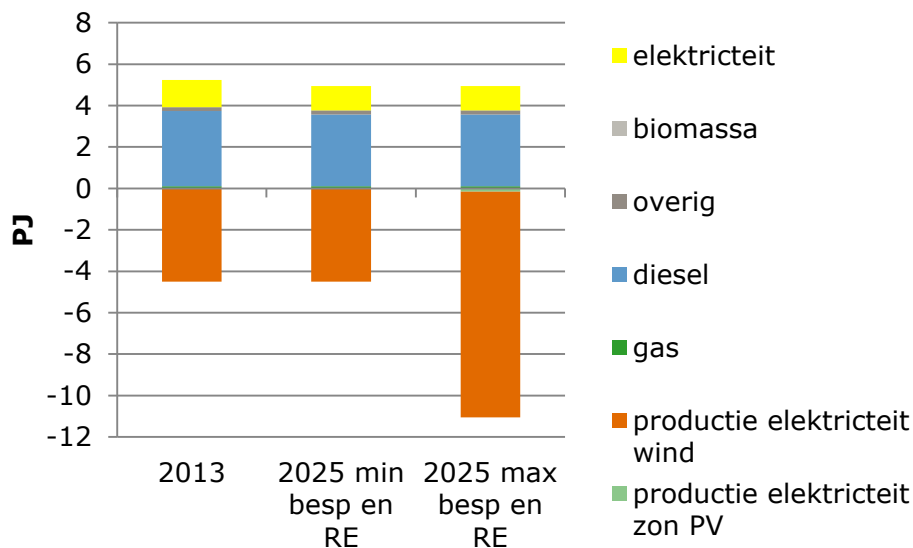
Figuur 11.2 Energievooruitzichten melkveehouderij 2025 ten opzichte van 2013.

Bron: ECN.

Akkerbouw en opengrondtuinbouw

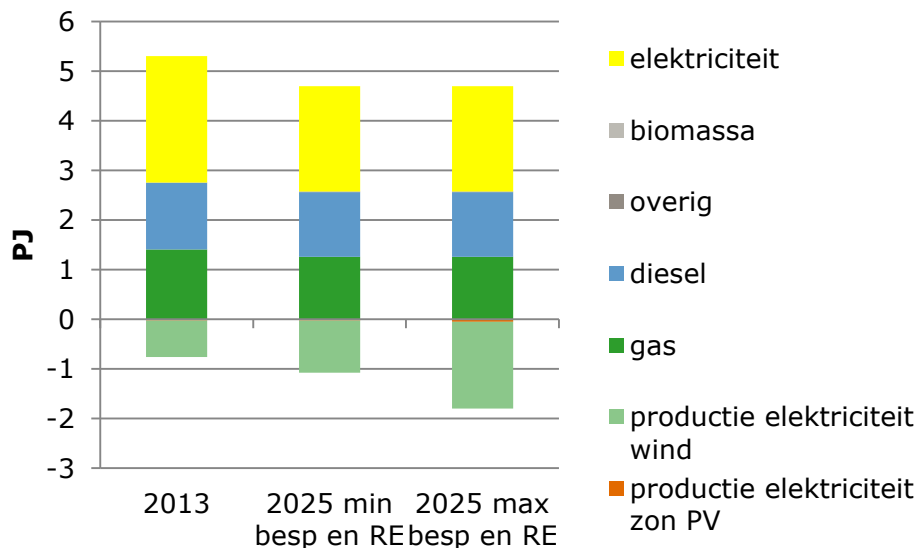
Qua energieverbruik zijn de akkerbouw en opengrondtuinbouw samen ongeveer net zo groot als de melkveehouderij. In de variant met het gunstigste verbruikssaldo is de akkerbouw in 2025 per saldo energieproducent (figuur 11.3). In de figuur is het energieverbruik (diesel) van loonwerk inbegrepen en is dezelfde energiebesparing als voor de akkerbouw verondersteld. De varianten verschillen in de aannames rond hernieuwbare energie. Voor de ene variant is uitgegaan van het laagste cijfer voor zon PV (11.000 MWh) en voor 250 MW wind gelegen op gemiddeld minder gunstige locaties (leidend tot een lager aantal vollast-uren). Voor de andere variant is gekozen voor de hoogste schatting voor zon PV (22.000 MWh) en voor 500 MW aan wind.

Anders dan de akkerbouw blijft de opengrondtuinbouw ook in de gunstigste variant ver verwijderd van een energieneutrale situatie (figuur 11.4). Voor de elektriciteitsbesparing zijn dezelfde opties als in de akkerbouw proportioneel toegepast op het verbruik in deze sector. Het verschil tussen de twee varianten is de toepassing van hernieuwbare energie. Voor de ene variant is uitgegaan van 41 MW wind op gemiddelde locaties, voor de maximale variant voor 80 MW waarvan de helft op gunstige locaties en de andere helft op gemiddelde. Voor elektriciteitsproductie door zon PV is voor de minimale variant uitgegaan van 3.300 MWh en voor de maximale variant van 6.600 MWh.



Figuur 11.3 Energievooruitzichten akkerbouw 2025 ten opzichte van 2013.

Bron: ECN.

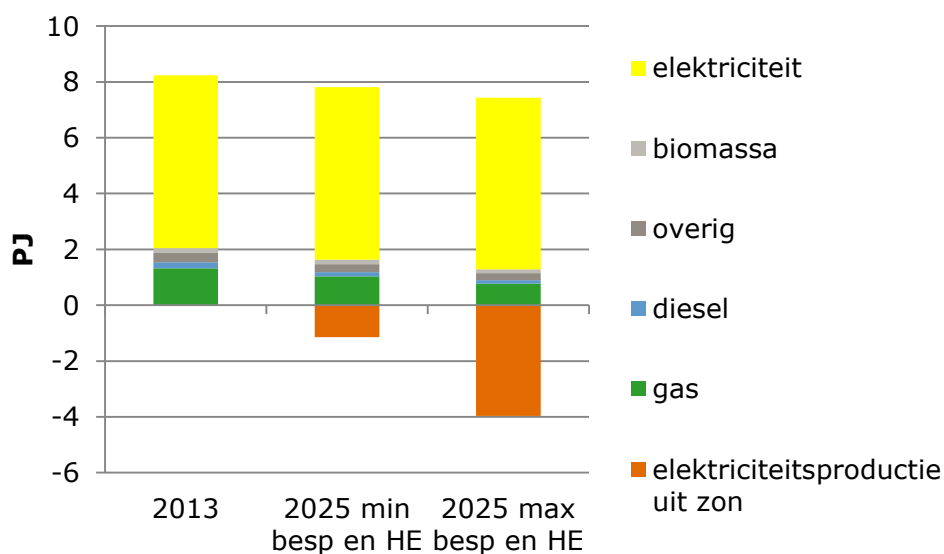


Figuur 11.4 Energievooruitzichten opengrondtuinbouw 2025 ten opzichte van 2013.

Bron: ECN.

