

**Hernieuwbare**

**energie**

**in Nederland**

**2016**



**Hernieuwbare**

**energie**

**in Nederland**

**2016**

## Verklaring van tekens

Niets (blanco)	Een cijfer kan op logische gronden niet voorkomen
.	Het cijfer is onbekend, onvoldoende betrouwbaar of geheim
*	Voorlopige cijfers
**	Nader voorlopige cijfers
2016-2017	2016 tot en met 2017
2016/2017	Het gemiddelde over de jaren 2016 tot en met 2017
2016/'17	Oogstjaar, boekjaar, schooljaar enz., beginnend in 2016 en eindigend in 2017
2014/'15-2016/'17	Oogstjaar, boekjaar, enz., 2014/'15 tot en met 2016/'17
W	Watt (1 J/s)
kW	Kilowatt (1,000 J/s)
Wh	Wattuur (3,600 J)
J	Joule
tonne	1 000 kg
M	Mega (10 <sup>6</sup> )
G	Giga (10 <sup>9</sup> )
T	Tera (10 <sup>12</sup> )
P	Peta (10 <sup>15</sup> )
nge	Aardgas equivalent (1 a.e. komt overeen met 31.65 MJ)
mln	Miljoen
mld	Miljard
MWe	Megawatt elektrisch vermogen
MWth	Megawatt thermisch vermogen

In geval van afronding kan het voorkomen dat het weergegeven totaal niet overeenstemt met de som van de getallen.

## Colofon

### *Uitgever*

Centraal Bureau voor de Statistiek  
Henri Faasdreef 312, 2492 JP Den Haag  
[www.cbs.nl](http://www.cbs.nl)

### *Prepress*

CCN Creatie en visualisatie, Den Haag

### *Ontwerp*

Edenspiekermann

### *Inlichtingen*

ISBN: 978 90 357 2317 7  
ISSN: 2210-8521  
Tel. 088 570 70 70, fax 070 337 59 94  
Via contactformulier: [www.cbs.nl/infoservice](http://www.cbs.nl/infoservice)

© Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen/Bonaire, 2017.  
Verveelvoudigen is toegestaan, mits CBS als bron wordt vermeld.

# Voorwoord

In het jaarrapport *Hernieuwbare Energie in Nederland 2016* presenteert het CBS de ontwikkelingen op het gebied van hernieuwbare energie voor warmte, elektriciteit en vervoer. Deze publicatie geeft structuur aan de grote hoeveelheid cijfers over hernieuwbare energie waarmee het een waardevolle informatiebron is voor bijvoorbeeld onderzoekers, beleidsmakers, marktpartijen en studenten.

De belangrijkste conclusie uit het rapport is dat het aandeel hernieuwbare energie in het totale energieverbruik in 2016 ongeveer gelijk is gebleven. In 2015 was dit aandeel 5,8 procent, in 2016 6,0 procent. Op Europees niveau is afgesproken dat in Nederland het aandeel hernieuwbare energie 14 procent moet zijn in 2020.

Het verbruik van hernieuwbare energie in Nederland lag in 2016 5 procent hoger dan in 2015. De groei van het aandeel hernieuwbare energie werd echter wat afgeremd omdat het totale energieverbruik in 2016 ruim 2 procent hoger lag dan in 2015. Verreweg de grootste bron van hernieuwbare energie is biomassa, al is het energieverbruik uit deze bron met 3 procent afgenomen. Daartegenover staat dat gemiddeld 21 procent meer energie uit zon, wind, aarde en buitenlucht wordt gebruikt.

Hernieuwbare energie wordt aangewend voor warmte, elektriciteit en vervoer. In 2016 was ongeveer de helft van het verbruik van hernieuwbare energie bestemd voor warmte, 43 procent voor elektriciteit en 8 procent voor vervoer. Ten opzichte van 2015 is het verbruik van hernieuwbare energie voor warmte en vooral elektriciteit toegenomen. Daarentegen is het verbruik van vloeibare biobrandstoffen voor vervoer met ongeveer 20 procent gedaald.

Mijn dank gaat uit naar de bedrijven die de vragenlijsten hebben ingevuld en daar waar nodig een aanvullende toelichting hebben verstrekt. Bij de totstandkoming van deze publicatie is samengewerkt met meerdere bedrijven en instituten die hun gegevens en hun kennis van het werkveld ter beschikking hebben gesteld: CertiQ, de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl), de Nederlandse Emissieautoriteit, Rijkswaterstaat Leefomgeving, Vertogas, TNO, de Dutch Heat Pump Association (DHPA), de Nederlandse Vereniging van Biomassa Ketel Leveranciers (NBKL), Polder PV, Holland Solar, Probos, de provincies, Arcadis en de Unie van Waterschappen. Het Ministerie van Economische Zaken heeft het onderzoek naar de cijfers over werkgelegenheid gefinancierd.

## **Directeur-Generaal van de Statistiek**

Dr. T.B.P.M. Tjin-A-Tsoi

Den Haag/Heerlen/Bonaire, september 2017

# Inhoud

Voorwoord	3
Samenvatting	7

## 1. Inleiding 8

1.1	Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie	9
1.2	Gebruikte databronnen	10
1.3	CBS-publicaties over hernieuwbare energie en release policy	11
1.4	Attenderingservice	13
1.5	Internationale cijfers over hernieuwbare energie op internet	13
1.6	Regionale cijfers over hernieuwbare energie	14
1.7	Leeswijzer	14

## 2. Algemene overzichten 15

2.1	Hernieuwbare energie totaal	16
2.2	Hernieuwbare elektriciteit	18
2.3	Hernieuwbare warmte	21
2.4	Hernieuwbare energie voor vervoer	23
2.5	Internationale vergelijking	26
2.6	Vergelijking methoden voor berekening totaal aandeel hernieuwbare energie	28
2.7	Werkgelegenheid	32
2.8	Subsidies	33

## 3. Waterkracht 38

## 4. Windenergie 41

## 5. Zonne-energie 47

5.1	Zonnestroom	48
5.2	Zonnewarmte	51

## 6. Aardwarmte en bodemenergie 55

6.1	Aardwarmte	56
6.2	Bodemenergie	57

## 7. Buitenluchtwarmte 63

## **8. Biomassa 68**

- 8.1 Inleiding **69**
- 8.2 Afvalverbrandingsinstallaties **74**
- 8.3 Meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales **77**
- 8.4 Stoken van biomassa voor elektriciteit bij bedrijven **79**
- 8.5 Stoken van biomassa voor warmte bij bedrijven **80**
- 8.6 Stoken van biomassa door huishoudens **83**
- 8.7 Stortgas **86**
- 8.8 Biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties **87**
- 8.9 Biogas, co-vergisting van mest **88**
- 8.10 Overig biogas **92**
- 8.11 Vloeibare biotransportbrandstoffen **93**

Literatuur **100**

Medewerkers **104**

# Samenvatting

Het aandeel hernieuwbare energie in het totale energieverbruik is in 2016 ongeveer gelijk gebleven ten opzichte van 2015. In 2016 was 6,0 procent van het energieverbruik afkomstig uit hernieuwbare bronnen; in 2015 was dit 5,8 procent. In Europees verband is afgesproken dat Nederland in 2020 uitkomt op 14 procent hernieuwbare energie. De meeste hernieuwbare energie, namelijk 63 procent, komt uit biomassa en 24 procent uit windenergie. De bijdrage van andere bronnen als waterkracht, zonne-energie, bodemenergie en warmte uit de buitenlucht, is beperkt.

In 2016 is ruim 15 miljard kilowattuur elektriciteit geproduceerd uit windenergie, waterkracht, zonne-energie en biomassa. Dat is 13 procent van het totale elektriciteitsverbruik; in 2015 was het aandeel 11 procent. De productie van windmolens nam in 2016 met 21 procent toe door uitbreiding van de capaciteit. De productie van elektriciteit uit biomassa bleef ongeveer gelijk. De productie van zonnestroom nam met 39 procent toe. De bijdrage van zonnestroom aan het totale elektriciteitsverbruik groeit maar is nog beperkt tot ruim 1 procent.

Het verbruik van hernieuwbare energie voor warmte steeg in 2016 met 3 procent ten opzichte van 2015. Het aandeel hernieuwbare energie in de warmtevoorziening bleef staan op 5,5 procent, omdat ook het totale verbruik van energie voor warmte steeg. De stijging in het verbruik van hernieuwbare warmte kwam vooral door een toename van de productie van warmte door het benutten van aardwarmte en buitenluchtwarmte. Hernieuwbare energie was in het vervoer goed voor bijna 5 procent van het totale energieverbruik; ten opzichte van 2015 is het verbruik 20 procent gedaald. Hernieuwbare energie voor vervoer bestaat vooral uit biotransportbrandstoffen. Ongeveer de helft van de gebruikte biobrandstoffen waren milieutechnisch goede biobrandstoffen die, volgens Europese afspraken, dubbel tellen bij de berekening van het aandeel hernieuwbare energie voor vervoer.

**1.**

# Inleiding



Hernieuwbare energie is al jaren een speerpunt in het Nederlandse energiebeleid. Uit dit speerpunt is een jaarlijkse rapportage voortgekomen over hernieuwbare energie in Nederland. Dit rapport beschrijft de ontwikkelingen van de hernieuwbare energie in 2016. Tevens worden de gebruikte methoden en bronnen toegelicht.

## 1.1 Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie

Bij het berekenen van de hernieuwbare energie moet een aantal keuzen worden gemaakt, zoals: welke bronnen tellen mee en hoe worden de verschillende vormen van energie opgeteld. Deze keuzen zijn gemaakt in overleg met brancheorganisaties, kennisinstellingen en het ministerie van Economische Zaken en vastgelegd in het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie* (RVO.nl en CBS, 2015).

Het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie* beschrijft drie methodes om het aandeel hernieuwbare energie uit te rekenen, te weten de bruto-eindverbruikmethode, de substitutiemethode en de primaire-energiemethode.

De bruto-eindverbruikmethode wordt gebruikt in de *EU-Richtlijn voor Hernieuwbare Energie* uit 2009. In deze richtlijn hebben Europese regeringen en het Europees parlement gezamenlijk afgesproken dat in 2020 20 procent van het energetisch eindverbruik van energie moet komen uit hernieuwbare bronnen. Landen met veel goedkope natuurlijke bronnen voor hernieuwbare energie, zoals Oostenrijk met veel waterkracht, doen meer dan gemiddeld. Landen met weinig goedkope natuurlijke bronnen voor hernieuwbare energie, zoals Nederland, hoeven minder te doen. Voor Nederland geldt een doelstelling van 14 procent hernieuwbare energie voor 2020.

De substitutiemethode berekent hoeveel verbruik van fossiele energie wordt vermeden door het verbruik van hernieuwbare energie. Deze methode werd vanaf de jaren negentig tot en met kabinet-Balkenende IV (2010) gebruikt voor nationale beleidsdoelstellingen. Daarna is de politiek overgestapt op de bruto-eindverbruikmethode. Daarmee is het politieke belang van de substitutiemethode afgenomen. De methode blijft echter wel relevant, omdat ze inzicht geeft in het vermeden verbruik van fossiele energie en de vermeden emissies van CO<sub>2</sub>. Het vermijden van dit verbruik en deze emissies zijn de belangrijkste redenen om hernieuwbare energie te bevorderen.

De primaire-energiemethode wordt traditioneel gebruikt in internationale energiestatistieken van het Internationaal Energieagentschap (IEA) en Eurostat.

In paragraaf 2.6 staat meer informatie over de verschillende methoden.

## 1.2 Gebruikte databronnen

De cijfers zijn gebaseerd op een zeer diverse reeks databronnen. Een belangrijke bron vormen de gegevens uit de administratie van CertiQ, onderdeel van de landelijk netbeheerder TenneT. CertiQ ontvangt maandelijks van de regionale netbeheerders een opgave van de elektriciteitsproductie van een groot deel van de installaties die hernieuwbare stroom produceren. Voor windmolens en waterkrachtcentrales is daarmee meteen de hernieuwbare-elektriciteitsproductie bekend. Voor de hernieuwbare-elektriciteitsproductie uit het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales is naast informatie over de geproduceerde elektriciteit ook informatie nodig over het aandeel biomassa in de totale hoeveelheid gebruikte brandstoffen. De eigenaren van de centrales sturen deze aandelen apart op naar CertiQ. Achteraf moeten de centrales nog een accountantsverklaring overleggen over de juistheid van de gegevens. Eventueel volgen er nog correcties. Op basis van de door CertiQ vastgestelde hernieuwbare-elektriciteitsproductie geeft CertiQ certificaten voor Garanties van Oorsprong van groene stroom. Deze Garanties van Oorsprong zijn een voorwaarde voor het verkrijgen van subsidie. Ook kunnen de Garanties van Oorsprong gebruikt worden om groene stroom aan eindverbruikers te verkopen en te verhandelen. CertiQ registreert ook de productie van hernieuwbare warmte die voor subsidie in aanmerking komt. Ook deze data ontvangt en gebruikt het CBS.

Een tweede belangrijke bron zijn de reguliere energie-enquêtes van het CBS. Voor de biotransportbrandstoffen, en voor afvalverbrandingsinstallaties zijn deze enquêtes een belangrijke databron, hoewel in toenemende mate gebruik wordt gemaakt van administratieve gegevens van de Nederlandse Emissieautoriteit en Rijkswaterstaat Leefomgeving. Voor informatie over biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties is gebruik gemaakt van de CBS-enquête Zuivering van Afvalwater, welke gecombineerd is met de uitvraag voor de meerjarenafspraken energie (MJA). Voor zonnestroom, zonnewarmte, warmtepompen en houtketels voor warmte bij bedrijven zijn specifieke enquêtes uitgestuurd naar de leveranciers van dergelijke systemen. Warmte/koudeopslag is in kaart gebracht op basis van gegevens over vergunningen van de provincies in het kader van de Grondwaterwet.

Voor groen gas (opgevaardeerd biogas dat is ingevoerd in het aardgasnet) is gebruik gemaakt van gegevens van Vertogas. De rol van Vertogas is vergelijkbaar met die van CertiQ.

Het cijfer voor het biogene aandeel van het verbrande afval in afvalverbrandingsinstallaties is afkomstig van Rijkswaterstaat Leefomgeving. De stortgasgegevens komen uit de stortgasenquête van de Werkgroep Afvalregistratie (WAR) van Rijkswaterstaat Leefomgeving en de Vereniging Afvalbedrijven (VA). Aanvullend op de specifieke enquête van het CBS heeft de Dutch Heat Pump Association (DHPA) van haar leden de afzetgegevens over warmtepompen geleverd. De gegevens over de huishoudelijke houtkachels zijn afkomstig van TNO.

Als controle en om de nauwkeurigheid te beoordelen is gebruik gemaakt van overheidsmilieujaarverslagen en van gegevens van de Energie-investeringsaftrekregeling (EIA) van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) voor biomassa-installaties. Het gebruik van de bronnen wordt nader toegelicht in de hoofdstukken 3 tot en met 8.

## 1.3 CBS-publicaties over hernieuwbare energie en release policy

### StatLine

StatLine is de elektronische databank van het CBS waarin nagenoeg alle gepubliceerde cijfers te vinden zijn, inclusief een korte methodologische toelichting. Momenteel zijn er tien StatLinetabellen over hernieuwbare energie:

1. Hernieuwbare energie; verbruik (ook in het Engels)
2. Hernieuwbare elektriciteit
3. Vloeibare biotransportbrandstoffen (ook in het Engels)
4. Biomassa; verbruik per techniek
5. Aardwarmte en bodemenergie
6. Warmtepompen
7. Windenergie per maand (ook in het Engels)
8. Windenergie op land per provincie
9. Windenergie op land naar ashoogte
10. Zonnewarmte.

De jaarcijfers van hernieuwbare energie worden in principe drie keer per jaar geüpdatet. In februari verschijnen voorlopige cijfers over hernieuwbare elektriciteit, in mei voorlopige cijfers over hernieuwbare energie totaal, beide over het voorafgaande jaar. Het aantal uitsplitsingen van de hernieuwbare energie is dan nog beperkt, omdat van veel bronnen nog onvoldoende betrouwbare informatie beschikbaar is. De tweede publicatie van de jaarcijfers is in juni, als de nader voorlopige jaarcijfers verschijnen. Voor elke bron-techniekcombinatie is dan een voorlopig cijfer beschikbaar.