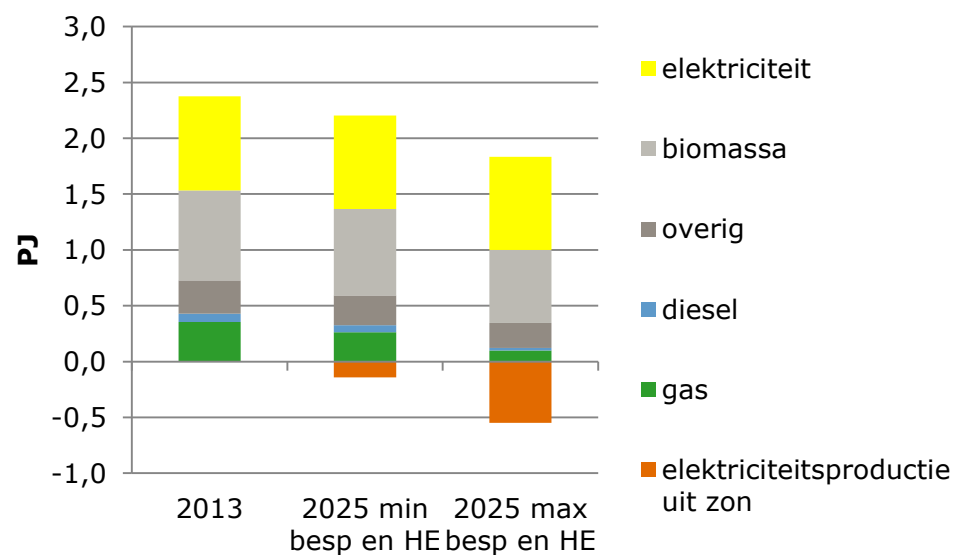
Intensieve veehouderij

Het netto-energieverbruik van de vier intensieve veehouderijsectoren gezamenlijk (varkenshouderij, vleeskuikenshouderij, leghennenshouderij en vleeskalverenhouderij) bedraagt in 2013 circa 14 PJ. Dat is vrijwel gelijk aan dat van de grondgebonden sectoren (melkveehouderij, akkerbouw en opengrondtuinbouw) samen. De varkenshouderij is binnen de intensieve veehouderij de grootste verbruiker. In de gunstigste variant weet de sector het verbruikssaldo sterk te verlagen door benutting van zon-energie, maar blijft energieneutraliteit buiten bereik (figuur 11.5). Dat geldt eveneens voor de andere sectoren (figuren 11.6, 11.7 en 11.8). Het elektriciteitsverbruik van de betreffende sectoren neemt nauwelijks af. Voor de vleeskuikenshouderij en de vleeskalverenhouderij blijft houtige biomassa een belangrijke energiedrager.



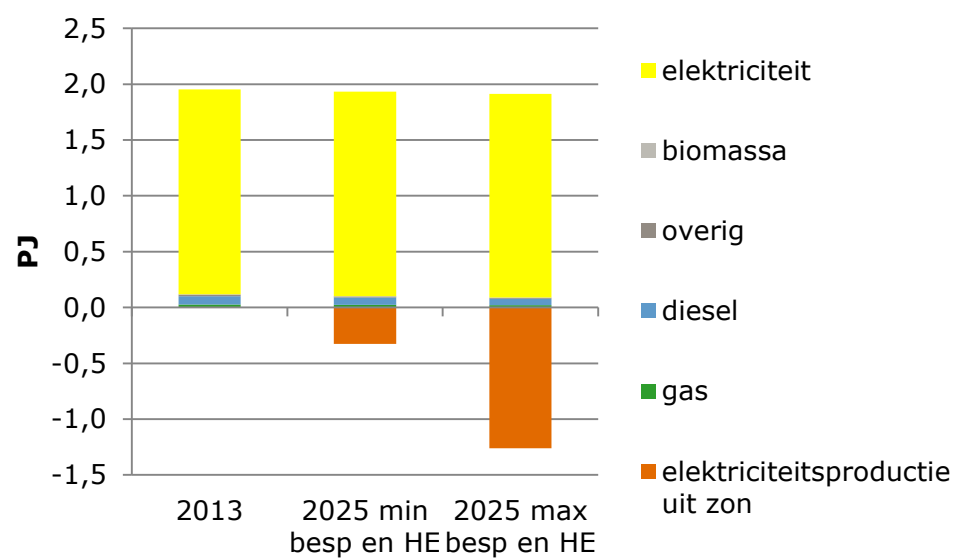
Figuur 11.5 Energievooruitzichten varkenshouderij 2025 ten opzichte van 2013.

Bron: ECN.



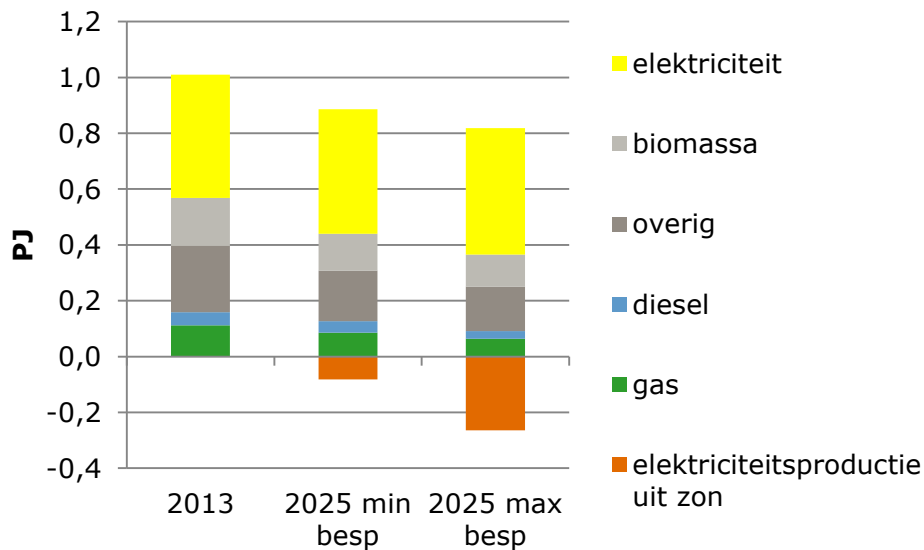
Figuur 11.6 Energievooruitzichten vleeskuikenshouderij 2025 ten opzichte van 2013.

Bron: ECN.



Figuur 11.7 Energievooruitzichten leghennenshouderij 2025 ten opzichte van 2013.

Bron: ECN.