In december kunnen de meeste cijfers als definitief worden gepubliceerd, uitgezonderd die cijfers die afhankelijk zijn van het totale energieverbruik wat pas een jaar later definitief wordt. Voor deze uitzondering gaat het om de cijfers die hernieuwbare energie uitdrukken als het aandeel van een totaal. De cijfers die in december gepubliceerd worden, worden ook gebruikt voor de officiële internationale rapportages.

Over windenergie worden op maandbasis voorlopige cijfers gepubliceerd binnen twee maanden na afloop van de verslagmaand.

### Jaarrapport

Dit rapport verschijnt één keer per jaar in september. Het jaartal in de titel heeft steeds betrekking op het meest recente verslagjaar in het rapport. Het jaarrapport is gebaseerd op de nader voorlopige cijfers van juni. De ervaring leert dat de verschillen tussen de nader voorlopige cijfers en de definitieve cijfers voor de meeste onderdelen gering zijn.

## Compendium voor de Leefomgeving

Het Compendium voor de Leefomgeving is een website ([www.clo.nl](http://www.clo.nl)) met feiten en cijfers over milieu, natuur en ruimte in Nederland. Het is een uitgave van het CBS, het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en Wageningen Universiteit en Researchcentrum (Wageningen UR). Het CBS levert vier indicatoren over hernieuwbare energie:

- verbruik van hernieuwbare energie
- hernieuwbare elektriciteit
- windvermogen in Nederland
- biobrandstoffen.

Deze indicatoren bieden een compact overzicht van de beschikbare cijfers op StatLine geïllustreerd met grafieken en voorzien van achtergrondinformatie over beleid en statistische methoden.

## Maatwerktabellen

Maatwerktabellen worden op verzoek van gebruikers gemaakt en bevatten cijfers die niet op StatLine te vinden zijn, maar wel op een andere wijze op de CBS-website worden gepubliceerd (zie hieronder). De volgende maatwerk tabellen zijn het afgelopen jaar gepubliceerd:

- Warmte/koude-opslag projecten bij woningen, 2015 (december 2016)
- Zonnestroom naar sector, 2015 (december 2016)
- Balans vaste biomassa voor energie, 2013–2015 (december 2016)
- Houtketels voor warmte bij bedrijven eind 2015 (december 2016)
- Warmtepompen met gebruik van bodemwarmte, 2012–2016\* (mei 2017)
- Warmtepompen met gebruik van buitenluchtwarmte, 2012–2016\* (mei 2017).

## Vindplaats op de CBS-website

De informatie over hernieuwbare energie kunt u het snelst als volgt vinden. Ga naar de homepage van het CBS ([www.cbs.nl](http://www.cbs.nl)). Bovenaan de homepage vindt u een overzicht van 'Onderwerpen'. Eén van de onderwerpen is 'Economie'. Als u daarop klikt, kunt u kiezen voor de themapagina 'Industrie en energie'. Op de pagina heeft u toegang tot 'Nieuws', 'Cijfers', 'Cijfers in beeld', 'Verdieping' en 'Boeken'. Bij Cijfers staat een voorselectie van tabellen over het thema. Wilt u andere tabellen, scroll dan naar beneden. Daar kunt u klikken op 'Meer cijfers over Industrie en Energie'. In het volgende scherm treft u de mogelijkheid aan te kiezen voor toegang tot alle Statlinetabellen, waaronder die over hernieuwbare energie. Bij Meer cijfers over industrie en energie vindt u ook de doorklikmogelijkheid naar de maatwerktabellen. Onder Verdieping zijn alle recente artikelen te vinden, maar ook toegang tot het Archief via 'lees meer over'. Bij Boeken treft u onder andere dit rapport aan.

U kunt ook onderaan op de homepage kiezen voor 'Cijfers/Statline'. Als u dat doet, kunt u kiezen tussen zoeken op trefwoord of selecteren via de themaboom. Indien u kiest voor selecteren via de themaboom, moet u vervolgens klikken op 'Industrie en Energie', dan op 'Energie' en tot slot op 'Hernieuwbare energie'.

## 1.4 Attenderingservice

Wilt u actief op de hoogte gehouden worden van nieuwe CBS-publicaties over hernieuwbare energie, stuur dan een e-mail naar [HernieuwbareEnergie@cbs.nl](mailto:HernieuwbareEnergie@cbs.nl) en geef aan dat u wilt worden opgenomen in de mailinglist voor hernieuwbare energiestatistieken.

## 1.5 Internationale cijfers over hernieuwbare energie op internet

Het adres van de website van Eurostat is <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>. Op de homepage kunt u kiezen voor 'Looking for information on a specific topic'. Kies daar het thema 'Environment and Energy' en dan 'Energy'. Vervolgens krijgt u links bovenaan de keuze uit meerdere onderdelen. Via Data\Main Tables' zijn voorgedefinieerde, samenvattende tabellen te vinden. Via Data\Databases vindt u het equivalent van StatLine. 'Publications' geeft toegang tot de pdf-versie van diverse publicaties. Gedetailleerde Informatie over het aandeel hernieuwbare energie in overeenstemming met de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* is te vinden via Data\SHARES (renewables). Toegankelijke uitleg is te vinden onder 'Statistics Explained'. Dit onderdeel is toegankelijk vanaf de homepage van Eurostat.

Het adres van de website van het IEA is [www.iea.org](http://www.iea.org). De standaardpublicatie van het IEA over hernieuwbare energie heet *Renewables Information* en is niet vrij beschikbaar, maar te koop als hard copy of als pdf-bestand. Naast het maken van statistiek heeft het IEA ook een paraplufunctie voor diverse techniekgeoriënteerde samenwerkingsverbanden. Deze worden *Technology agreements* of *Implementing agreements* genoemd. Met betrekking tot hernieuwbare energie bestaat er een aantal van dit soort samenwerkingsverbanden, met vaak eigen websites: [www.ieabioenergy.com](http://www.ieabioenergy.com) over biomassa, [www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org) over zonnestroom en [www.iea-shc.org](http://www.iea-shc.org) over zonnewarmte. Op deze websites zijn diverse publicaties te vinden welke soms ook unieke statistische informatie bevatten.

De officiële publicaties over hernieuwbare energie van Eurostat verschijnen relatief laat na afloop van het verslagjaar en bevatten weinig contextuele informatie. Om toch snel een overzicht te krijgen van de ontwikkelingen en achtergronden daarbij heeft de Europese Commissie opdracht gegeven om per hernieuwbare energietechniek snelle publicaties te maken met een toelichtende tekst over de ontwikkelingen in de belangrijkste landen. Deze publicaties zijn te vinden via de website [www.eurobserv-er.org](http://www.eurobserv-er.org). Deze publicaties zijn relatief snel na afloop van het verslagjaar beschikbaar. Soms wordt volstaan met schattingen, wat ten koste kan gaan van de kwaliteit van de cijfers. Daarentegen zijn de publicaties van Observ'ER meestal wel geschikt voor een snelle indicatie van de ontwikkelingen in de belangrijkste landen.

Tot slot zijn er Europese brancheverenigingen actief op het gebied van statistische informatie. Zo publiceert WindEurope (voorheen European Wind Energy Association)

([www.windeurope.org](http://www.windeurope.org)) doorgaans rond 1 februari cijfers over de afzet van windmolens (in MW) per land in het voorafgaande jaar. Ook de brancheorganisatie voor de productie van biodiesel ([www.ebb-eu.org](http://www.ebb-eu.org)), thermische zonne-energiesystemen ([www.estif.org](http://www.estif.org)) en warmtepompen ([www.ehpa.org](http://www.ehpa.org)) presenteren cijfers per land.

## 1.6 Regionale cijfers over hernieuwbare energie

Het is niet mogelijk om alle cijfers regionaal uit te splitsen. Voor grootschalige technieken zoals afvalverbrandingsinstallaties en het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales heeft dat te maken met de betrouwbaarheid. Uitsplitsing van deze cijfers naar provincie zou ertoe leiden dat cijfers van een individuele installatie herleidbaar zijn.

Voor een aantal andere technieken zijn geen regionale cijfers beschikbaar, omdat het CBS de cijfers vaststelt aan de hand van opgaven van landelijk opererende leveranciers van hernieuwbare-energiesystemen (zonne-energie, warmtepompen) of hernieuwbare energie (biobrandstoffen). Om de lastendruk te beperken vraagt het CBS niet aan deze leveranciers in welke regio zij hun producten hebben afgezet. Maar zelfs als het CBS dit zou vragen, is niet zeker of daarmee wel regionale cijfers gemaakt kunnen worden, omdat deze leveranciers vaak niet direct leveren aan de eindverbruiker.

Voor een aantal technieken zijn wel regionale cijfers beschikbaar. Het gaat om windenergie (hoofdstuk 4), bodemenergie met onttrekking van grondwater (hoofdstuk 6.2) en houtketels voor warmte bij bedrijven (hoofdstuk 8). Op de website van de Klimaatmonitor van Rijkswaterstaat (2016) zijn meer regionale cijfers over hernieuwbare energie beschikbaar. Voor een aantal technieken zijn de CBS-cijfers met verdeelsleutels verder uitgesplitst. Voor andere technieken wordt dat gedeelte van de populatie uitgesplitst waarvoor gegevens beschikbaar zijn.

## 1.7 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van alle bronnen van hernieuwbare energie. In dit hoofdstuk zijn aparte paragrafen opgenomen over hernieuwbare energie totaal, hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte, hernieuwbare energie voor vervoer en over de internationale hernieuwbare-energiestatistieken. Hoofdstuk 3 beschrijft waterkracht, hoofdstuk 4 windenergie, hoofdstuk 5 zonne-energie, hoofdstuk 6 bodemenergie, hoofdstuk 7 buitenluchtwarmte, en hoofdstuk 8 een hele reeks van technieken om biomassa te benutten.

**2.**

**Algemene**

**overzichten**

Dit hoofdstuk geeft een algemeen overzicht over hernieuwbare energie. Eerst volgt een overzicht van het totaal aan hernieuwbare energie met alle vormen van energie bij elkaar waarna uitsplitsingen volgen voor hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte en hernieuwbare energie voor vervoer. Daarna komen paragrafen over internationale vergelijkingen, de methode, werkgelegenheid en subsidies.

## 2.1 Hernieuwbare energie totaal

In de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* uit 2009 is vastgelegd dat 14 procent van het bruto energetisch eindverbruik van energie in 2020 afkomstig moet zijn van hernieuwbare

### 2.1.1 Bruto eindverbruik van hernieuwbare energie

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016**	2016**
										<b>% van totaal hernieuwbaar</b>
<b>Eindverbruik van hernieuwbare energie</b>	<b>PJ</b>									
<i>Bron-techniekcombinatie</i>										
Waterkracht <sup>1)</sup>	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
Windenergie <sup>1)</sup>	0,2	1,1	2,7	7,3	16,2	19,3	20,9	24,9	30,1	24,0
wind op land	0,2	1,1	2,7	7,3	13,5	16,7	18,2	21,2	21,7	17,4
wind op zee					2,8	2,6	2,7	3,7	8,4	6,7
Zonne-energie, totaal	0,1	0,2	0,5	0,8	1,2	2,9	4,0	5,2	6,7	5,4
zonnestroom	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	1,8	2,8	4,0	5,6	4,5
zonnewarmte	0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	0,9
Aardwarmte en bodemenergie		0,0	0,2	0,6	2,5	4,1	4,9	6,1	6,7	5,4
Buitenluchtenergie		0,0	0,0	0,1	0,5	1,2	1,6	2,0	2,6	2,1
Biomassa totaal	21,5	24,2	31,4	48,4	71,6	76,7	78,7	80,7	78,5	62,8
afvalverbrandingsinstallaties	4,1	4,3	9,1	9,8	14,1	18,5	18,6	20,7	20,5	16,4
bij- en meestoken biomassa in centrales		0,0	0,8	13,1	12,9	6,9				
biomassaketels bedrijven, elektriciteit	0,4	0,4	1,0	1,4	4,4	5,3				
biomassaketels bedrijven, alleen warmte	1,7	1,9	2,2	4,1	5,5	5,5	7,6	9,0	9,6	7,7
biomassa bij huishoudens	13,2	13,8	14,5	16,1	17,1	17,9	18,4	18,6	19,0	15,2
stortgas	0,2	1,3	1,1	0,9	0,7	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2
biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties	1,4	1,7	1,8	1,7	1,8	2,0	2,0	1,9	2,1	1,6
biogas uit co-vergisting van mest <sup>2)</sup>				0,0	3,4	3,7	3,9	4,3	4,2	3,4
overig biogas	0,5	0,8	1,0	1,1	2,1	3,4	3,8	4,2	4,3	3,4
vloeibare biotransportbrandstoffen	0,0	0,0	0,0	0,1	9,6	12,9	15,1	13,3	10,4	8,3
<i>Energievorm</i>										
Elektriciteit	2,9	5,1	10,3	26,8	42,2	43,1	42,5	47,4	54,2	43,4
Warmte	19,2	20,8	24,8	30,7	40,7	49,4	53,9	59,4	61,0	48,8
Vervoer	0,0	0,0	0,0	0,1	9,6	12,1	14,1	12,4	9,7	7,8
Totaal eindverbruik hernieuwbare energie	22,1	25,9	35,1	57,6	92,4	104,6	110,5	119,2	125,0	100,0
<b>Berekening aandeel hernieuwbare energie</b>										
Totaal bruto energetisch eindverbruik <sup>3)</sup>	1 819	2 035	2 140	2 296	2 350	2 192	1 993	2 041**	2 090	
	<b>%</b>									
Aandeel hernieuwbare energie in bruto energetisch eindverbruik (%)	1,22	1,27	1,64	2,51	3,93	4,77	5,54	5,84**	5,98	

Bron: CBS.

<sup>1)</sup> Inclusief normalisatieprocedure uit de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie*.

<sup>2)</sup> Tot en met 2004 onderdeel van overig biogas.

<sup>3)</sup> Berekend volgens definities uit de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie*.



energiebronnen. Deze richtlijn is een gezamenlijk besluit van de regeringen van de EU-landen en het Europees Parlement. Het kabinet Rutte II had in het regeerakkoord oorspronkelijk afgesproken om te streven naar 16 procent in 2020 (VVD en PvdA, 2012). In het nationaal Energieakkoord is deze 16 procent opgeschoven naar 2023 (SER, 2013).

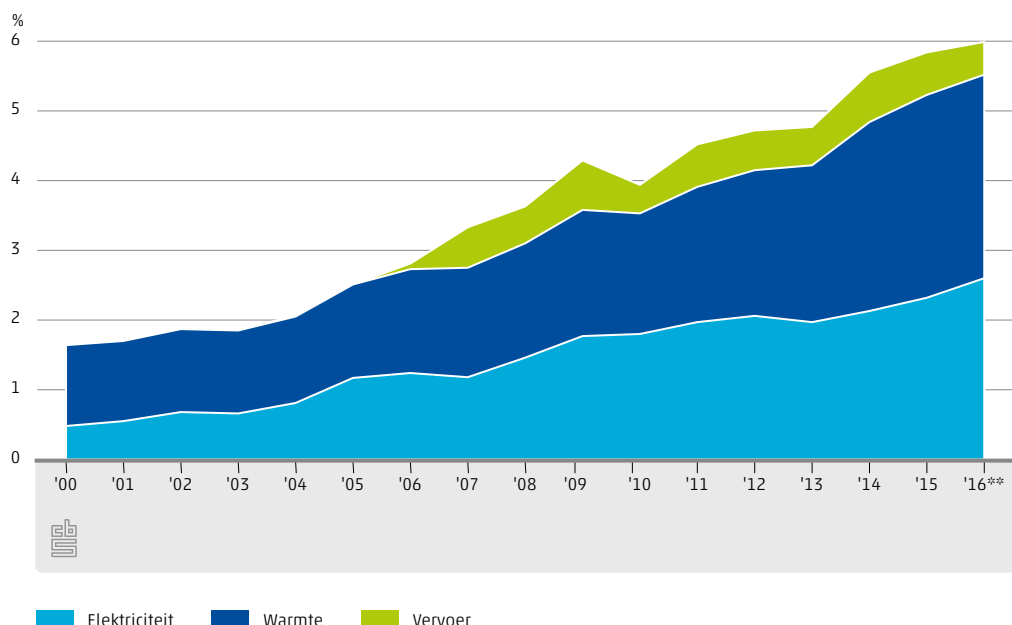
## Ontwikkelingen

In 2016 was het aandeel hernieuwbare energie 6,0 procent van het eindverbruik van energie. Dat is ongeveer gelijk aan het aandeel in 2015 (5,8%). Het verbruik van hernieuwbare energie was in 2016 met 125 petajoule 5 procent hoger dan in 2015. Het verbruik van energie uit biomassa, goed voor 63 procent van het totaal aan hernieuwbare energie, nam met bijna 3 procent af. Hiertegenover stonden flinke stijgingen van energie uit zon (+30%), wind (+21%) en bodem (+10%); samen goed voor ruim een derde van de hernieuwbare energie.