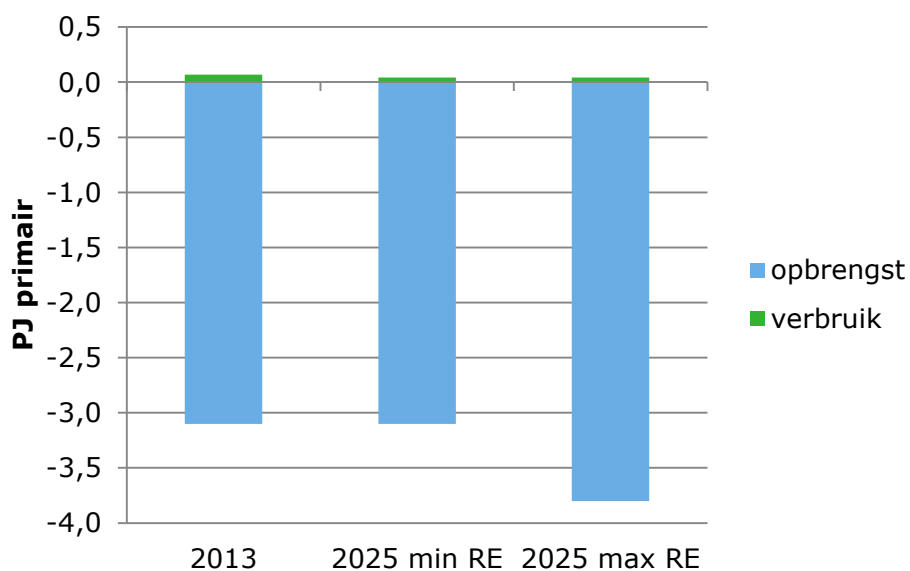


Figuur 11.8 Energievooruitzichten vleeskalverenhouderij 2025 ten opzichte van 2013.

Bron: ECN.

Productiebosbouw

De bosbouw is, in tegenstelling tot de hiervoor beschreven sectoren, in 2013 netto producent van energie. Het relatief bescheiden energieverbruik van de sector bestaat vooral uit diesel. De vooruitzichten voor 2025 wijken weinig af van het beeld in 2013 (figuur 11.9). De opbrengst bestaat uit de hoeveelheid hout dat door de sector geleverd kan worden. Voor de gunstigste variant (max RE) is aangenomen dat de helft van het bijkomend potentieel in 2050, geschat op 1.4 PJ in totaal, in 2025 bereikt kan worden.

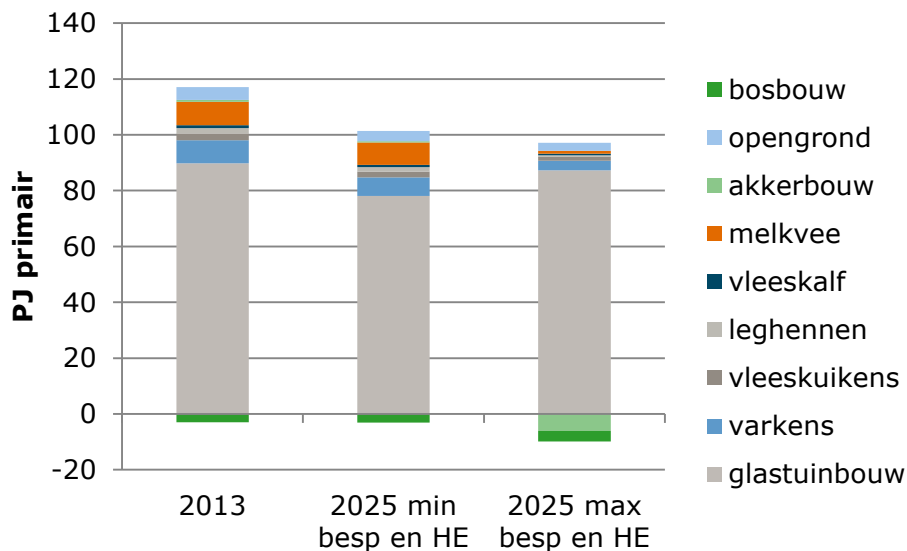


Figuur 11.9 Energievooruitzichten bosbouw 2025 ten opzichte van 2013.

Bron: ECN.

Synthese

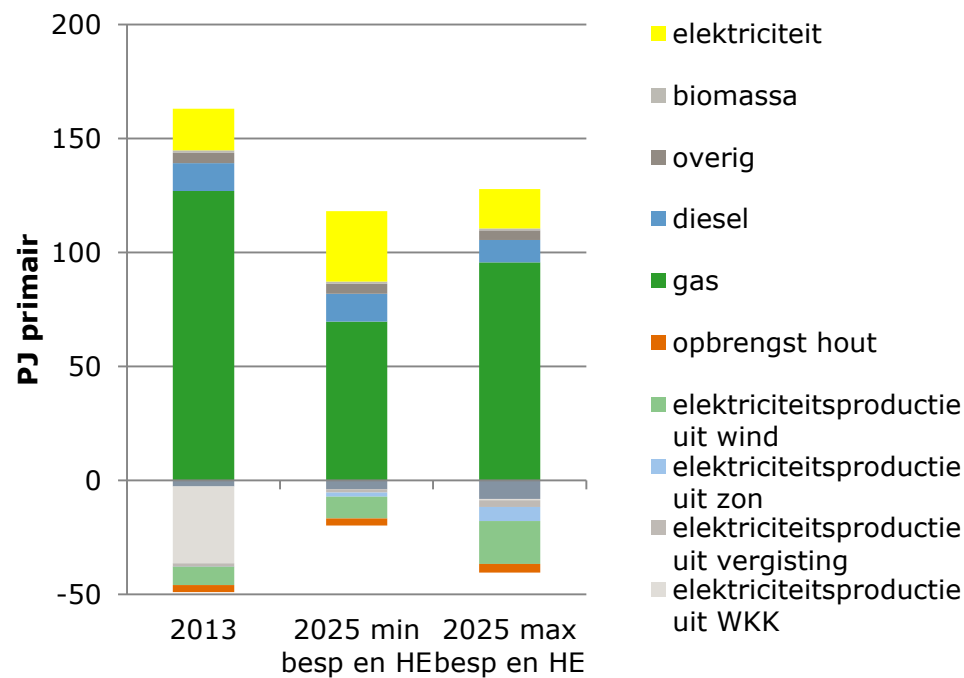
De vooruitzichten van de agrosectoren zijn samengebracht in figuur 11.10. De glastuinbouw blijft de dominante energieverbruiker. In de gunstigste variant is de akkerbouw in 2025 netto producent van energie, samen met de bosbouw. Vergeleken met 2013 neemt de totale energiebalans af van 114,0 PJ tot 98,3 PJ in de minimale besparing en hernieuwbare variant (min BSP en RE) en tot 87,3 PJ in de maximale variant (max BSP en RE).



Figuur 11.10 Energiebalans van de agrosectoren naar sector in 2025 t.v. 2013.

Bron: ECN.

Gas blijft de belangrijkste energiedrager voor de agrosectoren (figuur 11.11). In de variant met minimale besparing en hernieuwbaar volstaat de wkk in de glastuinbouw niet om het eigen verbruik te dekken. Er wordt dan meer ingekocht en er wordt per saldo niet meer geleverd. De inkoop van elektriciteit neemt toe voor de gehele sector, maar ook de eigen productie door zon, wind en vergisting. De totale netto balans voor elektriciteit blijft positief, met andere woorden: de sector koopt stroom in. Eigen opwekking van stroom door wind en zon neemt fors toe, stroom uit vergisters wat minder. Ook duurzame warmte (geothermie in de glastuinbouw) neemt toe.



Figuur 11.11 Energiebalans van de agrosectoren naar brandstof in 2025 ten opzichte van 2013.

Bron: ECN.