Het opgestelde vermogen voor windenergie groeide met 850 megawatt. Deze groei is vooral te danken aan het gereedkomen van een windmolenproject op zee.

De bijdrage van zonne-energie aan het energieverbruik uit hernieuwbare bronnen is nog beperkt tot 5 procent. De ontwikkeling van de elektriciteitsproductie uit zonnepanelen was in 2016 met een groei van bijna 40 procent fors en net als in 2015 geheel te danken aan de groei van het opgestelde vermogen van de zonnepanelen. In tegenstelling tot de elektriciteitsproductie toont de warmteproductie met zonnecollectoren maar een zeer bescheiden toename. Het totaal aan oppervlak van de zonnecollectoren neemt dan ook nauwelijks toe.

### 2.1.2 Aandeel hernieuwbare energie in bruto energetisch eindverbruik van energie



Het eindverbruik van energie uit hernieuwbare bronnen gebeurt in de vorm van elektriciteit (43%), warmte (49%) en biobrandstoffen voor vervoer (8%). In recente jaren tot 2015 zat de groei vooral bij hernieuwbare warmte, maar in 2015 en 2016 liet juist ook het verbruik van hernieuwbare elektriciteit een grote toename zien. De groei van het totale vermogen van windmolens en zonnepanelen heeft hier belangrijk aan bijgedragen.

Oorspronkelijk werd alleen hernieuwbare elektriciteit fors ondersteund via de *Milieukwaliteit elektriciteitsproductie* (MEP-regeling) uit 2003 (zie ook 2.8). In 2007 kwam daar de stimulering van biobrandstoffen voor vervoer bij via de zogenaamde bijmengplicht (zie 8.11). In de SDE-regeling uit 2008 konden projecten voor de productie van hernieuwbare warmte ook subsidie krijgen, eerst nog alleen in combinatie met elektriciteitsproductie, maar later ook voor projecten met alleen warmte. Achterliggende reden voor deze veranderingen zijn de Europese doelstellingen voor hernieuwbare energie. Tot en met realisatiejaar 2010 waren er alleen Europese doelstellingen voor hernieuwbare elektriciteit en biobrandstoffen voor vervoer. Vanaf 2010 gaat het vooral om de doelstelling voor het totaal aan hernieuwbare energie. Daarbij is voor een rekenmethode gekozen die hernieuwbare warmte relatief zwaar meetelt (zie ook 2.6), waardoor het stimuleren van hernieuwbare warmte een kosteneffectieve manier is om de doelstelling te halen.

Bij MEP en later SDE gaat het om relatief grote projecten waarvoor subsidie aangevraagd kan worden. Om ook de kleine projecten voor de productie van hernieuwbare warmte te stimuleren is in 2016 Investeringssubsidie duurzame energie (ISDE) van start gegaan (zie ook 2.8).

## Methode

De methode voor het bepalen van het eindverbruik van hernieuwbare energie wordt per energiebron beschreven in de hoofdstukken 3 tot en met 8. Voor het totale bruto energetisch eindverbruik tot en met 2015 is gebruik gemaakt van de SHARES-applicatie (Eurostat, 2015). Deze applicatie berekent het bruto eindverbruik van energie op basis van de jaarvragenlijsten over energie die alle lidstaten jaarlijks invullen en opsturen naar Eurostat en IEA. Het nader voorlopige cijfer van de noemer voor 2016 is berekend uit het 2015-cijfer uit SHARES en de mutatie 2016–2015 van het energetisch eindverbruik uit de voorlopige nationale energiebalans 2016 van het CBS.

## 2.2 Hernieuwbare elektriciteit

Tot en met 2010 was er voor hernieuwbare elektriciteit een aparte doelstelling die voortkwam uit de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Elektriciteit* uit 2001. In de nieuwe *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* uit 2009 is er geen aparte doelstelling meer opgenomen voor hernieuwbare elektriciteit. Wel moeten lidstaten rapporteren over het geplande en gerealiseerde aandeel hernieuwbare elektriciteit. In het actieplan voor de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* gaat Nederland er vanuit dat in 2020 37 procent van de gebruikte elektriciteit uit binnenlandse hernieuwbare bronnen komt (Rijksoverheid, 2010).

De productie van windenergie en waterkracht is afhankelijk van het aanbod van wind en water. Op jaarbasis kunnen er flinke fluctuaties zijn. Deze fluctuaties verminderen het zicht op structurele ontwikkelingen. Om deze fluctuaties uit te filteren, zijn normalisatieprocedures gedefinieerd voor elektriciteit uit windenergie en waterkracht. Tabel 2.2.1 geeft de genormaliseerde cijfers en ook de niet genormaliseerde cijfers.

Daarnaast kan onderscheid gemaakt worden tussen de netto en bruto productie van hernieuwbare elektriciteit. Het verschil zit in het eigen verbruik van de installaties. Windmolens, waterkrachtinstallaties en zonnepanelen hebben een klein, verwaarloosbaar, eigen verbruik. Biomassa-installaties hebben juist een relatief groot eigen verbruik. Vooral afvalverbrandingsinstallaties hebben behoorlijk wat elektriciteit nodig voor onder andere rookgasreiniging. Informatie over het eigen verbruik en de netto productie van installaties op biomassa is te vinden in hoofdstuk 8 en op StatLine.

## 2.2.1 Bruto hernieuwbare elektriciteitsproductie in Nederland

	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015	2016**
<b>Mln kWh</b>								
<b>Wind</b>								
Genormaliseerd <sup>1)</sup>	56	314	744	2 033	4 503	5 810	6 917	8 348
waarvan								
op land	56	314	744	2 033	3 737	5 060	5 882	6 027
op zee					765	750	1 035	2 321
Niet genormaliseerd	56	317	829	2 067	3 993	5 797	7 550	8 161
waarvan								
op land	56	317	829	2 067	3 315	5 049	6 420	5 892
op zee					679	748	1 122	1 555
<b>Waterkracht</b>								
Genormaliseerd <sup>1)</sup>	85	98	100	100	101	102	99	98
Niet genormaliseerd	85	88	142	88	105	112	93	100
<b>Zonnestroom</b>	0	2	8	35	56	785	1 122	1 555
<b>Biomassa</b>								
Totaal, inclusief indirecte elektriciteitsproductie uit groen gas	668	1 009	2 019	5 279	7 058	5 096	5 031	5 068
Totaal, exclusief indirecte elektriciteitsproductie uit groen gas	665	998	1 999	5 262	7 043	5 013	4 930	4 963
Afvalverbrandingsinstallaties	539	703	1 272	1 266	1 763	1 909	1 997	2 059
Meestoken in elektriciteitscentrales	0	4	208	3 449	3 237	.	.	.
Biomassaketels bedrijven, elektriciteit	34	36	234	253	1 015	.	.	.
Stortgas								
inclusief indirecte elektriciteitsproductie uit groen gas	19	153	177	148	109	56	50	42
exclusief indirecte elektriciteitsproductie uit groen gas	17	142	158	131	93	46	43	36
Biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties	71	106	111	123	164	201	206	212
Biogas, co-vergisting van mest <sup>2)</sup>				9	575	525	553	524
Overig biogas								
inclusief indirecte elektriciteitsproductie uit groen gas	4	7	17	32	196	306	327	334
exclusief indirecte elektriciteitsproductie uit groen gas	4	7	17	32	196	233	233	235
<b>Totaal hernieuwbaar</b>								
Genormaliseerd <sup>1)3)</sup>	809	1 423	2 871	7 448	11 718	11 793	13 168	15 069
Niet genormaliseerd	807	1 404	2 979	7 452	11 196	11 707	13 694	14 780
<b>Totaal bruto elektriciteitsverbruik</b>	81 098	92 556	108 556	118 222	120 056	118 139	118 818**	120 167
<b>Aandeel hernieuwbaar in bruto elektriciteitsverbruik (%)</b>								
Genormaliseerd <sup>1)3)</sup>	1,0	1,5	2,6	6,3	9,6	10,0	11,1**	12,5
Niet genormaliseerd	1,0	1,5	2,7	6,3	9,2	9,9	11,5**	12,3

Bron: CBS.

<sup>1)</sup> Volgens procedure uit *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* uit 2009.

<sup>2)</sup> Tot en met 2004 onderdeel van overig biogas.

<sup>3)</sup> Inclusief indirecte elektriciteitsproductie uit groen gas (biogas dat na opwaardering tot aardgaskwaliteit is geïnjecteerd in aardgasnet).

## Ontwikkelingen

In 2016 was de bruto genormaliseerde binnenlandse productie van hernieuwbare elektriciteit 12,5 procent van het elektriciteitsverbruik. Dat is ruim een procentpunt meer dan 2015. De omzetting van biomassa in elektriciteit bleef vrijwel gelijk. De productie met vooral windmolens en zonnepanelen nam sterk toe.

De genormaliseerde productie van de windmolens was in 2016 8 300 mln kWh. Dit komt overeen met 7 procent van het Nederlandse stroomverbruik; een procentpunt meer dan in 2015. De genormaliseerde productie was 1 400 mln kWh hoger dan vorig jaar vanwege de uitbreiding van de capaciteit.

De bijdrage van binnenlandse zonnestroom aan de Nederlandse stroomvoorziening is in 2016 fors gegroeid maar bleef nog beperkt tot 1,3 procent. Met de zonnepanelen werd bijna 1600 mln kWh opgewekt en dat was 39 procent meer dan in 2015.

## Certificaten van Garanties van Oorsprong voor groene stroom

Via CertiQ kunnen binnenlandse producenten van hernieuwbare elektriciteit certificaten van Garanties van Oorsprong (GvO's) krijgen voor hun hernieuwbare stroom. Deze Garantie van Oorsprong is nodig om gebruik te kunnen maken van de subsidies voor groene stroom en om de eindafnemers te garanderen dat de afgenomen groene stroom ook daadwerkelijk groen is. Ook is het mogelijk om Garanties van Oorsprong te importeren.

### 2.2.2 Overzicht van de Garanties van Oorsprong voor groene stroom van CertiQ, exclusief certificaten voor warmtekrachtkoppeling (mln kWh)

	2003	2004	2005 <sup>2)</sup>	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	Mln kWh													
Aanmaak uit binnenlandse productie	2 648	4 077	6 733	8 198	6 704	9 000	10 187	10 701	11 127	12 831	12 058	11 447	13 052	14 391
Import	9 713	10 462	9 799	9 110	12 271	18 924	16 938	15 987	25 534	32 774	39 835	32 496	34 286	37 525
Afgeboekt voor levering	12 315	16 227	14 791	14 567	16 620	21 530	25 372	27 450	33 478	34 953	39 956	37 887	42 702	48 031
Verlopen certificaten	1 831	297	228	1 227	832	426	844	653	408	666	1 411	1 015	1 255	524
Teruggetrokken certificaten <sup>1)</sup>	42	119												
Niet-verhandelbare certificaten <sup>3)</sup>	0	65	339	305	251	328	522	573	589	745	863	828	810	1 127
Export	0	3	26	186	233	1 476	309	417	3 293	3 817	6 184	7 000	3 491	3 088
Voorraad begin van het jaar	7 456	5 628	3 455	4 580	5 603	6 643	10 807	10 886	8 480	7 373	12 797	16 277	13 490	12 571
Voorraad mutatie	-1 828	-2 173	1 125	1 023	1 039	4 165	78	-2 406	-1 107	5 424	3 480	-2 787	-919	-854
Voorraad einde van het jaar	5 628	3 455	4 580	5 603	6 643	10 807	10 886	8 480	7 373	12 797	16 277	13 490	12 571	11 717

Bron: CertiQ.

<sup>1)</sup> Vanaf 2005 is deze post verdisconteerd met de uitgegeven certificaten.

<sup>2)</sup> De balans voor 2005 is niet volledig sluitend. Vanwege het geringe verschil (20 mln kWh) is de oorzaak daarvan niet nader onderzocht.

<sup>3)</sup> Dit zijn certificaten die zijn uitgegeven voor geproduceerde hernieuwbare elektriciteit die door de productieinstallatie zelf direct weer verbruikt is.

De vraag naar groene stroom was in 2016 48 miljard kilowattuur (CertiQ, 2017). Dat zijn de Garanties van Oorsprong die zijn afgeboekt voor levering van groene stroom. Dat is opnieuw 5 miljard kWh meer dan het jaar ervoor en komt overeen met 40 procent van het totale bruto elektriciteitsverbruik.

De binnenlandse productie van hernieuwbare elektriciteit was met 14 miljard kWh ook in 2016 aanzienlijk kleiner dan de vraag naar groene stroom. Daarom is er een forse import van GvO's, die al jaren hoger is dan de aangemaakte GvO's uit de binnenlandse productie van hernieuwbare elektriciteit.

De meeste geïmporteerde GvO's komen uit Noorwegen (26 procent), Italië (22 procent) en Denemarken (16 procent) (CertiQ 2017). De import van GvO's staat los van de fysieke import van stroom. Dat verklaart waarom de totale import van GvO's in 2013 groter kon zijn dan de fysieke import van stroom en waarom we ook GvO's uit IJsland (CertiQ, 2017) konden importeren, een land waarmee ons elektriciteitsnet niet verbonden is.

Internationaal is er waarschijnlijk nog steeds sprake van een overschot aan GvO's voor groene stroom. Dit is te zien aan het forse aantal verlopen certificaten en het feit dat groene stroom niet, of maar een klein beetje, duurder is dan grijze stroom. De reden voor het overschot is dat in veel andere landen alleen de aanbodzijde van hernieuwbare elektriciteit wordt gestimuleerd, terwijl in Nederland ook de vraagzijde aandacht krijgt via het aanbieden van groene stroom aan eindverbruikers. De toename van de vraag naar groene stroom in Nederland heeft waarschijnlijk niet geleid tot een toename van de productie van groene stroom, in Nederland of elders in Europa, maar alleen tot een toename van het aantal bestaande installaties buiten Nederland dat certificaten aanbiedt.

De aanmaak van certificaten voor GvO's voor binnenlandse productie van hernieuwbare elektriciteit is niet precies gelijk aan de daadwerkelijke fysieke productie. Het verschil is de laatste jaren maximaal 5 procent. Er zijn twee belangrijke redenen voor dit verschil. Ten eerste zit er doorgaans één en soms een paar maanden tussen de fysieke productie en de uitgifte van de GvO's. Ten tweede zijn er installaties die wel hernieuwbare elektriciteit maken, maar die geen GvO's aanvragen.

## 2.3 Hernieuwbare warmte

In tegenstelling tot hernieuwbare elektriciteit en hernieuwbare energie voor vervoer zijn er voor hernieuwbare warmte nooit concrete beleidsdoelstellingen op nationaal of Europees niveau geweest. Voor de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* uit 2009 zijn landen wel verplicht om te rapporteren over het geplande en gerealiseerde aandeel eindverbruik van energie voor verwarming uit hernieuwbare bronnen. In het bij de EU ingediende actieplan voor hernieuwbare energie geeft Nederland aan dat de regering vooralsnog uitgaat van 9 procent hernieuwbare warmte in 2020 (Rijksoverheid, 2010).

## Ontwikkelingen

Het aandeel hernieuwbare warmte groeit geleidelijk. In tegenstelling tot hernieuwbare elektriciteit werd de ontwikkeling van hernieuwbare warmte in het verleden veel minder gestimuleerd door subsidies. De door een wisselend subsidiebeleid veroorzaakte pieken en dalen van het groeitempo, zoals bij hernieuwbare elektriciteit, zijn bij hernieuwbare warmte daardoor niet aanwezig. De beperkte subsidiëring van hernieuwbare warmte hangt samen met het ontbreken van concrete beleidsdoelstellingen. In het verleden was er wel een nationale doelstelling voor hernieuwbare energie totaal, maar die heeft tot minder concrete stimuleringsmaatregelen geleid dan de doelstelling voor hernieuwbare elektriciteit.