Voor 2025 geeft de NEV 2014 een totaal primair verbruik van ongeveer 167 PJ voor de landbouwsector. Hierin zit wel eigen opwekking door zon, wind en vergisters, maar bijvoorbeeld niet de besparing uit het energieakkoord voor de glastuinbouw. Ook bevatte de NEV een hogere aanname over de areaalontwikkeling in de glastuinbouw dan gebruikt in deze studie. De variant voor 2025 met minimale besparing en inzet hernieuwbaar wijkt qua getallen af van de NEV, maar sluit aan bij de achtergrondaannames en sectorontwikkeling. De variant met de maximale besparing en hernieuwbaar geeft weer wat er mogelijk is indien de huidige trend versterkt doorzet.

11.3 Aanvullende opties

In aanvulling op de mogelijkheden voor de onderscheiden agrosectoren in 2025, is er verkend welke verdere technische stappen mogelijk zijn om de agrosector als geheel energieneutraal te maken. Hierbij is voornamelijk ingezet op aanbodtechnieken zoals mestvergisting, geothermie en windenergie. Deze opties vergroten de energieproductie van de agrosector, waardoor het verbruikssaldo daalt. Er is niet gekeken naar de economische aspecten van de opties. Toepassing in de praktijk zal hiervan grotendeels wel afhankelijk zijn.

Voor elk van de opties is de variant in 2025 met de gunstigste balans voor de deelsectoren als basis genomen. De belangrijkste mogelijkheid die voor de sectoren overblijft om energieneutraliteit te realiseren is om meer duurzame energie te gaan leveren. De opties zijn zo opgebouwd dat ze de technische invulling achtereenvolgend meenemen. Hiermee is sprake van cumulatieve effecten om de energieneutraliteit te bereiken. De opties zijn agrosector breed uitgewerkt en niet per deelsector omdat dit niet steeds mogelijk is. Zo is voor de allocatie van windenergie over de verschillende sectoren geen goede verdeelsleutel beschikbaar.

De opties zijn nadrukkelijk aanvullend op de inhoud van de sectorvooruitzichten. Er is verondersteld dat zonne-energie in de sectorvooruitzichten al maximaal is benut. Om dubbeltellingen te voorkomen is zonne-energie daarom niet opgenomen als een aanvullende technische optie. De mogelijkheden voor besparingen op energieverbruik zijn ook in de sectorvooruitzichten meegenomen. Maar hierbij wordt aangetekend dat, technisch gezien, extra besparingen niet zijn uitgesloten.

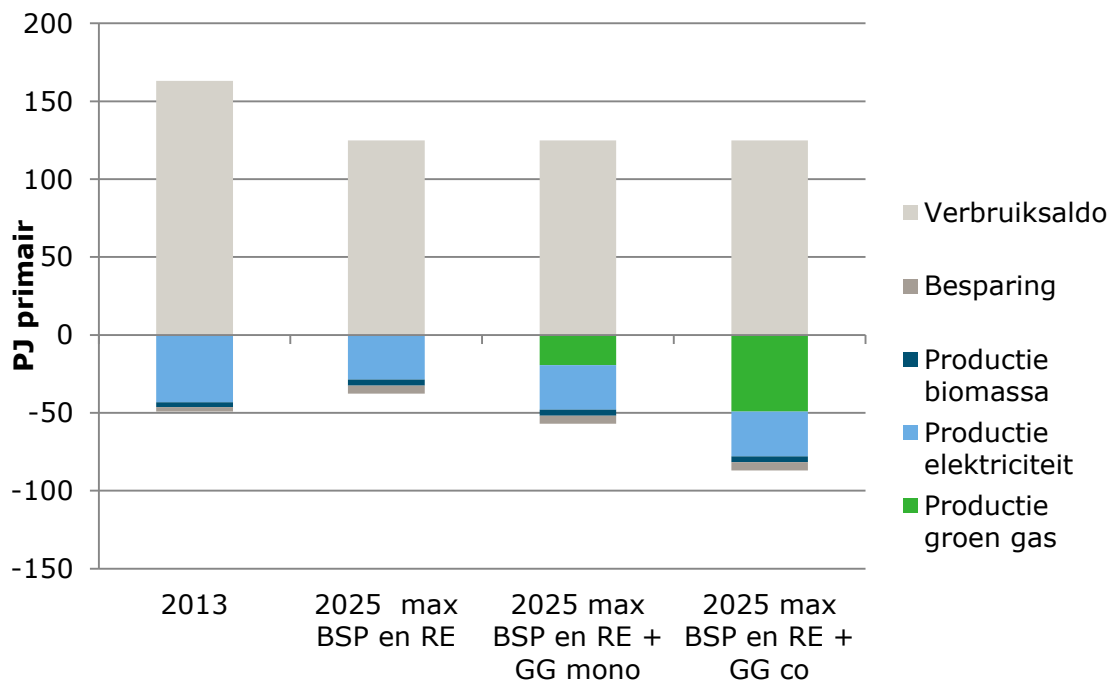
Zoals gezegd zijn de aanvullende opties afzonderlijk doorgerekend, boven op het beeld met het gunstigste verbruikssaldo (2025 max BSP en RE). Voor elk van de maatregelen is de naam van het scenario aangepast met een suffix die de technologie beschrijft. Zo is 2025 max BSP en RE + GG mono, het beeld in 2025, uitgebreid met groen-gasproductie uit mestvergisting op basis van mono-vergisters (GG mono).

Mestvergisting

De eerste aanvullende optie is het gebruik van vergisters om de eigen mest om te zetten in een energiedrager. Uit energetisch oogpunt is de opwerking van biogas naar aardgas en levering in het gasnet de meest voordelige optie.²⁸ Directe verbranding van het biogas kampt met warmte-afzet problemen omdat de warmtevraag in de sectoren met mestaanbod te laag is. Er is van uitgegaan dat er geen extra externe warmte-afzet mogelijk is buiten het eigen bedrijf waar de warmte opgewekt wordt. Toepassing van biogas in wkk geeft rendementsverlies en ook de warmte-afzet kan vaak niet volledig bij de bedrijven zelf gerealiseerd worden. Investerings in warmtenetten om volledige benutting van de warmte toe te laten, zijn niet voorzien.

Vergisting kan ofwel in mono-vergisters waarbij enkel de mest vergist wordt, met heel weinig toevoeging, of in co-vergisters waarbij de massabalans voor de helft voorzien wordt met co-substraat (waaronder snijmais). De opbrengst per ton input uit co-vergisters is vele malen hoger dan die uit mono-vergisters: 164 m³ biogas ten opzichte van 25 m³.²⁹ Uit oogpunt van de beschikbaarheid van co-substraat wordt het aandeel van de co-vergisting beperkt tot 10% van de mestverwerking in de optie co-vergisting. Mono-vergisting staat in voor de resterende 90%.

Cijfers over mestproductie in 2013 zijn afkomstig uit CBS-data, waarbij is verondersteld dat de specifieke mestproductie per diersoort in 2025 dezelfde is als in 2013. Met de aannames rond de veestapel in 2025 kan dan - met een gelijkblijvende mestproductie per dier - de mestproductie in 2025 bepaald worden. De optie veronderstelt dat alle mest (per diersoort) vergist wordt en is dus het maximaal haalbare (figuur 11.12, optie GG mono en optie GG co).



Figuur 11.12 Energiebalans agrosectoren 2025 met extra groen gas.

Bron: ECN.

²⁸ ECN, Eindadvies basisbedragen SDE+, 2015.

²⁹ ECN, Eindadvies basisbedragen SDE+, 2015.

Bij de toepassing van mestvergisting wordt het maximum potentieel berekend door alle dierlijke mest te vergisten (figuur 11.12). Zoals gezegd is de economische haalbaarheid hierbij niet in beschouwing genomen. De optie GG mono gaat ervan uit dat alle mest via mono-vergisters wordt omgezet naar groen gas. De optie GG co gaat ervan uit dat er 10% mestvergisting plaatsvindt door co-vergisters - met een bijkomende vraag naar (co-)substraat. In beide opties is rekening gehouden met de verschillende biogasopbrengst uit beide types vergisters alsook met de eigen warmtevraag. Omdat co-vergisting een grotere gasopbrengst realiseert, draagt de 10% meer dan proportioneel bij aan de bijdrage voor energieneutraliteit. In totaal zou er netto 19 tot 49 PJ via groen gas gewonnen kunnen worden.

Hybride machines en geothermie

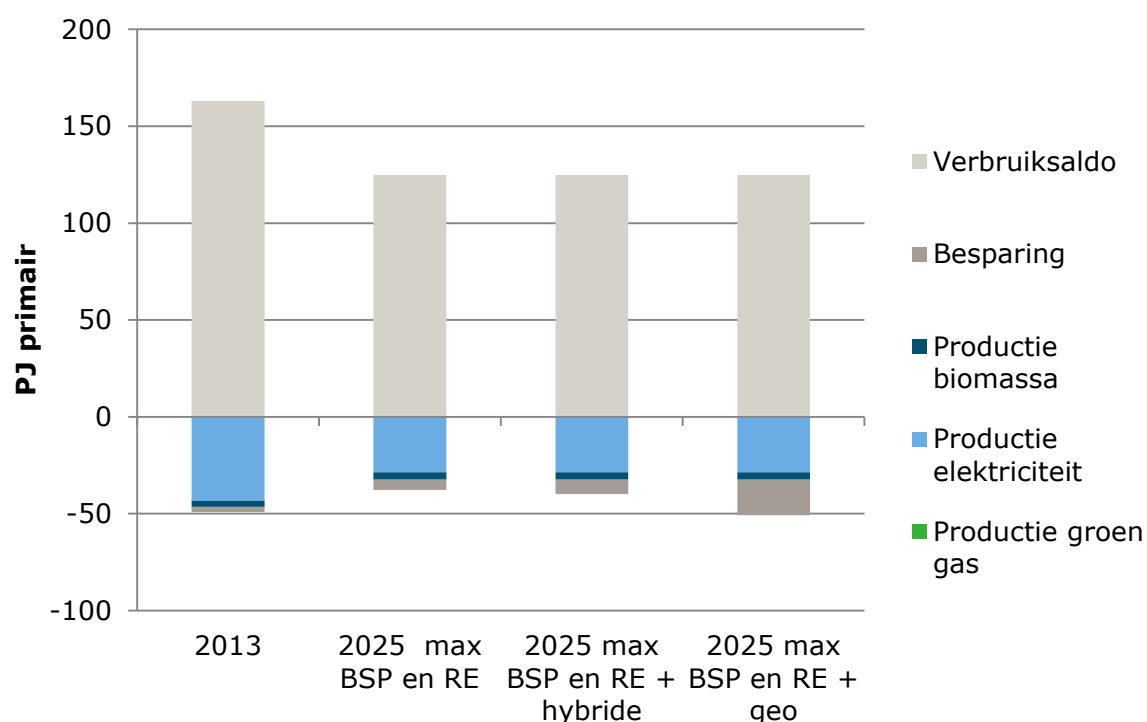
De volgende twee opties zijn technische opties met een bescheiden impact op energieneutraliteit.

- *Hybride machines*

In het sectorhoofdstuk bosbouw zijn hybride voertuigen opgevoerd als besparingsoptie. Het is denkbaar dat ook andere landbouwmachines als hybride beschikbaar komen. Daarvoor wordt hetzelfde besparingspercentage van 17,5 procent op het dieselverbruik in alle sectoren aangenomen.

- *Geothermie*

In het beeld voor de glastuinbouw wordt in 2025 ruim 8 PJ warmte geleverd door geothermie, terwijl er ook nog een grote gasvraag is, naast de gasvraag voor wkk. Niet alle warmte opgewekt door gas kan vervangen worden door geothermie. Er wordt in de aanvullende optie verondersteld dat 18 PJ door geothermie ingevuld kan worden. Extra geothermie leidt overigens tot een hoger elektriciteitsverbruik, wat verrekend is in de bijdrage van deze optie.



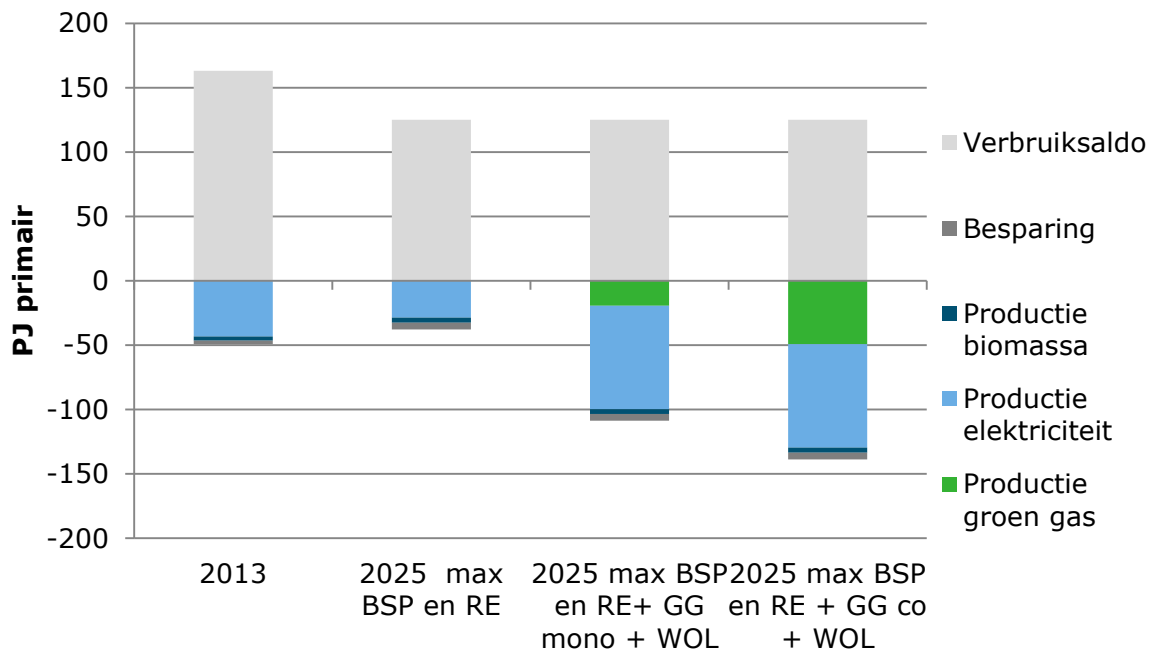
Figuur 11.13 Energiebalans agrosectoren 2025 met extra besparing en substitutie.