Inmiddels is er wel wat veranderd. In de nieuwe subsidieregeling SDE was er al een bonus voor warmte bij projecten met gelijktijdige productie van elektriciteit en warmte. Vanaf 2012 is er in de SDE+ ook subsidie voor installaties die alleen warmte uit hernieuwbare bronnen produceren en vanaf 2016 is er ISDE voor diverse kleinschalige technieken voor hernieuwbare warmte. Wat meespeelt bij deze verandering is dat hernieuwbare warmte een relatief goedkope bijdrage levert aan het aandeel hernieuwbare energie voor de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* (Lensink et al., 2012) en dat hernieuwbare warmte relatief zwaar meetelt in de rekenmethode voor deze richtlijn (paragraaf 2.6). Doel van de SDE+ is het zo kosteneffectief mogelijk bereiken van de Europese doelstelling van 14 procent hernieuwbare energie in 2020 (Energierapport 2011, Ministerie EL&I, 2011a).

### 2.3.1 Eindverbruik voor verwarming uit hernieuwbare energiebronnen

	1990	1995	2000	2005	2010	2014	2015	2016**
<b>TJ</b>								
Zonewarmte	100	211	454	719	994	1 128	1 137	1 147
Aardwarmte	.	.	.	.	318	1 502	2 448	2 843
Bodemenergie	.	31	156	628	2 183	3 404	3 634	3 855
Buitenluchtwarmte	.	7	23	81	536	1 592	2 019	2 635
Biomassa, wv.	19 125	20 550	24 153	29 264	36 648	46 300	50 179	50 541
afvalverbrandingsinstallaties	2 203	1 770	4 548	5 241	7 708	11 757	13 523	13 060
meestoken in elektriciteitscentrales	0	1	15	693	1 267	.	.	.
biomassaketels voor warmte bedrijven	1 725	1 946	2 212	4 105	5 477	7 558	9 034	9 611
houtkachels huishoudens	12 949	13 540	14 187	15 857	16 859	18 111	18 368	18 766
houtschool	270	270	270	270	270	270	270	270
decentrale wkk met vaste en vl. biomassa	233	247	188	468	784	.	.	.
stortgas <sup>2)</sup>	157	705	475	351	267	233	202	159
biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties	1 142	1 278	1 361	1 306	1 258	1 288	1 205	1 296
biogas, co-vergisting van mest <sup>1)</sup>	.	.	.	18	1 333	2 014	2 300	2 340
overig biogas <sup>2)</sup>	446	792	897	954	1 424	2 724	3 065	3 107
vloeibare biotransportbrandstoffen	.	.	.	.	.	1 011	923	700
<b>Totaal hernieuwbaar</b>	<b>19 226</b>	<b>20 798</b>	<b>24 785</b>	<b>30 691</b>	<b>40 679</b>	<b>53 927</b>	<b>59 417</b>	<b>61 022</b>
<b>Totaal eindverbruik voor verwarming</b>	<b>1 863 632</b>	<b>1 236 853</b>	<b>1 212 131</b>	<b>1 265 269</b>	<b>1 300 649</b>	<b>1 045 416</b>	<b>1 077 130</b>	<b>1 116 651**</b>
<b>Aandeel hernieuwbare warmte (%)</b>	<b>1,8</b>	<b>1,7</b>	<b>2</b>	<b>2,4</b>	<b>3,1</b>	<b>5,2</b>	<b>5,5</b>	<b>5,5**</b>

Bron: CBS.

<sup>1)</sup> Tot en met 2004 onderdeel van overig biogas.

<sup>2)</sup> Inclusief indirect eindverbruik van warmte uit groen gas (biogas dat na opwaardering is geïnjecteerd in aardgasnet).

In 2016 bleef het aandeel hernieuwbare warmte in het totale eindverbruik van energie voor warmte met 5,5 procent vrijwel ongewijzigd ten opzichte van een jaar eerder. Het aandeel bleef gelijk omdat de groei van hernieuwbare warmte (+3%) procent wegviel tegen de groei van het totale verbruik van energie voor warmte. Met name de huishoudens en de industrie hebben voor verwarming respectievelijk in de productie meer verbruikt. De toename van het verbruik van hernieuwbare warmte was vooral een gevolg van de toegenomen levering van warmte via het gebruik van aardwarmte, bodemwarmte en buitenluchtwarmte en met biomassaketels bij bedrijven. De warmtelevering uit afvalverbrandingsinstallaties nam iets af.

De belangrijkste bron voor hernieuwbare warmte zijn de houtkachels van huishoudens. De cijfers hierover bevatten overigens wel de nodige onzekerheid. Impliciete steun van de overheid voor het houtverbruik door huishoudens is de energiebelasting op aardgas en het ontbreken van een energiebelasting op hout. Voor veel huishoudens is geld overigens niet de belangrijkste drijfveer om hout te stoken: sfeer is ook een belangrijke factor. Er is een neerwaartse trend waar te nemen in het aantal open haarden (rendement geschat op 10 procent) en een opwaartse trend bij vrijstaande kachels (rendement geschat op ruim 70 procent).

## 2.4 Hernieuwbare energie voor vervoer

De *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* uit 2009 bevat niet alleen een bindende doelstelling voor hernieuwbare energie totaal maar ook een bindende doelstelling voor hernieuwbare energie voor vervoer. In 2020 moet het verbruik van hernieuwbare energie voor vervoer 10 procent zijn van het totale verbruik van benzine, diesel, biobrandstoffen en elektriciteit voor vervoer. Om dit doel te bereiken heeft de nationale overheid leveranciers van benzine en diesel verplicht om een (oplopend) aandeel van de geleverde energie uit hernieuwbare bronnen te laten komen (*Wet Milieubeheer, onderdeel Hernieuwbare Energie Vervoer*). Meestal doen ze dat door het bijmengen van biobrandstoffen in gewone benzine of diesel.

### Ontwikkelingen

In 2016 was het aandeel hernieuwbare energie voor vervoer 4,6 procent en is daarmee bijna een procentpunt minder dan in 2015. Ook in 2015 was sprake van een daling en opnieuw is het een gevolg van een afgenomen verbruik van vloeibare biotransportbrandstoffen. De biotransportbrandstoffen zijn de belangrijkste component van hernieuwbare energie voor vervoer. Deze daling ging samen met een verandering van de wetgeving, waardoor het voor brandstofleveranciers vanaf verslagjaar 2015 mogelijk is om biobrandstoffen mee te laten tellen voor de verplichting op een moment dat nog niet zeker is dat deze biobrandstoffen op de Nederlandse markt komen. Het CBS gaat uit van de daadwerkelijke leveringen op de Nederlandse markt. In 2016 is zowel het verbruik van biodiesel als van biobenzine gedaald met ongeveer 20 procent. Zie verder ook paragraaf 8.11.

## 2.4.1 Berekening aandeel hernieuwbaar in eindverbruik van energie voor vervoer volgens de EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie

	Berekening	2011	2012	2013	2014	2015	2016**
<b>Duurzame biobrandstoffen</b>							
Op de markt gebracht (TJ)	<b>A</b>	13 438	12 527	12 122	14 091	12 391	9 736
waarvan dubbeltellend (TJ)	<b>B</b>	6 958	7 368	7 474	8 900	6 033	4 982
Op de markt gebracht, inclusief verrekening dubbeltelling (TJ)	<b>C=A+B</b>	20 396	19 895	19 596	22 991	18 424	14 718
<b>Hernieuwbare elektriciteit voor railvervoer</b>							
Totaal verbruik elektriciteit voor vervoer (TJ)	<b>D</b>	6 223	6 275	6 179	5 926	5 634	5 731
Gemiddeld aandeel hernieuwbare elektriciteit in EU (%) <sup>1)</sup>	<b>E</b>	19,0	19,7	21,7	23,5	25,4	27,5
Rekenfactor voor hernieuwbare elektriciteit in spoorvervoer	<b>F</b>	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Verbruik hernieuwbare elektriciteit voor vervoer (TJ)	<b>G=D×E/100×F</b>	2 951	3 083	3 349	3 479	3 573	3 934
<b>Hernieuwbare elektriciteit voor wegvervoer</b>							
Totaal verbruik elektriciteit voor vervoer (TJ)	<b>H</b>	45	72	123	253	673	1 001
Gemiddeld aandeel hernieuwbare elektriciteit in EU (%) <sup>1)</sup>	<b>I</b>	19,0	19,7	21,7	23,5	25,4	27,5
Rekenfactor voor hernieuwbare elektriciteit in wegvervoer	<b>J=G×H/100×I</b>	5	5	5	5	5	5
Verbruik hernieuwbare elektriciteit voor wegvervoer (TJ)	<b>K=H×I/100×J</b>	43	71	133	297	854	1 374
<b>Berekening aandeel hernieuwbaar vervoer uit EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie</b>							
Totaal teller (TJ)	<b>L=C+G+K</b>	23 390	23 048	23 078	26 766	22 852	20 027
Noemer (verbruik benzine, diesel en elektriciteit voor vervoer) (TJ) <sup>2)</sup>	<b>M</b>	487 034	467 111	455 382	429 013	433 546	432 139
Aandeel hernieuwbare energie voor vervoer (%)	<b>N=L/1000/M*100</b>	4,8	4,9	5,1	6,2	5,3	4,6
<b>Verplicht aandeel hernieuwbare energie voor vervoer voor leveranciers van benzine en diesel in Nederland volgens nationale wetgeving<sup>3)</sup></b>							
		4,25	4,50	5,00	5,50	6,25	7,00

Bron: CBS.

<sup>1)</sup> In overeenstemming met de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* gaat het hier om het aandeel hernieuwbare elektriciteit twee jaar voor het referentiejaar. Bron voor data Eurostat (2016).

<sup>2)</sup> Berekend met voorgeschreven calorische waarden voor benzine en diesel uit de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie*. Deze wijkt wat of van de calorische waarde die het CBS hanteert in de standaard nationale en internationale energiestatistieken.

<sup>3)</sup> Berekend op een iets andere wijze, zie tekst.

Bij de berekening van het aandeel hernieuwbare energie voor vervoer tellen biobrandstoffen uit afval dubbel. Het aandeel dubbeltellende biobrandstoffen is, sinds de introductie van de dubbeltellingsregeling in 2009, tot en met 2012 steeds gestegen, daarna stabiel en de laatste jaren gedaald. Deze ontwikkeling is te verklaren doordat de laatste jaren bijna alle op de markt gebrachte biodiesel dubbel tellend is en voor biobenzine het aandeel dubbel tellend beperkt blijft.

Ook elektriciteit voor railvervoer levert een substantiële bijdrage, mede doordat gerekend mag worden met het EU-gemiddelde aandeel hernieuwbare elektriciteit (veel hoger dan het Nederlandse) en sinds kort ook met rekenfactor van 2,5 (zie methode hieronder). Elektriciteit voor wegvervoer levert nog steeds een marginale bijdrage, ondanks de relatief sterke groei van het aantal elektrische voertuigen en de rekenfactor van 5 uit de Richtlijn Hernieuwbare Energie.

Het verplichte aandeel hernieuwbare energie voor vervoer uit de nationale wet *Besluit Hernieuwbare Energie voor Vervoer* wordt op een andere manier berekend dan het aandeel hernieuwbare energie voor vervoer uit de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* (zie methodesectie). Daardoor loopt het gerealiseerde aandeel hernieuwbare energie voor vervoer volgens de EU-richtlijn niet gelijk op met het verplichte aandeel hernieuwbare energie voor vervoer volgens de nationale wet *Besluit Hernieuwbare Energie voor Vervoer*.



## Methode

Voor de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* tellen alleen biobrandstoffen mee welke voldoen aan duurzaamheidscriteria uit deze Richtlijn. Het gebruik van duurzame biobrandstoffen is bepaald zoals beschreven in 8.11.

In september 2015 is een aanpassing van de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* gepubliceerd (Europees Parlement en de Raad, 2015). Deze aanpassing staat bekend als de ILUC Richtlijn, voortvloeiend uit discussie over de duurzaamheid van het gebruik van biobrandstoffen. In het bijzonder gaat het dan om indirecte effecten op het landgebruik (Indirect Land Use Change, ILUC), waarmee wordt bedoeld dat de teelt van gewassen voor biobrandstoffen ongunstige verschuivingen in het landgebruik kan veroorzaken. Het is heel lastig om dergelijke effecten precies uit te rekenen, maar een meerderheid van de verantwoordelijke politici vond de verschenen studies daarover voldoende overtuigend om het gebruik van biobrandstoffen voor vervoer uit voedselgewassen te beperken tot 7 procent van het totaal verbruik van benzine, diesel en elektriciteit voor vervoer.

Een tweede aanpassing van de Richtlijn is dat er meer aandacht is voor milieutechnische goede biobrandstoffen, die, net als in de oorspronkelijke Richtlijn, dubbel mogen tellen voor het aandeel hernieuwbare energie voor vervoer (maar niet voor de doelstelling voor het aandeel hernieuwbare energie in het totaal verbruik). De aanpassing betreft vooral het preciezer weergeven welke biobrandstoffen dubbel mogen tellen en het splitsen van deze groep in twee subgroepen: geavanceerde biobrandstoffen en biobrandstoffen uit dierlijk vet en gebruikt frituurvet. Voor het verbruik van biobrandstoffen uit de eerste subgroep geldt een apart indicatief doel van 0,5 procent van het totaal verbruik van benzine, diesel en elektriciteit voor vervoer in 2020. De bepaling van het aandeel dubbeltellende biobrandstoffen in Nederland is beschreven in 8.11 en verandert niet wezenlijk door aanpassing van de Richtlijn.

Een derde aanpassing betreft het extra stimuleren van het verbruik van elektriciteit voor vervoer. De bijdrage van hernieuwbare elektriciteit voor rail- en wegvervoer is bepaald op basis van het totale verbruik van elektriciteit voor rail- en wegvervoer vermenigvuldigd met het EU-aandeel hernieuwbare elektriciteit twee jaar voor het verslagjaar. Deze verschuiving van twee jaar is een bestaande afspraak uit de EU-richtlijn. De richtlijn geeft landen de keus om voor de berekening van het verbruik van hernieuwbare elektriciteit voor vervoer te kiezen uit het aandeel hernieuwbare elektriciteit uit het eigen land of het aandeel hernieuwbare elektriciteit uit de EU. Nederland heeft gekozen voor het EU-aandeel. Dat is namelijk aanmerkelijk hoger. In de oorspronkelijke EU-Richtlijn is afgesproken dat het verbruik van hernieuwbare elektriciteit voor wegvervoer met 2,5 wordt vermenigvuldigd. Deze factor is in de nieuwe Richtlijn verhoogd naar 5. In de aangepaste Richtlijn is ook een vermenigvuldigingsfactor voor elektriciteit voor railvervoer geïntroduceerd. Deze is 2,5. Het aandeel hernieuwbare elektriciteit voor weg- en railvervoer is overgenomen uit de CBS-energiebalans, met voorlopige cijfers voor 2016.