Bron: ECN.

In figuur 11.13 zijn de twee technische opties weergegeven bovenop het totale sectorbeeld met maximale inzet van besparing en hernieuwbaar (2025 max BSP en RE): een waarbij hybride voertuigen in alle sectoren gebruikt worden, en niet alleen in de bosbouw (optie max BSP en RE + hybride), en een waarbij geothermie verder wordt benut (optie max BSP en RE + geo). De nettobijdragen aan energieneutraliteit zijn respectievelijk 2 en 13 PJ.

Extra wind op land

De laatste aanvullende optie is extra inzet van wind op land. Deze optie komt bovenop de aannames die in de sectorbeelden gemaakt zijn over wind (in eigendom). Hier wordt gekeken naar wat extra mogelijk is op landbouwgrond, en niet in (volle) eigendom. Deze optie veronderstelt dat zoals in 2013, er verhoudingsgewijs 2,75 keer meer wind op landbouwgrond (11PJ) geproduceerd wordt, vergeleken met windproductie in eigendom (4PJ). Deze verhouding is aangehouden voor de opschaling van de eigen productie uit de vooruitzichten voor 2025 (18,8 PJ primair) naar een bijkomende 52 PJ (figuur 11.14 optie max BSP en RE + GG mono + WOL en optie max BSP en RE + GG co + WOL).



Figuur 11.14 Energiebalans agrosectoren 2025 met vergisting en extra energieproductie en wind op land.

Bron: ECN.

Omdat de locaties van de windturbines niet bekend zijn, kan er geen allocatie naar de verschillende sectoren gemaakt worden. Wel kan verondersteld worden dat deze turbines voornamelijk in de grondgebonden sectoren zullen staan, zoals melkveehouderij en akkerbouw. Uitgaande van een eenheidsvermogen van 1 MWe en 2450 tot 3500 vollast-uren, zou dit 2.000 tot 2.800 extra turbines betekenen. Samen met wat in het sectorbeeld verondersteld is, zijn dit 2.800 tot 3.900 turbines. Ter vergelijking, in 2013 staat er 2.690 MW³⁰ aan windturbines op land, goed voor 4.000 GWh aan stroomproductie. CBS schat in dat 70 procent daarvan op landbouwgrond staat³¹. In het scenario voor 2025 wordt er met een hoger aantal draaiuren gerekend dan de realisatie (gemiddeld 1.500 uur per jaar), zodat dit een onderwaarde is voor het aantal bijkomende turbines.

Conclusie

De laatste combinatie van extra energiebesparing, co-vergisting en windturbines leidt ertoe dat de agrosectoren zo goed als energieneutraal gemaakt kunnen worden, met een spreiding van -10 tot +15 PJ op het eindsaldo. Hierbij is uitgegaan van enerzijds de sectorvooruitzichten met maximale inzet van energiebesparing en productie van hernieuwbare energie en anderzijds de volledige benutting van de aanvullende technische opties. Deze opties zijn niet beoordeeld op economische en financiële haalbaarheid.

³⁰ NWEA: <http://www.nwea.nl/factsheet-wind-op-land>.

³¹ RVO, Energie en klimaat in de Agrosectoren, blz. 24.

12 Slotbeschouwing

Systeemgrenzen

Ten aanzien van de energiehuishouding zijn de systeemgrenzen van de agrosectoren lastig te bepalen. Dit komt omdat ze nauw verweven zijn met andere schakels in de agrofoodketens, waarbij indirecte energie wordt uitgewisseld. Hierbij gaat het onder meer om de toelevering van productiemiddelen (m.n. kunstmest en krachtvoer) en de afzet van producten voor verwerking en distributie. De energiestromen die hiermee gepaard gaan, zijn in deze studie niet in kaart gebracht.

In deze studie is de aandacht gericht op de directe input en output van energiedragers van de primaire agrosectoren, inclusief productiebosbouw. Als energiedragers is onder meer onderscheid gemaakt tussen aardgas, diesel, elektriciteit, energiehout en warmte, inclusief elektriciteit en warmte uit hernieuwbare bronnen. Om de verschillende stromen te kunnen aggregeren worden ze uitgedrukt in primaire termen. Voor elektriciteit en warmte gelden omrekeningsfactoren, die aangeven wat de hoeveelheid brandstof is die voor de opwekking nodig is.

Uitgangssituatie

Om te bereiken dat de agrosectoren in 2025 gezamenlijk netto energieneutraal genoemd kunnen worden, zijn forse inspanningen nodig. De uitgangssituatie is als volgt:

- De onderscheiden sectoren verbruikten in 2013 per saldo 114 PJ aan energie. De hoofdmoot daarvan komt voor rekening van de glastuinbouw, waarvoor een verbruikssaldo is berekend van 90 PJ. Ten opzichte daarvan zijn de verbruikssaldi van de grondgebonden agrosectoren (melkveehouderij, opengrondtuinbouw, akkerbouw) en van de intensieve veehouderijsectoren (varkenshouderij, vleeskuikenshouderij, leghennenshouderij en vleeskalverenhouderij), ieder apart een kleine 14 PJ, bescheiden te noemen. De productiebosbouw is de enige sector die per saldo energie levert (+3 PJ).
- De belangrijkste energiedrager aan de inputzijde van de agrosectoren wordt gevormd door aardgas, de hoofdbron voor het verbruik van de glastuinbouw. Elektriciteit, vooral van belang voor de melkveehouderij en varkenshouderij, staat op de tweede plaats. Op de derde plaats staat diesel, de energiebron voor de trekkracht van landbouwwerktuigen in de melkveehouderij en akkerbouw. Aan de outputzijde is elektriciteit de grootste energiedrager. De glastuinbouw is de hoofdproducent van elektriciteit via wkk. De akkerbouw en melkveehouderij dragen hieraan in belangrijke mate bij door middel van zonnepanelen en windturbines. Voor de energiebalans tellen die laatste nettobijdragen (+8 PJ) veel zwaarder mee dan de biomassa van de productiebosbouw.

Oplossingsrichtingen

Er zijn grofweg drie richtingen (trias energetica) om energieneutrale agrosectoren dichterbij te brengen:

- *Verminderen van het eigen energieverbruik*
Door het energieverbruik voor elektriciteit, warmte of mobiliteit te verminderen hoeft er minder aan de sector geleverd te worden, c.q. blijft er meer van de eigen winning over voor levering aan derden. Intensivering (hogere landbouwproductie en/of van hogere kwaliteit), milieu-eisen (luchtwaters) en de groeiende rol van elektriciteit bij het productieproces (melkrobot), leidt tot een hoger eigen verbruik en werkt dus de andere kant op.
- *Vergroten van de eigen winning van hernieuwbare energie*
Voorbeelden van energiewinning zijn geothermie, (co)-vergisting, ketels gestookt op eigen biomassa, Warmte Koude Opslag (WKO), zonnepanelen en windmolens. Ook al dekt de 'gewonnen' energie op dit moment vooral de eigen behoefte van de sector aan energie, toch brengt die per saldo een energieneutrale sector wel dichterbij. Biomassastromen binnen de sector verminderen ook de afhankelijkheid van externe (fossiele) stromen en dragen dus bij tot energieneutraliteit. Wat niet binnen de sector verbruikt kan worden, kan ter beschikking komen voor externe verbruikers en daarmee bijdragen aan energieneutraliteit.