Via de wet *Hernieuwbare Energie Vervoer* uit 2015 (voortbouwend op vergelijkbare wetten met verplichtingen) zijn Nederlandse oliebedrijven verplicht om hernieuwbare energie op de markt te brengen. Deze verplichting geldt voor een oplopend percentage van de in Nederland geleverde benzine en diesel. In 2016 was dat percentage 7 en dit loopt op naar 10 procent in 2020. In een brief aan de Kamer heeft de staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu het voornemen uitgesproken om de nationale verplichting voor het verbruik

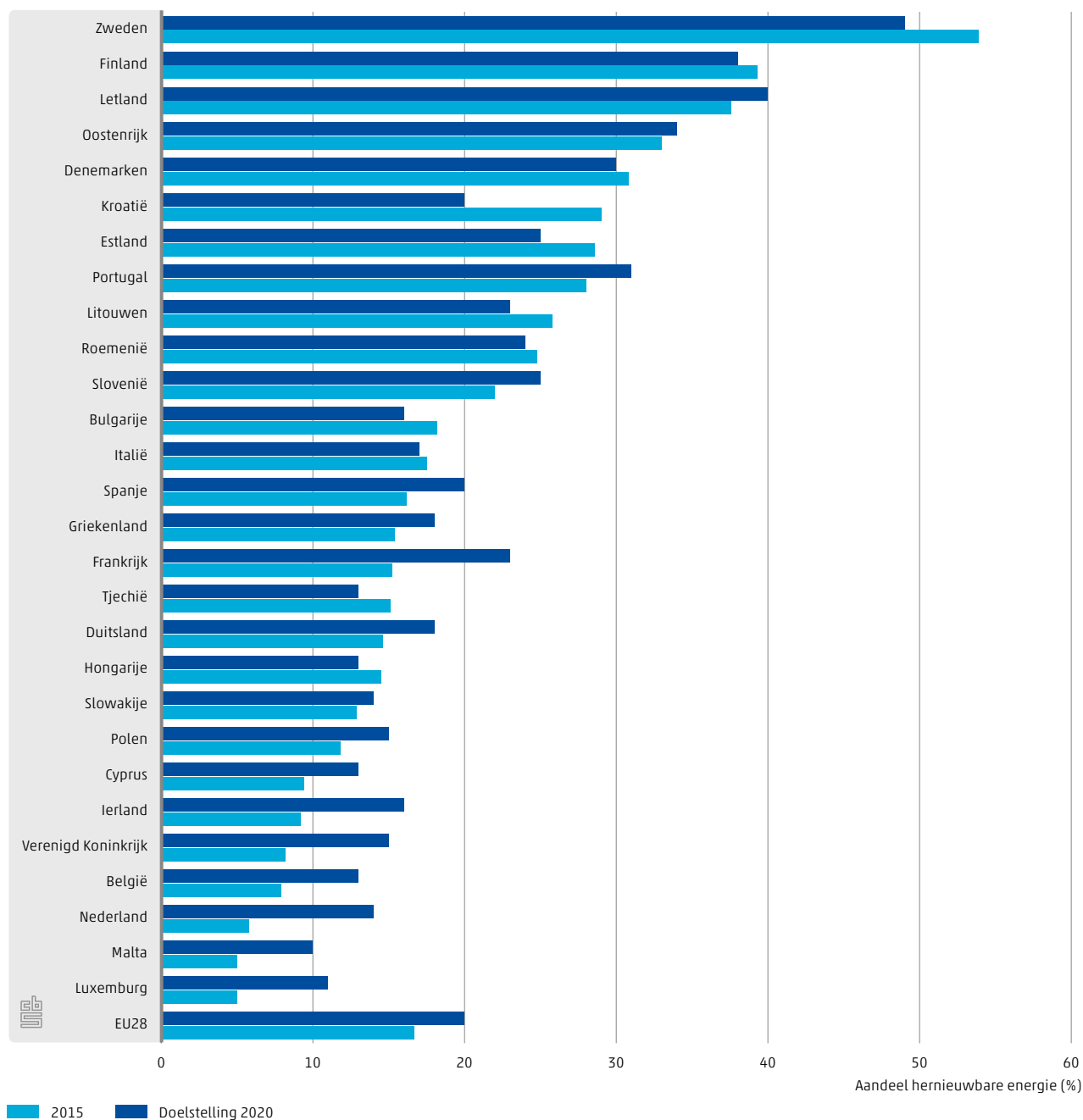
van hernieuwbare energie voor vervoer voor 2020 te verhogen naar 16,4 procent (IenM, 2017). Deze verhoging wordt voorgesteld om te zorgen dat biobrandstoffen voor vervoer voldoende bijdragen aan het realiseren van de doelstelling voor het totaal verbruik van hernieuwbare energie (14 procent in 2020). De berekening voor het aandeel hernieuwbare energie voor vervoer uit de wet *Hernieuwbare Energie Vervoer* (zoals toegepast door NEa) is niet precies hetzelfde als de berekening volgens de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* zoals in tabel 2.4.1, waardoor de resulterende percentages verschillen. De rekenwijze verschilt op de volgende onderdelen:

- Carry-over: Oliebedrijven hebben de voor de wet *Hernieuwbare Energie voor Vervoer* de mogelijkheid om het ene jaar meer te doen en het andere jaar minder. De EU-Richtlijn kent deze verschuiving niet en gaat uit van de fysieke leveringen in het verslagjaar. Deze flexibiliteit verlaagt de kosten voor de oliebedrijven.
- Hernieuwbare elektriciteit voor railvervoer: Elektriciteit voor railvervoer is geen onderdeel van de wet *Hernieuwbare Energie Vervoer*, maar telt wel mee voor de EU-doelstelling via het EU-gemiddelde aandeel hernieuwbare elektriciteit.
- Biogas: Voor de wet *Hernieuwbare Energie Vervoer* kan biogas meetellen voor de verplichting via fysieke levering van aardgas aan wegvervoer in combinatie met een bewijs dat ergens in Nederland groen gas is toegevoegd aan het aardgasnet. Voor de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* telt alleen de fysieke levering van biogas aan vervoer. Deze levering is nog verwaarloosbaar in Nederland, omdat het aandeel groen gas in het aardgasnet nog zeer klein is (zie ook 8.1).
- Biobrandstoffen voor mobiele werktuigen: Mobiele werktuigen in de bouw en landbouw gebruiken net als veel wegvoertuigen diesel. In deze diesel zit ook biodiesel bijgemengd. Voor de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* valt het gebruik van (bio)diesel voor deze mobiele werktuigen niet onder vervoer en telt deze dus niet mee voor het verplichte aandeel hernieuwbare energie voor vervoer. Voor de wet *Hernieuwbare Energie Vervoer* tellen de biobrandstoffen geleverd aan mobiele werktuigen wel mee bij het voldoen aan de verplichting.
- Berekening noemer: in de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* gaat het om benzine, diesel en elektriciteit voor wegvervoer en spoor. In de wet *Hernieuwbare Energie Vervoer* gaat het ook om alle belast uitgeslagen benzine en diesel, waarbij onder bepaalde voorwaarden leveringen aan mobiele werktuigen mogen worden uitgesloten.
- Telmoment: Voor de Richtlijn Hernieuwbare Energie worden biobrandstoffen geteld op het moment dat ze volgens de energiestatistieken fysiek op de Nederlandse markt komen. Dat is het moment dat er accijns wordt afgedragen. Voor de wet *Hernieuwbare Energie Vervoer* kunnen sinds 2015 biobrandstoffen geteld worden op het moment dat de biobrandstoffen aan een Nederlandse afnemer zijn verkocht. Een eventueel daarop volgende export van de biobrandstoffen is voor de wet niet van belang. Volgens de eerder genoemde Kamerbrief van de staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu wordt dit onderdeel van de wet mogelijk aangepast (IenM, 2017).

## 2.5 Internationale vergelijking

Nederland heeft weinig hernieuwbare energie ten opzichte van veel andere Europese landen. In de ranglijst voor het aandeel hernieuwbare energie staat ons land op de derde plaats van onderen. In 2015 komt in Nederland 5,8 procent van alle energie uit hernieuwbare bronnen, bij koploper Zweden is dit bijna 54 procent.

## 2.5.1 Aandeel hernieuwbare energie in bruto energetisch eindverbruik



Bron: CBS voor Nederland, Eurostat (2017a) voor andere landen.

Er zijn drie belangrijke redenen waarom Nederland zo laag staat op de Europese ranglijst. Ten eerste hebben we nauwelijks waterkracht door de geringe hoogteverschillen in onze rivieren. Ten tweede wordt er weinig hout verbruikt door huishoudens. In Nederland hebben bijna alle huishoudens een aardgas aansluiting en soms stadsverwarming. In veel andere landen ontbreken deze aansluitingen op het platteland. Hout concurreert in Nederland dus altijd met het makkelijke en goedkope gas of met stadsverwarming. In het buitenland zijn er veel gebieden waar hout alleen concurreert met elektriciteit, kolen of olie. Deze laatste drie energiedragers zijn relatief duur en en/of bewerkelijk. In die gebieden is hout daarom relatief snel aantrekkelijk.

Er is een derde reden waarom het aandeel hernieuwbare energie in Nederland lager is dan in bijvoorbeeld Denemarken, Duitsland of Spanje. In deze landen heeft de overheid 'nieuwe' vormen van hernieuwbare energie zoals windenergie of zonnestroom meer gesteund dan in ons land. Dit is een politieke keuze. Direct of indirect kost het stimuleren van deze vormen van hernieuwbare energie geld en in Nederland heeft de politiek dat er niet altijd voor over gehad.

Sinds 2014 is hierin wel verandering gekomen met het 'op stoom komen' van de SDE+ subsidieregeling en de forse verhogingen van de subsidiebudgetten (zie verder paragraaf 2.8 Subsidies). De ruimere subsidiemogelijkheden zijn echter nog beperkt zichtbaar in de realisatiecijfers, omdat vooral voor de grote projecten er veel tijd zit tussen plannen, aanvraag en realisatie.

## 2.6 Vergelijking methoden voor berekening totaal aandeel hernieuwbare energie

Het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie* beschrijft drie methodes om het aandeel hernieuwbare energie uit te rekenen, namelijk de bruto-eindverbruikmethode, de substitutiemethode en de primaire energiemethode.

### Bruto-eindverbruikmethode

In de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* uit 2009 hebben Europese regeringen en het Europees Parlement gezamenlijk afgesproken om 20 procent van het energetisch eindverbruik van energie in 2020 uit hernieuwbare bronnen te laten komen. In de richtlijn is het eindverbruik opgebouwd uit drie componenten: elektriciteit, warmte en vervoer. Voor elektriciteit is het eindverbruik van hernieuwbare energie gelijk gesteld aan de bruto binnenlandse productie. Voor warmte is het eindverbruik van hernieuwbare energie gelijk aan het eindverbruik van hernieuwbare energie (bijvoorbeeld de inzet van hout in kachels) plus de verkochte warmte uit hernieuwbare bronnen (bijvoorbeeld de geleverde warmte aan stadsverwarming). Voor vervoer gaat het om de biobrandstoffen die geleverd zijn op de nationale markt, al dan niet gemengd in gewone benzine en diesel. Leveringen aan vliegtuigen tellen wel mee, leveringen aan internationale scheepvaart niet.

Voor het totale eindverbruik van energie (de noemer) gaat het bij de EU-richtlijn alleen om het eindverbruik van energie in de industrie (exclusief raffinaderijen), de dienstensector, de landbouw, huishoudens en vervoer. Daar komt dan nog een kleine bijdrage van de transportverliezen van elektriciteit en warmte en het eigen verbruik van elektriciteit en warmte voor elektriciteitsproductie bij. Het andere eigen verbruik van de energiesector, zoals de ondervuring bij de raffinaderijen, telt niet mee. Het gaat alleen om het energetisch verbruik van energie. Het niet-energetisch verbruik van energie, bijvoorbeeld olie of biomassa voor het maken van plastics, telt niet mee.

Vloeibare biomassa telt in de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* alleen mee als deze voldoet aan de duurzaamheidscriteria uit deze Richtlijn. Voor de gewone energiestatistieken van het CBS, Eurostat en IEA telt alle vloeibare biomassa mee.

Tot slot vindt er een correctie plaats voor landen met een groot aandeel energieverbruik voor vliegverkeer. Voor Nederland resulteert deze correctie voor 2015 in een verlaging van het totale eindverbruik van energie met bijna 2 procent.

Een bijzonder aspect bij de bruto eindverbruikmethode in de richtlijn *Hernieuwbare Energie* is dat de elektriciteitsproductie uit windenergie en waterkracht wordt genormaliseerd om te corrigeren voor jaren met veel of weinig wind of neerslag. Voor wind is de normalisatieperiode vijf jaar en voor water vijftien jaar.

## Substitutiemethode

De substitutiemethode berekent hoeveel verbruik van fossiele energie wordt vermeden door het verbruik van hernieuwbare energie. Deze methode werd sinds de jaren negentig gebruikt voor nationale beleidsdoelstellingen. Het eerste kabinet-Rutte heeft de nationale beleidsdoelstelling voor hernieuwbare energie echter losgelaten en daarmee is het politieke belang van deze methode afgenomen. Maar de methode blijft wel relevant, omdat ze inzicht geeft in het vermeden verbruik van fossiele energie en de vermeden emissie van CO<sub>2</sub>. Deze effecten zijn belangrijke motieven om het verbruik van hernieuwbare energie te bevorderen.

### 2.6.1 Referentierendementen en CO<sub>2</sub> emissiefactor voor elektriciteitsproductie

	Rendement	CO <sub>2</sub> -emissiefactor voor inzet elektriciteitsproductie	
	%	kg/GJ primaire energie	
1990		37,4	71,5
1995		37,4	71,1
2000		39,7	71,3
2005		39,9	68,9
2010		42,3	67,4
2011		43,4	67,4
2012		41,9	71,1
2013		42,4	73,6
2014		41,5	73,5
2015		41,4	77,9
2016**		41,4	77,9

Bron: CBS.

Uitgangspunten bij de substitutiemethode zijn de productie van hernieuwbare elektriciteit, de productie van hernieuwbare nuttige warmte en het verbruik van biobrandstoffen. Daarna wordt bepaald hoeveel fossiele energie nodig geweest zou zijn om dezelfde hoeveelheid elektriciteit, warmte of transportbrandstoffen te maken. Daarbij wordt gebruik gemaakt van referentietechnologieën die zijn gedefinieerd in het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*. Voor de nader voorlopige cijfers voor 2016 is voor het referentierendement voor elektriciteit uitgegaan van de definitieve 2015 cijfers (CBS, 2016).

Vooral voor windenergie is er soms discussie of de gekozen referentie de juiste is. Windenergie is niet constant en niet volledig voorspelbaar. Fluctuaties worden opgevangen door conventionele centrales. Deze moeten daardoor vaker op- en afgeregeld worden, wat ten koste gaat van het rendement. Dit effect is niet zo groot en valt binnen de marge van andere onzekerheden die samenhangen met de gekozen referentie, zoals het niet meenemen van de broeikasgasemissies gerelateerd aan de bouw van windmolens en conventionele energiecentrales, het niet meenemen van de broeikasgasemissies bij de winning en transport van kolen en gas en de effecten van windenergie op beslissingen over de bouw van nieuwe centrales en het uit-gebruik-nemen van oude centrales (Kamerbrief, EZ 2012).

## Primaire-energiemethode

De primaire-energiemethode wordt gebruikt in internationale energiestatistieken van het Internationaal Energieagentschap (IEA) en Eurostat. Net als het IEA en Eurostat gebruikt het CBS deze methode in de Energiebalans. Bij de primaire-energiemethode is de eerst meetbare en bruikbare vorm van energie het uitgangspunt. Bij windenergie gaat het om de elektriciteitsproductie. Bij biomassa om de energie-inhoud en niet om de elektriciteit of warmte die uit de biomassa wordt gemaakt. Biomassa komt pas binnen het systeem van de energiestatistieken (als winning) op het moment dat het geschikt en bestemd is voor gebruik als energiedrager. Koolzaad is dus nog geen biomassa, biodiesel wel. Mest nog niet, biogas uit mest wel.

Er is een verschil in het primair verbruik van biomassa volgens de energiebalansen van het CBS, het IEA en Eurostat. In de internationale energiebalansen zijn bijgemengde biobrandstoffen meegenomen als onderdeel van biomassa, in de Energiebalans van het CBS zijn de bijgemengde biobrandstoffen onderdeel van aardolieproducten. Na het bijmengen zijn biobrandstoffen in de Energiebalans dus niet meer als aparte producten herkenbaar. Het bijmengen telt daarom als primair verbruik. In de IEA/Eurostat-balansen is het primair verbruik van biobrandstoffen gelijk aan de leveringen op de binnenlandse markt van bijgemengde en eventueel ook pure biobrandstoffen. Bijgemengde biobrandstoffen worden geïmporteerd en geëxporteerd, waardoor het bijmengen niet gelijk is aan de leveringen op de markt.

De gereviseerde cijfers van de statistiek hernieuwbare energie zijn nog niet verwerkt in de nationale energiebalans. De cijfers in tabel 2.6.2 representeren het primair verbruik volgens de gereviseerde gegevens uit de statistiek hernieuwbare energie (net als voor de andere twee methoden). Gevolg daarvan is dat cijfers in deze tabel voor de houtkachels voor huishoudens niet overeen stemmen met het primair verbruik zoals dat beschikbaar is via de nationale Energiebalansen.

## Vergelijking tussen methoden

De drie methoden verschillen dus sterk van elkaar. Voor alledrie methoden is wat te zeggen en ze worden ook alledrie gebruikt. Daarom is voor de drie methoden het aandeel hernieuwbare energie uitgerekend.