- *Verhogen van de efficiency waarmee energiedragers (gas, motorbrandstof) omgezet worden in de gewenste vorm (warmte, beweging)*

De levering van energie aan de sector kan ook verminderd worden door warmte en/of elektriciteit efficiënter op te wekken, met bijvoorbeeld hogere ketelrendementen of door wkk.

De grenzen tussen de drie richtingen zijn niet altijd scherp: een elektrische warmtepomp valt deels onder de winning van energie (omgevingswarmte), deels onder efficiëntere opwekking, en integrale concepten in de glastuinbouw (energieneutrale kas) omvatten vaak alle drie mogelijkheden.

Vooruitzichten per sector

De technische vooruitzichten om in 2025 energieneutraal te kunnen worden, verschillen per sector:

- De grondgebonden agrosectoren (melkveehouderij, opengrondtuinbouw en akkerbouw) hebben de beste mogelijkheden om het negatieve verbruikssaldo om te buigen naar een positief saldo. Besparingen op het dieselvebruik kunnen daar een duidelijke bijdrage aan leveren. In mindere mate geldt dat voor de productie van biogas of elektriciteit met co- en mono-vergisting. Van doorslaggevende betekenis is echter dat deze sectoren dankzij hun ruimtelijke uitgestrektheid met windmolens extra energie kunnen opwekken. Voor deze sectoren is de mogelijke omvang hiervan geschat op 19 PJ.
- De productiebosbouw zal de positieve bijdrage aan de energiebalans verder kunnen vergroten met meer houtproductie. Door de bescheiden omvang van de sector legt dat voor de totale energiebalans van de agrosector echter niet veel gewicht in de schaal (minder dan 1 PJ). Mogelijk kan biomassa uit natuurgebieden een verdere bijdrage aan de energievoorziening leveren (maaisel, sprokkelhout), maar dat is in deze studie niet onderzocht;
- Voor de intensieve veehouderijsectoren zijn er enige besparingsopties voor het verbruik van gas, diesel en biomassa (hout), waaronder warmte- en koudeopslag. Het elektriciteitsverbruik is echter nauwelijks te beperken; bepaalde vereiste milieumaatregelen werken zelfs tegengesteld (bijvoorbeeld luchtwassers). De sectoren kunnen wel een groter deel van de behoefte hieraan dekken door middel van zonnepanelen. Bij maximale inzet kan het totale verbruikssaldo met 6 PJ worden teruggebracht. In dat geval verbruiken de sectoren nog altijd circa 7 PJ aan energie.
- Voor bijna alle sectoren vormt de lokale warmtebehoefte een beperking voor uitrol van grote hernieuwbare warmte projecten. De eigen vraag is vaak te laag om de aanleg van een warmtenet rendabel uit te kunnen voeren.
- De glastuinbouw is de grootste energieverbruiker binnen de agrosectoren en dus doorslaggevend voor het behalen van energieneutraliteit voor de gehele agrosector. De glastuinbouw blijft echter ver verwijderd van energieneutraliteit, mede omdat het economisch rendement van wkk onder druk staat. Hier liggen technische mogelijkheden in besparing en eigen productie (geothermie) en wkk met levering van elektriciteit voor de hand. Krachten die het verbruikssaldo vergroten zijn intensivering en minder gunstige marktprijzen voor stroomlevering door wkk.

Aanvullende opties

Ondanks maximale benutting van de technische mogelijkheden van energiebesparing en productie van duurzame energie in de sectoren, is energieneutraliteit in 2025 nog lang niet in beeld. Het is echter denkbaar om aanvullende technische stappen te zetten:

- *wind op land*
Door verdere opschaling van de eigen productie is een extra energieproductie mogelijk van bijna 35 PJ. Hiervoor zijn 2.000 tot 2.800 extra turbines nodig.
- *geothermie*
In het sectorbeeld voor de glastuinbouw wordt in 2025 reeds warmte geleverd door geothermie. Daarnaast is er nog een grote gasvraag. Daarvan zou ongeveer 18 PJ door geothermie ingevuld kunnen worden.
- *mestvergisting*
Uit energetisch oogpunt is de opwerking van biogas naar aardgas en teruglevering in het gasnet de meest voordelige. Directe verbranding van het biogas kampt met lokale warmte-afzet problemen: de warmtevraag in de sectoren met mestvoorraad is te laag. In het extreme geval kan deze optie 19 tot 49 PJ opleveren.

- *hybride landbouwmachines*

Hiermee zou een besparing van 17,5% op het dieselverbruik in de sectoren bereikt kunnen worden, of per saldo 2 PJ.

Deze aanvullende technische opties brengen energieneutraliteit mogelijk wel in beeld, maar het zichtjaar 2025 ligt zo dichtbij, dat hiervoor wonderen nodig lijken. Hierbij moet bedacht worden dat er economische en beleidsbeperkingen zijn aan de toepassing van de technieken en dat het gebruik van technologische oplossingen variaties in resultaten kent.

Slot

Als alle technische mogelijkheden worden benut, kunnen de primaire agro-sectoren de situatie van netto energieneutraliteit benaderen. Naast energiebesparende maatregelen worden de belangrijkste bijdragen aan energieneutraliteit geleverd door de productie van duurzame energie: zonnepanelen, windmolens en geothermie. Technisch kan ook mest een aanzienlijke bijdrage leveren als grondstof voor groen gas. Op voorhand kan worden gezegd dat forse publieke en private inspanningen nodig zijn om de technische mogelijkheden te realiseren.

Deze studie is een hoofdzakelijk technische verkenning van het directe energieverbruik in de primaire sectoren. De economische en financiële haalbaarheid van de opties zijn buiten beschouwing gebleven. In de beleidsontwikkeling zal ook rekening moeten worden gehouden met de verwevenheid van de primaire sectoren met andere schakels. Verder verdienen de klimaateffecten van de opties nader onderzoek. Meer in het algemeen zijn maatschappelijke kosten-baten analyses nodig om beleidskeuzes te verantwoorden.

Bronnen

Algemeen

ECN, 2014. Nationale Energieverkenning 2014. ECN beleidsstudies, ECN-O--14-036.
Ministerie van LNV, 2008. Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren.
RVO, 2014. Energie en klimaat in de agrosectoren.
Velden, N. van der, 2014. Protocol Energiemonitor Glastuinbouw; Versie tot en met 2013. Nota 2014-025a. LEI Wageningen UR.

Glastuinbouw / Nico van der Velden (LEI)

Jaarplan 2015, Programma Kas als energiebron / www.energiek2020.nl
Velden, N. van der, 2010. Quick scan prognose CO₂-emissie glastuinbouw. LEI-nota 10-045.
LEI Wageningen UR, Den Haag.
Velden, N. van der en P. Smit, 2013. Groei elektriciteitsconsumptie glastuinbouw; Hoe verder?.
Rapport 2013-022. LEI Wageningen UR.
Velden, N.J.A. van der, P.X. Smit en R.W. van der Meer, 2014. Energiebelasting en de glastuinbouw.
LEI-nota 14-002. LEI Wageningen UR, Den Haag.
Velden, N. van der en P. Smit, 2014. Quick Scan bijdrage energiebesparing Glastuinbouw
Energieakkoord duurzame groei. Vertrouwelijk notitie. LEI Wageningen UR.
Velden, N.J.A. van der en P.X. Smit, 2014. Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2013.
LEI-rapport 2014-025. LEI Wageningen UR, Den Haag.
Velden, N. van der, 2014. Protocol Energiemonitor Glastuinbouw; Versie tot en met 2013. Nota 2014-025a. LEI Wageningen UR.

Melkveehouderij / Gerben Doornewaard (LEI)

NZO en LTO Nederland, 2013. Kansen voor de zuivelketen na 2015: verantwoord blijven ontwikkelen binnen maatschappelijke randvoorwaarden. Nederlandse Zuivelorganisatie en LTO Nederland: plan van aanpak voor de zuivelsector d.d. 1 juli 2013.
Reijs, J.W., G.J. Doornewaard,, J.H. Jager, en A.C.G. Beldman, 2014. Sectorrapportage Duurzame Zuivelketen. Prestaties 2013 in perspectief. LEI-rapport 2014-033. Wageningen.
LEI Wageningen UR.
Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2012. Dieselpesparing in de melkveehouderij. Kansen op energiebesparing in de melkveehouderij. Utrecht. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2014. Verkenning mogelijkheden voor verlagen van het energiegebruik in de melkveehouderij. Den Haag. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
Productschap Zuivel, 2014. Zuivelproductie per land 2013 - revisiedatum 3 april 2014. Productschap Zuivel.

Websites

<http://www.agrimatie.nl/binternet.aspx>
<https://www.verantwoordeveehouderij.nl/show/40-Brandstof-besparing-mogelijk.htm>
<http://www3.lei.wur.nl/prijzen/default.aspx?lang=0>

Akkerbouw / Bert Smit (LEI)

Agentschap NL, 2011. Energie en klimaatmonitor Agrosectoren 2011, Publicatie-nr. 2AGRO1109 <http://www.rvo.nl/sites/default/files/2014/05/energie-en-klimaat-in-de-agrosectoren.pdf>
Agentschap NL, 2012. Dieselpesparing in de melkveehouderij; Kansen op energiebesparing in de melkveehouderij, Publicatie-nr. 2AGRO1215.
Agrimatie - informatie over de agrosector, via www.agrimatie.nl
BoerenKlimaat.nl, 2013. Klimaatneutraal in de praktijk; Ervaringen en resultaten van de deelnemers van BoerenKlimaat.nl, brochure.
CBS, 2014. Hernieuwbare energie in Nederland 2013, Den Haag, CBS.

Cumela, 2008. www.cumela.nl/persbericht-%E2%80%9Cde-schatkist-komt-toch-wel-vol%E2%80%9D-cumela-nederland-vraagt-om-uitstel-accijnsverhoging).
Smit, A.B., S.R.M. Janssens, J.G. Conijn, J.H. Jager, H. Prins and H.H. Luesink, 2010, Dutch energy crops; Parameters to calculate greenhouse gas emissions in 2011. Den Haag, LEI, Rapport 2010-050.

Intensieve veehouderij / Arjan Wisman (LEI)

Aarnink A., R. Verhoijzen en S. Bokma, 2014. Naar energieneutrale varkensstallen met luchtrecirculatie: de Enerlatiestal, Livestock Research Rapport 814, Wageningen UR Livestock Research, Wageningen.
Agroenergiek: <http://agroenergiek.nl/content/houd-ventilatorbladen-en-lamellen-schoon>
Boerenklimaat: <http://www.wageningenur.nl/nl/show/Netwerk-BoerenKlimaat.nl.htm>
Ellen, H.H. et al, Nevenvoordelen duurzame stalconcepten, Livestock Research Report 736 Wageningen UR Livestock Research, Wageningen, 2014.
Energie- en klimaatmonitor Agrosectoren 2011, Agentschap NL/LEI Wageningen UR, Utrecht.

Bosbouw / Jaap van den Briel en Jan Oldenburger (Probos)

Boosten, M. en J. Oldenburger, 2012. Op weg naar 32 PJ uit bos, natuur, landschap en de houtketen in 2020! Stand van zaken in de NBLH-sector in 2011. Wageningen, Stichting Probos.
Boosten, M. en J. Oldenburger, 2014. Biomassapotentieel NBLH-sector in 2020 en 2050. Wageningen, Stichting Probos.
Raffe, J. van en A. de Jong, 2010. Normenboek Natuur, Bos en Landschap. Wageningen, Alterra.
Schelhaas, M.J., A.P.P.M. Clerkx, W.P. Daamen, J. Oldenburger, G. Velema, P. Schnitger, H. Schoonderwoerd en H. Kramer, 2014. Zesde Nederlandse bosinventarisatie: Methodes en basisresultaten. Wageningen, Alterra.
Silvis, H.J. en M.J. Voskuilen, 2013. Bedrijfsuitkomsten in de Nederlandse particuliere bosbouw over 2011. LEI-rapport 2013-026. Wageningen, LEI.

LEI Wageningen UR
Postbus 29703
2502 LS Den Haag
T 070 335 83 30
E publicatie.lei@wur.nl
www.wageningenUR.nl/lei

Report
LEI 2015-108
ISBN 978-90-8615-718-1



LEI Wageningen UR is een onafhankelijk, internationaal toonaangevend, sociaaleconomisch onderzoeksinstituut. De unieke data, modellen en kennis van het LEI bieden opdrachtgevers op vernieuwende wijze inzichten en integrale adviezen bij beleid en besluitvorming, en dragen uiteindelijk bij aan een duurzamere wereld. Het LEI maakt deel uit van Wageningen UR (University & Research centre). Daarbinnen vormt het samen met het Departement Maatschappijwetenschappen van Wageningen University en het Wageningen UR Centre for Development Innovation de Social Sciences Group.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



LEI Wageningen UR
Postbus 29703
2502 LS Den Haag
E publicatie.lei@wur.nl
www.wageningenUR.nl/lei

REPORT
LEI 2015-108
ISBN XXXX

LEI Wageningen UR is een onafhankelijk, internationaal toonaangevend, sociaaleconomisch onderzoeksinstituut. De unieke data, modellen en kennis van het LEI bieden opdrachtgevers op vernieuwende wijze inzichten en integrale adviezen bij beleid en besluitvorming, en dragen uiteindelijk bij aan een duurzamere wereld. Het LEI maakt deel uit van Wageningen UR (University & Research centre). Daarbinnen vormt het samen met het Departement Maatschappijwetenschappen van Wageningen University en het Wageningen UR Centre for Development Innovation van de Social Sciences Group.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.