## 2.6.2 Vergelijking tussen verschillende methodes voor de berekening van aandeel hernieuwbare energie in Nederland, 2016\*\*

	Bruto eindverbruik (volgens EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie)	Vermeden verbruik fossiele primaire energie (substitutiemethode)	Verbruik primaire energie
<b>Verbruik hernieuwbare energie (TJ)</b>			
<i>Naar Bron/techniek</i>			
Waterkracht	351	848	360
Windenergie	30 052	75 561	29 381
Zonnestroom	5 600	13 526	5 600
Zonnewarmte	1 147	1 192	1 147
Aardwarmte	2 843	2 816	2 843
Bodemwamte	3 855	2 426	
Bodemkoude		949	
Buitenluchtwarmte	2 635	568	
Afvalverbrandingsinstallaties, biogeen afval	20 472	26 543	42 186
Meestoken in centrales en verbruik van vaste en vloeibare biomassa bij bedrijven voor elektriciteit	8 065	16 215	21 993
Biomassaketels voor warmte bij bedrijven	9 611	9 251	9 793
Houtkachels huishoudens	18 766	12 480	18 766
Houtskool verbruik	270		270
Stortgas	310	499	687
Biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties	2 058	2 052	2 407
Biogas, co-vergisting van mest	4 225	5 827	4 961
Overig biogas	4 309	4 668	5 525
Vloeibare biotransportbrandstoffen	10 435	10 435	10 747
<i>Naar energievorm</i>			
Elektriciteit	54 247	127 309	
Warmte	61 022	48 809	
Vervoer	9 738	9 738	
Totaal hernieuwbaar	125 006	185 856	156 667
<b>Berekening aandeel hernieuwbaar in energieverbruik</b>			
Totaal primair energieverbruik (PJ)		3 172	3 131
Totaal energetisch eindverbruik van energie (PJ)	2 090		
Aandeel hernieuwbaar (%)	5,98	5,86	5,00

Bron: CBS.

Het resulterende percentage voor het aandeel hernieuwbare energie in 2016 is voor de bruto eindverbruik methode duidelijk hoger. Ook de bijdrage van de verschillende componenten verschilt veel. Zo telt in de substitutiemethode hernieuwbare elektriciteit veel zwaarder mee. Dat komt omdat in de twee andere methoden alleen de geproduceerde elektriciteit telt, terwijl het in de substitutiemethode gaat om de fossiele energie die een gemiddelde centrale nodig zou hebben om dezelfde hoeveelheid elektriciteit te produceren. Dat is twee á tweeënhalf maal zoveel. Daar staat tegenover dat in de substitutiemethode het houtverbruik bij huishoudens veel minder zwaar meetelt, omdat het gemiddeld lage rendement van de houtkachels wordt verdisconteerd. Bij de primaire-energiemethode is afvalverbranding de belangrijkste bron. Dat komt omdat hier de energie-inhoud van het verbrande afval telt en niet de geproduceerde elektriciteit en warmte. Van belang is verder dat de noemer bij de bruto-eindverbruikmethode aanzienlijk kleiner is. Dat komt vooral omdat hierin de omzettingsverliezen bij elektriciteitsproductie en het niet-energetisch verbruik van energie niet zijn meegenomen.

Nadeel van de substitutiemethode is dat deze ingewikkeld is. Voordeel is dat deze de beste benadering geeft van het vermeden verbruik van fossiele energie en vermeden emissies van CO<sub>2</sub>; belangrijke redenen voor het stimuleren van hernieuwbare energie (Segers, 2008 en Segers, 2010).

## 2.7 Werkgelegenheid

Een belangrijke reden voor het stimuleren van hernieuwbare energie is het vermijden van het verbruik van fossiele energie en de daaraan gekoppelde broeikasgasemissies. Het stimuleren van de economie wordt echter regelmatig genoemd als nevendoeel. In Nederland is dit nevendoeel de laatste tijd belangrijker geworden. Dat heeft als gevolg dat de overheid Green Deals sluit met het bedrijfsleven, in topsectorenbeleid economische en energiedoelen worden gecombineerd en in het Energieakkoord een apart doel is opgenomen over werkgelegenheid.

### Ontwikkelingen

Tabel 2.7.1 geeft een overzicht van de resultaten voor de werkgelegenheid in de hernieuwbare energiesector. Het gaat hierbij om werkgelegenheid gerelateerd aan de exploitatie van hernieuwbare energiesystemen (bijvoorbeeld onderhoud van windmolens) en de bouw van nieuwe systemen (bijvoorbeeld werk in een fabriek die machines maakt voor de productie van zonnepanelen).

#### 2.7.1 Werkgelegenheid in de hernieuwbare energiesector (exclusief bioraffinage)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	<b>voltijdsequivalenten</b>					
Wind	3 700	4 000	4 400	4 400	5 100	5 700
Zon	2 900	3 400	4 900	6 400	5 400	6 800
Water, bodem en buitenlucht	1 900	2 000	2 000	1 900	1 800	1 800
Biogas	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
Overige biomassa	3 500	3 900	2 900	2 700	2 600	2 600
<b>Totaal</b>	<b>13 200</b>	<b>14 500</b>	<b>15 400</b>	<b>16 600</b>	<b>16 100</b>	<b>18 100</b>

Bron: CBS.

De totale werkgelegenheid voor de productie en exploitatie van hernieuwbare energiesystemen (dus exclusief energiebesparing) bedraagt in 2015 ongeveer 18 duizend voltijdbanen. De belangrijkste technieken voor wat betreft de werkgelegenheid zijn windenergie en zonne-energie. Bij windenergie gaat het voor een groot deel om werk in de offshore sector. Nederlandse bedrijven dragen niet alleen bij aan parken in Nederland, maar ook aan parken in andere landen. Bij zonne-energie gaat het vooral om installatiewerk voor panelen in Nederland.



De totale werkgelegenheid in Nederland in 2015 was ruim 7 miljoen voltijdsequivalenten (inclusief zelfstandigen). De hernieuwbare energiesector leverde hieraan dus een bijdrage van ongeveer een kwart procent.

## Methode

Bovenstaande cijfers zijn gebaseerd op cijfers zoals het CBS deze maakt voor de *Nationale Energieverkenning* die in oktober 2017 zal verschijnen. In de NEV staan ook andere economische indicatoren dan werkgelegenheid, bijvoorbeeld toegevoegde waarde. De gebruikte methode is beschreven in *Economic Radar of the Sustainable energy sector in the Netherlands* (CBS, 2014).

Belangrijk aandachtspunt bij vergelijking van de cijfers in de Radar met de cijfers die in deze paragraaf staan, is dat in deze paragraaf de scope is beperkt tot die activiteiten die direct te maken hebben met het bouwen, installeren of exploiteren van systemen voor hernieuwbare energie, terwijl in de Radar een brede definitie wordt gehanteerd voor de duurzame energiesector. Daardoor worden in de Radar ook energiebesparing, elektrisch rijden, smart grids en het gebruik van biomassa voor nieuwe niet-energetische toepassingen (zoals bioplastics) meegenomen.

## 2.8 Subsidies

Onder de huidige marktcondities is hernieuwbare energie in de meeste situaties duurder dan fossiele energie. Om de productie en het verbruik van hernieuwbare energie te stimuleren stelt de overheid subsidies beschikbaar, geeft belastingkortingen en stelt verplichtingen vast voor het gebruik van hernieuwbare energie.

### MEP en SDE

De oudste ingrijpende overheidsmaatregel is de MEP-subsidie (*Milieukwaliteit elektriciteitsproductie*). Voor de MEP konden van halverwege 2003 tot half augustus 2006 aanvragen worden ingediend. Na start van een project is er tien jaar recht op subsidie voor de productie van hernieuwbare elektriciteit. Het bedrag verschilt per technologie. In augustus 2006 is de MEP gesloten voor nieuwe projecten, omdat de kosten uit de hand dreigden te lopen en omdat het beoogde doel (9 procent hernieuwbare elektriciteit in 2010) binnen bereik kwam (Ministerie van Economische Zaken, 2006). Die doelstelling is inderdaad gehaald.

Na 2010 streeft de overheid naar verdere groei van productie en verbruik van hernieuwbare energie. Daarom is de MEP in 2008 opgevolgd door een nieuwe subsidieregeling: de *Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie* (SDE). Belangrijke verschillen met de MEP zijn:

- De SDE richt zich niet alleen op hernieuwbare elektriciteit, maar ook op groen gas en hernieuwbare warmte.

- De subsidie is afhankelijk van de marktprijs van gewone stroom of aardgas: hoe hoger de prijs voor gewone stroom of aardgas, hoe kleiner het prijsverschil tussen conventionele en hernieuwbare energie en hoe lager de subsidie.
- Elk jaar wordt een subsidieplafond vastgesteld. Het is dus geen open-einde-regeling.
- De regeling wordt elk jaar aangepast. Daarmee speelt de overheid in op nieuwe markt- en beleidsontwikkelingen. Voor ondernemers kunnen deze aanpassingen wel lastig zijn, omdat het plannen van een project vaak meerdere jaren duurt.

Vanaf 2011 heet de regeling SDE+. Belangrijke verschillen ten opzichte van de oorspronkelijke SDE zijn:

- In de SDE was er voor iedere techniek een apart tarief (subsidie per eenheid geproduceerde energie) en maximumbedrag beschikbaar. In de SDE+ zijn er geen vaste tarieven meer per techniek en ook geen apart subsidiebudget per techniek. De regeling wordt in een aantal ronden opengesteld, met een stapsgewijs oplopend tarief. Na elke ronde wordt gekeken of het beschikbare budget al is uitgeput. Alleen indien er nog geld is, gaat de regeling open met het hogere tarief. Zo stimuleert de overheid projecten die de minste subsidie nodig hebben per eenheid geproduceerde energie. Achterliggend doel is het halen van de Europese doelstelling met zo min mogelijk subsidie.
- In de SDE was er alleen een stimulans voor hernieuwbare-warmteproductie, indien deze werd gecombineerd met elektriciteitsproductie. In de SDE+ is vanaf 2012 ook plek voor projecten die alleen hernieuwbare warmte produceren.

Tussen het bedenken van de aanvraag en de realisatie van een project zit vaak een paar jaar. Deze tijd is onder andere nodig voor vergunningen, ontwerp, financiering en bouw. Dat verklaart waarom de effecten van veranderingen in de subsidieregelingen pas na enige jaren zichtbaar worden in de meting van nieuwe productie van hernieuwbare energie. Zo is het stopzetten van de MEP in 2006 pas zichtbaar in 2009 door het opdrogen van nieuwe gerealiseerde projecten. 2013 was pas het eerste jaar dat het bijgeplaatst vermogen voor windenergie weer op hetzelfde niveau was als de periode dat er veel molens met MEP-subsidie in gebruik werden genomen (2003–2009). En in 2014 wordt voor het eerst een substantiële groei van de biomassaketels voor warmte bij bedrijven zichtbaar.

### 2.8.1 SDE-budgetplafond<sup>1)</sup>

	Miljard euro
2011	1,5
2012	1,7
2013	3,0
2014	3,5
2015	3,5
2016	9,0
2017	12,0

Bron: RVO.

<sup>1)</sup> Genoemde bedragen per jaar zijn de som van subsidiebetalingen over de gehele subsidieperiode van de projecten. Uitbetalingen van subsidie vinden plaats op basis van daadwerkelijke energieproductie.

Zoals hierboven vermeld wordt jaarlijks vastgesteld hoeveel budget beschikbaar komt voor de SDE-regeling. De hoogte van dit budget, het budgetplafond, is voor het SDE-jaar 2016 met 9 miljard euro veel hoger dan in de voorgaande jaren met toen een maximum van 3,5 miljard euro. Voor het SDE-jaar 2017 gaat er nog een schepje bovenop: het plafond staat op 12 miljard euro. De hier genoemde bedragen zijn exclusief die voor 'wind op zee'; deze techniek heeft een eigen budget en aanvraagprocedure.

## ISDE

De Investeringssubsidie duurzame energie (ISDE) is aangekondigd in de *Warmtevisie* in april 2015. Deze meerjarige regeling is geopend op 1 januari 2016 en loopt tot en met 31 december 2020. Met de ISDE wil de overheid stimuleren dat Nederlandse huizen en bedrijven minder door gas en meer door duurzame warmte worden verwarmd. Particulieren en zakelijke gebruikers kunnen daarom via de ISDE een tegemoetkoming krijgen bij de aanschaf van zonneboilers, warmtepompen, biomassaketels en pelletkachels. Het budget voor de regeling bedroeg in 2016 70 miljoen euro. Uit door RVO beschikbaar gestelde data blijkt dat in 2016 ruim 20 duizend apparaten met ISDE zijn aangeschaft. Circa de helft daarvan waren pelletkachels en biomassaketels en een kwart waren warmtepompen.

## Ontwikkelingen

In 2016 is 900 miljoen euro MEP en SDE subsidie uitgekeerd, vooral voor biomassa en windprojecten. De uitkering in 2016 is een derde hoger dan in 2015. Het aflopen van de MEP-projecten en de daar meer gepaard gaande daling van de subsidie-uitkering wordt ruimschoots overgenomen door de subsidie-uitkeringen voor SDE-projecten. In 2016 was de SDE-uitkering voor het eerst hoger dan de MEP-uitkering.

De subsidiebedragen kunnen op kas- en op transactiebasis berekend worden. Berekeningen op kasbasis geven aan hoeveel geld er in een jaar daadwerkelijk is uitgekeerd. Berekeningen op transactiebasis laten zien hoeveel recht op subsidie is opgebouwd in het betreffende jaar. Dit is het moment van productie van de hernieuwbare energie. Het moment van produceren en het moment van uitbetalen is niet hetzelfde. De MEP wordt achteraf betaald, de SDE werkt met voorschotten.

Een groot deel, maar niet alle productie van hernieuwbare elektriciteit geeft recht op MEP- of SDE-subsidie. Het aandeel zonder subsidie neemt toe. Elektriciteitsproductie zonder subsidie betreft onder andere windmolens waarvan de subsidieduur (maximaal tien jaar voor de MEP) verstreken is of die meer produceren dan de maximaal te subsidiëren hoeveelheid. Ook al lang bestaande (delen van) afvalverbrandingsinstallaties hebben geen recht op MEP- of SDE-subsidie. Zonnepanelen voor kleinverbruikers krijgen via vrijstelling van de hoge energiebelasting op een andere manier steun.

## 2.8.2 MEP en SDE(+) subsidie

	Gesubsidieerde productie			Totale bruto productie <sup>1)</sup>			Subsidie op transactiebasis			Subsidie op kasbasis		
	2014	2015	2016 <sup>2)</sup>	2014	2015	2016 <sup>**</sup>	2014	2015	2016 <sup>2)</sup>	2014	2015	2016
<b>Elektriciteit</b>	<b>Mln kWh</b>						<b>Mln euro</b>					
Biomassa	3 944	4 138	4 079	5 013	4 930	4 963	268	269	271	256	264	288
Waterkracht	77	48	0	112	93	100	7	5	0	7	5	0
Windenergie	4 495	5 513	5 766	5 797	7 550	8 161	349	444	571	289	332	514
Zonnestroom	78	127	290	785	1 122	1 555	15	20	33	14	17	29
<b>Warmte</b>	<b>TJ</b>											
Biomassa	2 775	3 532	3 356	.	.	.	18	25	26	16	23	27
Aardwarmte	1 502	2 438	2 826	1 502	2 448	2 843	8	14	19	7	10	17
Zonnewarmte	2	4	0	1 128	1 137	1 147	0	0	0	0	0	0
<b>Gas</b>	<b>Mln m<sup>3</sup></b>											
Biomassa	53	69	76	62	80	82	17	24	30	12	24	27
<b>Totaal</b>												
MEP							452	417	281	432	363	288
SDE							229	385	669	170	313	614
Totaal							682	801	950	602	676	903

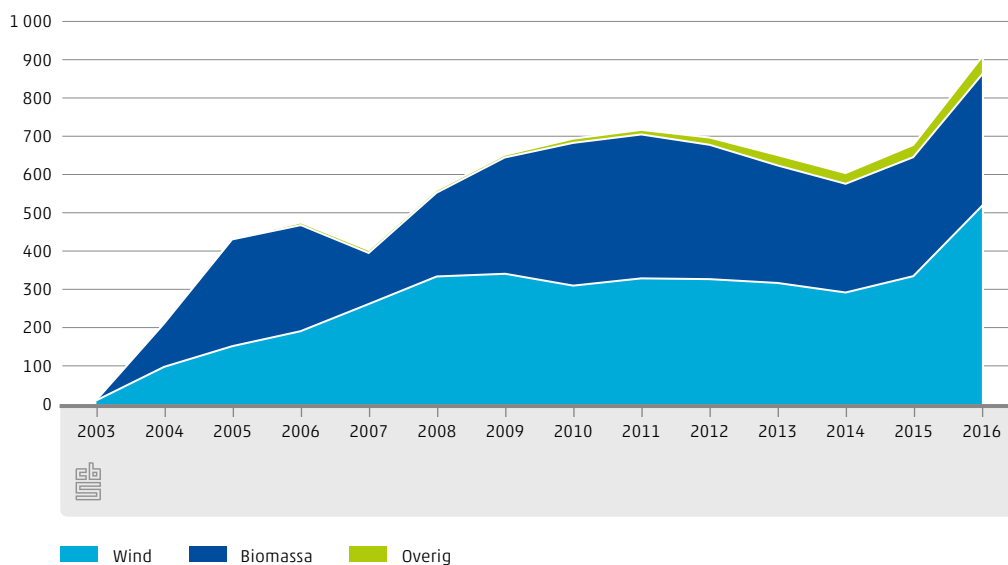
Bron: CBS op basis gegevens van RVO.

<sup>1)</sup> In deze tabel is gekozen voor de productie zonder normalisatie, omdat de subsidie ook wordt uitgekeerd op basis van de productie zonder normalisatie.

<sup>2)</sup> Het gaat om productiegegevens zoals deze bekend waren bij RVO op peildatum 1 maart 2017. Voor sommige installaties komen de data later beschikbaar. Ontbrekende gegevens zijn niet bijgeschat. Vooral bij warmte leidt dit tot een onderschatting van de gesubsidieerde productie en subsidie op transactiebasis.

## 2.8.3 Uitbetaalde MEP en SDE(+) subsidies

miljoen euro



## Methode

Gegevens uit tabel 2.8.2 zijn afgeleid uit een bestand met subsidiegegevens per project dat het CBS heeft ontvangen van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). De bedragen op kasbasis komen overeen met gegevens uit de *Resultaten hernieuwbare energieproductie 2016* van RVO (2017d).

## Overige regelingen

De MEP en de SDE zijn de belangrijkste stimuleringsmaatregelen van de overheid voor hernieuwbare energie. Daarnaast zijn er nog diverse andere maatregelen. Deze worden besproken in de *Rapportage Hernieuwbare Energie 2014* (RVO.nl, 2015a).

**3.**

# Waterkracht

Wereldwijd is waterkracht de belangrijkste bron van hernieuwbare elektriciteit. Nederland heeft echter weinig waterkracht vanwege de geringe hoogteverschillen in de lopen van de rivieren. De totale productie wordt gedomineerd door drie centrales in de grote rivieren die goed zijn voor meer dan 90 procent van het vermogen. Sinds 1990 zijn er geen grote waterkrachtcentrales bijgekomen. Van het totale eindverbruik van hernieuwbare energie komt 0,3 procent voor rekening van waterkracht.

## Ontwikkelingen

De elektriciteitsproductie was in 2016 ongeveer 4 procent hoger dan gemiddeld in de vijf jaren daarvoor. De jaarlijkse variatie in productie wordt sterk bepaald door de variatie in de watertoevoer in de grote rivieren. Om die reden wordt er in de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* en ook in het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie* gerekend met genormaliseerde cijfers. De genormaliseerde elektriciteitsproductie uit waterkracht is nagenoeg constant.

### 3.1 Waterkracht

	Aantal systemen $\geq 0,1$ MW	Opgesteld elektrisch vermogen	Elektriciteitsproductie			Effect		
			niet genormaliseerd		Bruto eindverbruik	vermeden verbruik van fossiele primaire energie		vermeden emissie CO <sub>2</sub>
			MW	Mln kWh		TJ	Kton	
2000	6	37	142	100	362	911	65	
2005	6	37	88	100	361	904	62	
2010	7	37	105	101	364	861	58	
2014	7	37	112	102	367	885	65	
2015	7	37	93	99	355	858	67	
2016**	7	37	100	98	351	848	66	

Bron: CBS.

## Methode

Voor de periode 1990–1997 komen de gegevens uit CBS-enquêtes. Voor de periode 1998 tot en met juni 2001 is gebruik gemaakt van gegevens van EnergieNed, en vanaf juli 2001 van gegevens van CertiQ. In 2002 is ter controle gebruik gemaakt van opgaven van de bedrijven in energie-enquêtes van het CBS. Het verschil tussen de jaarlijkse elektriciteitsproductie uit de enquêtes en de elektriciteitsproductie uit de bestanden van CertiQ was in 2002 ongeveer 1 procent. Om onnodige enquêtedruk te vermijden vraagt het CBS sinds 2004 in de enquêtes niet meer naar de elektriciteitsproductie uit waterkracht. Alleen bij niet-plausibele uitkomsten uit de registratie wordt contact opgenomen met de eigenaren van de waterkrachtcentrales. Dit komt echter zelden voor.

De normalisatieprocedure berekent de elektriciteitsproductie uit waterkracht door de capaciteit te vermenigvuldigen met de gemiddelde productie per eenheid capaciteit van de afgelopen vijftien jaar. Voor de jaren vóór 1990 zijn geen gegevens beschikbaar.

Daarom is voor de berekening van de genormaliseerde elektriciteitsproductie over de jaren tot 2004 het standaard aantal jaren in de normalisatieprocedure aangepast aan de beschikbaarheid van gegevens. Het bruto eindverbruik is gelijk aan de genormaliseerde elektriciteitsproductie.

Zowel voor het opgesteld vermogen als voor de elektriciteitsproductie is een ondergrens gehanteerd van 0,1 MW geïnstalleerd vermogen per installatie. Beneden deze grens zijn enkele kleinere installaties aanwezig met een totaal geschat vermogen van ongeveer 0,3 MW. Dat is minder dan 1 procent van het totaal. De onnauwkeurigheid in de berekening van de hernieuwbare energie uit waterkracht wordt geschat op ongeveer 2 procent.



4.

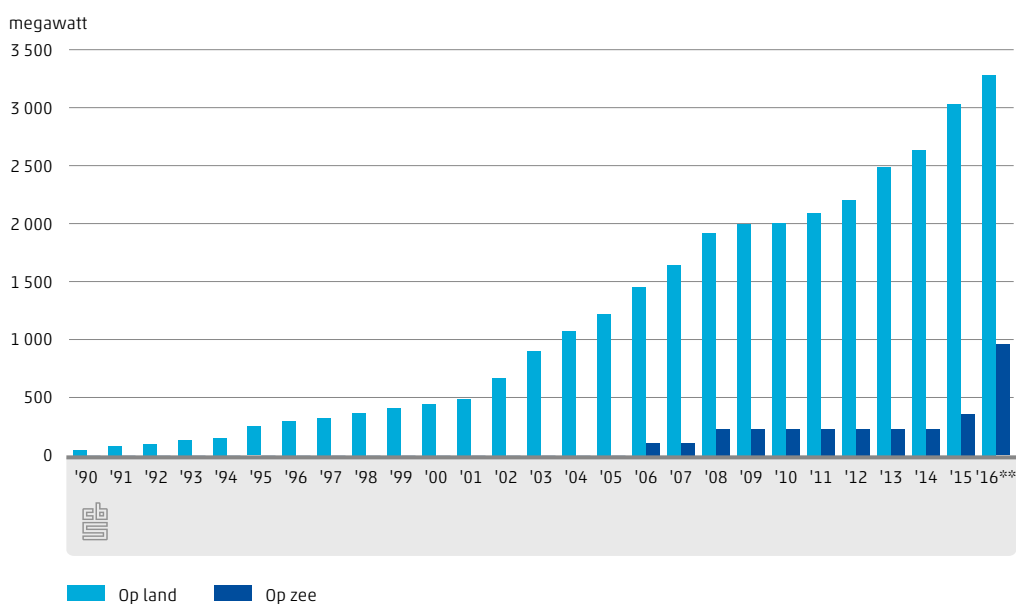
# Windenergie

**Windenergie is een zeer zichtbare vorm van hernieuwbare energie. Windmolens staan vooral in de kustprovincies, omdat het daar het meeste waait. Ook op zee staan molens; daar waait het nog harder en is er relatief veel ruimte. Wel zijn windmolens op zee per eenheid vermogen duurder dan op land. De bijdrage van windenergie aan het totale eindverbruik van hernieuwbare energie in Nederland was 24 procent in 2016.**

## Ontwikkelingen

Het opgestelde vermogen voor windenergie is in 2016 met ongeveer 850 megawatt gegroeid. Dat is een de grootste groei ooit en het gereedkomen van de windmolenparken bij Schiermonnikoog heeft daar belangrijk aan bijgedragen. Het totale windmolenpark in Nederland heeft eind 2016 een vermogen van 4 240 megawatt, waarvan ongeveer 960 megawatt op zee staat.

### 4.0.1 Opgesteld vermogen windenergie



Financiële ondersteuning van de overheid is onmisbaar voor het rendabel exploiteren van een windmolen. In augustus 2006 sloot de minister van Economische Zaken de destijds belangrijkste subsidieregeling, de Regeling Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie (MEP), vanwege de grote populariteit en daaruit voortvloeiende financiële verplichtingen. De ondersteuning voor toen bestaande en ingediende projecten bleef bestaan en in 2017 zullen de laatste projecten het einde van de looptijd van die ondersteuning bereiken (RVO, 2017e). Als opvolger van de MEP werd in april 2008 een nieuwe subsidieregeling voor nieuwe windmolens gestart: de Regeling Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE, vanaf 2011 SDE+).

## 4.0.2 Hernieuwbare energie uit wind

	Aantal windmolens			Vermogen			Elektriciteitsproductie		Effect	
	bijgeplaatst	uit gebruik genomen	opgesteld <sup>1)</sup>	bijgeplaatst	uit gebruik genomen	opgesteld <sup>1)</sup>	niet genormaliseerd	genormaliseerd <sup>2)</sup>	vermeden verbruik fossiele primaire energie	vermeden emissie CO <sub>2</sub>
	MW			Mln kWh			TJ	Kton		
<b>Totaal</b>										
2000	47	9	1 291	38	2	447	829	744	6 745	481
2005	125	69	1 710	166	17	1 224	2 067	2 034	18 348	1 264
2010	28	27	1 973	30	15	2 237	3 993	4 503	38 320	2 583
2014	62	11	2 124	169	17	2 865	5 797	5 810	50 020	3 676
2015	191	144	2 171	583	58	3 391	7 550	6 917	60 218	4 691
2016**	241	89	2 323	906	57	4 240	8 161	8 348	75 561	5 886
<b>Op land</b>										
2014	62	11	2 028	169	17	2 637	5 049	5 060	43 446	3 193
2015	148	144	2 032	454	58	3 034	6 420	5 882	51 264	3 993
2016**	91	89	2 034	306	57	3 283	5 892	6 027	55 599	4 331
<b>Op zee</b>										
2014	0	0	96	0	0	228	748	750	6 574	483
2015	43	0	139	129	0	357	1 130	1 035	8 954	698
2016**	150	0	289	600	0	957	2 269	2 321	19 962	1 555

Bron: CBS.

<sup>1)</sup> Aan einde verslagjaar.

<sup>2)</sup> Volgens de methode uit de EU-richtlijn voor hernieuwbare energie.

Sinds 2006 is het het windvermogen op zee gegroeid naar 960 megawatt. Dat is 23 procent van alle windvermogen in Nederland maar op zee wordt 28 procent van de windenergie geproduceerd. De windmolens op zee produceren dus meer elektriciteit per eenheid vermogen dan de windmolens op land. Daar staat tegenover dat windmolens op zee duurder zijn. De hogere opbrengst per eenheid vermogen van wind op zee woog bij lange na niet op tegen de hogere kosten per eenheid vermogen en per eenheid geproduceerde elektriciteit was wind op zee dan ook duurder dan wind op land (Lensink et al., 2012). Met het geaccepteerde bod (7,27 cent subsidie per kilowattuur) van Dong Energy op de tender voor het eerste windpark bij Borssele medio 2016 is dit beeld flink veranderd. Bovendien lijkt deze ommezwaai te bestendigen: eind 2016 werd het nog lagere bod (5,45 cent subsidie per kilowattuur) van het consortium Shell, Van Oord, Eneco en Mitsubishi/DGE op de tender voor het tweede windpark in Borssele geaccepteerd (Rijksoverheid, 2016). Beide subsidiebedragen zijn sterk concurrerend met de kostprijs van windenergie op land als men deze vergelijkt met de basisprijzen volgens het Conceptadvies basisbedragen SDE+ 2017 voor marktconsultatie (ECN, DNV-GL, 2016).

### 4.0.3 Hernieuwbare energie uit wind en elektriciteitsproductie per capaciteit

	Elektriciteitsproductie	Productiefactor <sup>1)</sup>	Vollasturen <sup>2)</sup>	Elektriciteitsproductie per rotoroppervlak <sup>3)</sup>	
	mln kWh	%	uren	kWh per m <sup>2</sup>	
<b>Totaal</b>					
2010		3 993	21	1 797	797
2011		5 100	26	2 244	998
2012		4 982	24	2 114	946
2013		5 627	24	2 132	940
2014		5 797	24	2 102	918
2015		7 551	27	2 381	1 031
2016**		8 161	23	2 038	827
<b>Op land</b>					
2010		3 315	19	1 661	740
2011		4 298	24	2 099	939
2012		4 193	22	1 968	885
2013		4 856	23	2 013	891
2014		5 049	23	1 996	873
2015		6 421	26	2 247	987
2016**		5 892	21	1 843	794
<b>Op zee</b>					
2010		679	34	2 980	1 280
2011		802	40	3 515	1 512
2012		789	39	3 462	1 488
2013		771	39	3 382	1 454
2014		748	37	3 282	1 411
2015		1 130	41	3 592	1 387
2016**		2 269	32	2 812	928

Bron: CBS.

<sup>1)</sup> De productiefactor is gedefinieerd als de daadwerkelijke productie gedeeld door de maximale productie berekend op basis van het vermogen aan het einde van elke maand. Deze factor wordt ook wel capaciteitsfactor genoemd.

<sup>2)</sup> Het aantal vollasturen is het aantal uur dat de windmolens op de maximale capaciteit zouden moeten draaien om de gerealiseerde productie te halen. Het aantal vollasturen is recht evenredig met de productiefactor.

<sup>3)</sup> Berekend als het gemiddelde van de maandelijkse elektriciteitsproductie per rotoroppervlak aan het einde van de maand. Daarbij is gewogen met het aantal dagen per maand en de rotoroppervlak aan het einde van de maand.

Hoge molens vangen meer wind. Daardoor produceren hoge molens per eenheid vermogen (in de tabel opgenomen als productiefactor) over het algemeen meer windenergie. Het valt op dat de elektriciteitsproductie per eenheid vermogen voor de molens met een ashoogte tussen de 51 en 70 meter wat lager is dan de molens met een ashoogte tussen de 31 en 50 meter. Dat heeft onder andere te maken met het relatief grote rotoroppervlak van de molens met een ashoogte tussen de 31 en 50 meter.

Door de jaren heen worden steeds meer grote en dus hoge molens bijgeplaatst en kleine molens afgebroken. De tussencategorie windmolens met een ashoogte van 51 tot en met 70 meter lijkt met de uitkomst over 2016 ook te behoren tot de categorieën waarin geen groei meer te verwachten is. Die groei vindt wel plaats, net als in 2015 bij de grootste molens met een ashoogte groter dan 95 meter.

#### 4.0.4 Windenergie op land naar ashoogte

	Aantal turbines <sup>1)</sup>	Vermogen <sup>1)</sup>	Rotoroppervlak <sup>1)</sup>	Elektriciteits- productie	Productiefactor <sup>2)</sup>	Productie per rotoroppervlak <sup>2)</sup>
		MW	1 000 m <sup>2</sup>	Mln kWh	%	KWh per m <sup>2</sup>
<b>2014</b>						
tot en met 30 m	162	34	69	36	12	524
31-50 m	659	337	830	637	22	773
51-70 m	640	804	1 821	1 437	20	786
71-95 m	323	729	1 662	1 488	24	921
meer dan 95 m	244	734	1 636	1 451	26	1 011
Totaal	2 028	2 637	6 018	5 049	23	875
<b>2015</b>						
tot en met 30 m	103	18	43	32	13	562
31-50 m	613	332	818	701	24	864
51-70 m	635	805	1 815	1 632	23	903
71-95 m	374	868	2 083	1 874	27	1 033
meer dan 95 m	307	1 012	2 194	2 181	27	1 082
Totaal	2 032	3 034	6 953	6 421	26	987
<b>2016**</b>						
tot en met 30 m	89	15	36	19	13	489
31-50 m	574	320	791	543	19	679
51-70 m	618	794	1 794	1 276	18	713
71-95 m	378	885	2 162	1 802	23	843
meer dan 95 m	375	1 270	2 844	2 252	22	847
Totaal	2 034	3 283	7 627	5 892	21	794

Bron: CBS.

<sup>1)</sup> Aan einde verslagjaar.

<sup>2)</sup> Berekend als het gemiddelde van de maandelijkse elektriciteitsproductie per vermogen of per rotoroppervlak aan het einde van de maand. Daarbij is gewogen met het aantal dagen per maand en het vermogen of het rotoroppervlak aan het einde van de maand.

#### 4.0.5 Windenergie naar provincie

	2015				2016**			2020	
	Aantal turbines <sup>1)</sup>	Vermogen <sup>1)</sup>	Elektrici- teits- productie	Productie- factor	Aantal turbines <sup>1)</sup>	Vermogen <sup>1)</sup>	Elektrici- teits- productie	Productie- factor	Afgesproken vermogen
		MW	Mln kWh	%		MW	Mln kWh	%	MW
Groningen	211	444	989	26	198	447	858	22	856
Friesland	321	169	412	28	308	187	357	22	531
Flevoland	621	1 039	1 916	23	650	1 188	1 928	19	1 391
Noord-Holland	327	360	834	27	305	355	646	21	686
Zuid-Holland	167	341	736	26	167	357	669	21	736
Zeeland	219	360	894	29	214	363	767	24	571
Noord-Brabant	86	143	300	27	103	192	351	23	471
Overige provincies	80	177	340	24	89	195	316	20	763
Totaal op land	2 032	3 034	6 421	26	2 034	3 283	5 892	21	6 000

Bron: CBS, Monitor Wind op land RVO.

<sup>1)</sup> Aan einde verslagjaar.

De meeste windmolens staan in de kuststreek. Dat is niet verwonderlijk, gezien het grotere windaanbod. Bij de plaatsing van de windmolens is het windaanbod echter niet de enige factor. Ook de beleving van de inpasbaarheid in het landschap speelt een belangrijke rol. Dat verklaart waarom in Flevoland de meeste windmolens staan, ondanks de minder gunstige windcondities in deze provincie ten opzichte van de kuststreek (SenterNovem, 2005).

Begin 2013 zijn afspraken gemaakt tussen Rijk en IPO/provincies over de bijdragen per provincie aan de totale opgestelde capaciteit van windmolens op land; afgesproken is dat in 2020 in totaal 6000 megawatt staat opgesteld. In de Monitor Wind op land publiceert RVO (2017f) in provinciale overzichten wat de stand is en wat de plannen zijn om de bijdrage te halen.

## Methode

Het vermogen is bepaald aan de hand van een CBS-database met alle windmolenprojecten. De basis voor deze database is de windmonitor die de KEMA tot en met 2002 heeft bijgehouden. Elk jaar vernieuwt het CBS deze database op basis van gegevens uit de administraties van CertiQ en van RVO. De vermogens per aansluitpunt zijn gecontroleerd op plausibiliteit door te vergelijken met de elektriciteitsproductiegegevens van CertiQ. Het moment van het in en uit gebruik nemen van een molen is bepaald aan de hand van de elektriciteitsproductiegegevens van CertiQ, in combinatie met gegevens op internet. Bij dat laatste kan het gaan om websites van of over windmolenparken (bijvoorbeeld Windstats.nl) of berichten in lokale media over het in gebruik nemen of afbreken van windparken.

Tussen de uitkomsten van het CBS over het opgestelde windenergievermogen en die van andere bronnen, zoals de Monitor Wind op land en Windstats.nl, treden soms verschillen op. Doorgaans worden deze veroorzaakt door verschillen in het moment waarop windmolens of (delen van) windmolenparken door de opsteller van de statistiek geteld worden.

De elektriciteitsproductie is berekend aan de hand van de administratie achter de certificaten voor de Garanties van Oorsprong van CertiQ. Daarnaast is er een bijschatting gemaakt voor windparken waarvan de productie niet bij CertiQ bekend is. Deze schatting is gemaakt op basis van het vermogen en de gemiddelde productiefactor en bedroeg ongeveer 7 GWh in 2016. Voor de jaren 1998–2001 is voor de elektriciteitsproductie gebruik gemaakt van gegevens van het groenlabelsysteem van EnergieNed, voor 1996 en 1997 van de windmonitor van de KEMA en voor de jaren tot en met 1995 van CBS-gegevens.

Voor de berekening van het aandeel hernieuwbare energie volgens de bruto eindverbruik-methode uit de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* wordt de elektriciteitsproductie uit wind genormaliseerd. De methode is vastgelegd in deze richtlijn en komt er op neer dat de elektriciteitsproductie wordt berekend door het gemiddelde van het vermogen aan het begin en het vermogen aan het einde van het jaar te vermenigvuldigen met de gemiddelde elektriciteitsproductie per eenheid vermogen van de afgelopen vijf jaar.

De onzekerheid in de CBS-cijfers over de elektriciteitsproductie uit windenergie in 2016 wordt geschat op 2 procent.

**5.**

# Zonne-energie

Zonne-energie valt uiteen in twee groepen:

- de omzetting van zonnestraling in elektriciteit (zonnestroom of fotovoltaïsche zonne-energie)
- de omzetting van zonnestraling in warmte (zonnewarmte of thermische zonne-energie).

De bijdrage van zonne-energie aan het totale eindverbruik van hernieuwbare energie in Nederland groeit maar is nog beperkt tot 5 procent.

### 5.0.1 Zonne-energie

	Bruto eindverbruik	Vermeden verbruik van fossiele primaire energie	Vermeden emissie CO <sub>2</sub>
	TJ		kton
2000		482	515
2005		847	1 045
2010		1 196	1 491
2014		3 953	7 975
2015		5 174	10 932
2016**		6 746	14 718

Bron: CBS.

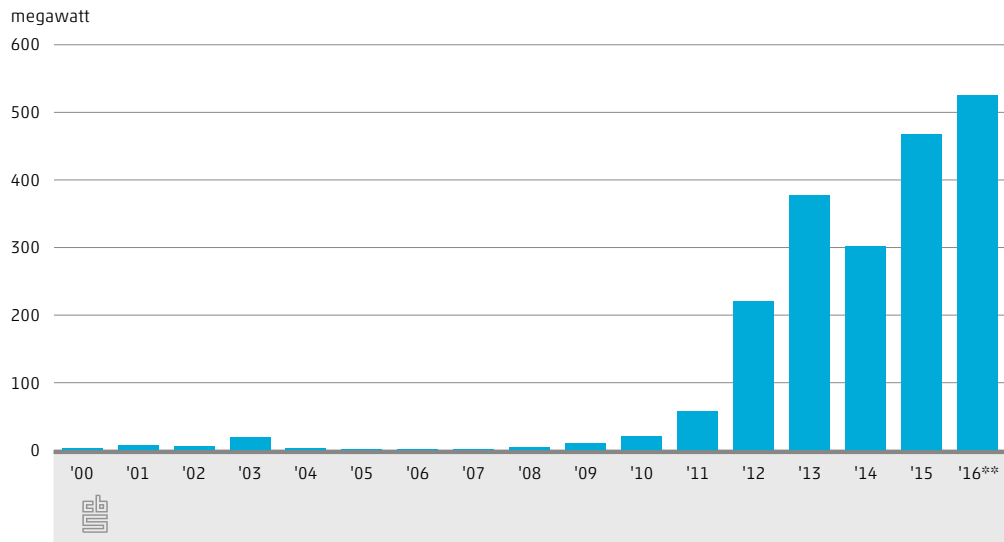
## 5.1 Zonnestroom

### Ontwikkelingen

Het opgesteld vermogen voor en de productie van zonnestroom nemen flink toe. In 2016 werd 525 megawatt bijgeplaatst en dat is 12 procent meer dan in 2015. Het totale opgestelde vermogen eind 2016 komt daarmee op ruim 2 gigawatt. De bijdrage van zonnestroom aan het eindverbruik van hernieuwbare energie in Nederland is ruim 4 procent.



### 5.1.1 Bijgeplaatst vermogen zonnestroom



In 2016 is het bijplaatsen van panelen voor zonnestroom ten opzichte van 2015 verder toegenomen. Dit moet nog het effect zijn van het grote aantal toegekende subsidies in het kader van SDE+-2014. Het ging toen om bijna drie duizend projecten met een budget van 1,3 miljard euro. Dit in tegenstelling tot slechts 48 toegekende subsidies met SDE+-2015. Echter met SDE-2016 kwam weer veel subsidie beschikbaar voor zonnepanelen. In totaal werd voor 1,15 gigawatt aan projecten subsidie is toegekend. Realisatie van deze projecten gaat dus niet zo snel. Halverwege 2017 was 22 megawatt aan SDE zonnestroomprojecten uit de SDE+-2016 gerealiseerd (RVO, 2017b).

Tegenover de populariteit van SDE+ staat het wegvallen van de aanvragen van subsidie via de Energie-investeringsaftrekregeling (EIA). Zo werd in 2014 nog voor ruim 200 miljoen euro investeringen aftrek aangevraagd en dat is gedaald naar circa 70 en 60 miljoen euro in 2015 respectievelijk 2016. Een reden voor deze daling is dat combinatie van EIA en SDE niet meer mogelijk is. Het financiële voordeel uit de SDE is groter dan uit de EIA; bedrijven zullen dus eerder voor de SDE kiezen.

Voor de kleinverbruikers (particulieren) blijft de salderingsregeling in combinatie met de hoge energiebelasting op elektriciteit een belangrijke stimulans om zonnepanelen aan te schaffen. Door de mogelijkheid van salderen hoeft geen btw en energiebelasting over de zelf geproduceerde stroom te worden betaald. Daar komt nog bij dat particulieren de btw op aangeschafte panelen terug kunnen vragen.

Of de aanschaf voor particulieren daadwerkelijk voordelig is, hangt af van meerdere factoren, zoals de beschikbaarheid van een dak in de zon, de toekomstige ontwikkeling van de prijs van elektriciteit en het functioneren van de panelen op de lange termijn. Ook het voortbestaan van de salderingsregeling is een belangrijke factor. De onzekerheid hierover is belangrijk afgenomen door het besluit van de minister van Economische Zaken in juli 2017 om de regeling tot 2023 te handhaven (EZ, 2017).

Naast de landelijke regelingen zijn er ook regionale subsidieregelingen voor zonnepanelen. Het CBS heeft daar echter geen overzicht van.

## 5.1.2 Zonnestroom

	Bijgeplaatst vermogen	Opgesteld vermogen	Elektriciteits- productie	Bruto eindverbruik	Vermeden verbruik van fossiele primaire energie	Vermeden emissie CO <sub>2</sub>	
	MW		Mln kWh	TJ		Kton	
2000		4	13	8	28	70	5
2005		2	51	35	128	320	22
2010		21	90	56	201	476	32
2014		302	1 048	785	2 825	6 808	500
2015		468	1 515	1 122	4 037	9 752	760
2016**		525	2 040	1 555	5 600	13 526	1 054

Bron: CBS.

## Methode

Voor de jaren tot en met 2003 is de inventarisatie naar het bijgeplaatste vermogen uitgevoerd door Ecofys, BECO en Holland Solar. Het bijgeplaatste vermogen is steeds bepaald met behulp van een enquête onder de leveranciers van zonnepanelen. Het CBS heeft de enquête sinds 2004 jaarlijks uitgestuurd en verwerkt. Holland Solar heeft het CBS een lijst van leveranciers geleverd. Deze lijst heeft het CBS up to date gehouden met informatie van Polder PV, Holland Solar, Solar Solutions en eigen waarneming. Om het aantal te bevragen bedrijven te beperken richt het CBS zich op groothandelsbedrijven en in zonnestroomsystemen gespecialiseerde bedrijven die panelen importeren of zelf maken. Het onderscheid tussen leveranciers die zelf importeren en leveranciers die de panelen alleen betrekken van andere Nederlandse leveranciers maakt het CBS op basis van een in principe eenmalige telefonische navraag. Naast de importeurs van zonnepanelen zijn ook 'projectontwikkelaars' in recente jaren actief geworden. Bij vooral de zeer grote zonnestroomprojecten kan het voorkomen dat de bedrijven die het project uitvoeren dan wel daar aan deelnemen zelf de panelen importeren. Het CBS heeft zicht op deze projecten vanuit de informatie uit de subsidieregelingen en heeft daardoor de betrokken bedrijven over deze importen kunnen bevragen.

De nader voorlopige cijfers 2016 van het bijgeplaatste vermogen uit tabel 5.1.2 zijn gebaseerd op gegevens van een lijst met ongeveer 350 importerende leveranciers uit november 2016. Ruim 80 procent van deze importerende leveranciers heeft data aan het CBS verstrekt, voor de ontbrekende 20 procent heeft het CBS een bijschatting gemaakt van 61 megawatt op basis van data van het voorafgaande jaar en de trend bij de overige leveranciers.

Daarnaast heeft het CBS nog een bijschatting gemaakt van 25 megawatt voor leveranciers die voorheen niet zelf importeerden, maar dat wel zijn gaan doen. Deze schatting is opnieuw gedaan op basis van een steekproefonderzoek onder 100 bedrijven onder de 750 bij het CBS bekende niet importerende leveranciers via website-informatie en/of telefonische navraag in het voorjaar van 2016.

Informatie over de EIA is gebaseerd op informatie van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), die deze regeling uitvoert. Van alle aanvragen voor zonnestroom weet RVO het investeringsbedrag, omdat daarop de belastingkorting is gebaseerd.

De Nederlandse netbeheerders hebben een register opgezet, het Productie-installatieregister (PIR), waarin zoveel mogelijk zonnepanelen worden geregistreerd. Ze gebruiken deze gegevens voor een optimaal beheer van het net. Het CBS heeft in februari 2017 een afslag van het PIR ontvangen en een eerste analyse uitgevoerd, onder andere door op aansluitingsniveau te koppelen met data van CertiQ. Hieruit blijkt dat het PIR, zeker voor 2015 en 2016, veel grote zonneparken (nog) mist. Na het toevoegen van deze grote parken aan de data is het verschil voor het bijgeplaatste vermogen in de jaren 2013 tot en met 2016 per jaar 5 à 10 procent en over de vier jaren samen een paar procent. Voor de jaren 2012 en eerder geeft de CBS-statistiek duidelijk meer zonvermogen dan de combinatie PIR/CertiQ.

Voor zonnepanelen wordt uitgegaan van een levensduur van 25 jaar (*Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*). Dit is een erg onzekere schatting, maar omdat verreweg de meeste panelen in recente jaren zijn geplaatst heeft deze onzekerheid nauwelijks effect op de onzekerheid in de totale productie van zonnestroom.

De elektriciteitsproductie is berekend met behulp van vaste kengetallen van de jaarlijkse productie per geïnstalleerd vermogen (*Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*). Voor de verslagjaren tot en met 2011 geldt een productie van 700 kWh per kW vermogen. Voor de jaren daarna 875 kWh per kW vermogen. Het geïnstalleerd vermogen wordt steeds bepaald aan het eind van een kalenderjaar. De zonnestroomproductie wordt bepaald op basis van het gemiddelde van het vermogen aan het begin en het eind van een kalenderjaar.

Zowel in de schatting van de geplaatste panelen als in de jaarlijkse productie per geïnstalleerd vermogen zit een onzekerheid. De totale onnauwkeurigheid in de elektriciteitsproductie uit zonnepanelen schat het CBS op 20 procent.

## 5.2 Zonnewarmte

Bij de actieve zonthermische energiesystemen kan een uitsplitsing worden gemaakt naar afgedekte en onafgedekte systemen. Afgedekte systemen zijn gesloten systemen. Hierdoor wordt de temperatuur in de collector hoger en daardoor ook de warmteproductie per vierkante meter. Binnen de afgedekte systemen wordt nog een onderscheid gemaakt in systemen met een collectoroppervlak kleiner dan zes vierkante meter en systemen met een collectoroppervlak groter dan zes vierkante meter. De kleine afgedekte systemen zijn bekend als zonneboilers. Deze worden veel toegepast in de woningbouw. De grotere afgedekte systemen worden vooral in de utiliteitsbouw gebruikt. De onafgedekte systemen worden vooral bij zwembaden toegepast.

Er zijn twee typen afgedekte systemen: vlakkeplaatcollectoren en vacuümbuiscollectoren. Vlakkeplaatcollectoren komen in Nederland het meeste voor en de afdekking bestaat dan uit een glazen plaat. Vacuümbuiscollectoren zijn dubbelwandige buisvormige collectoren met tussen de twee wanden een isolerende vacuüm ruimte. In het binnenste gedeelte wordt de warmte opgevangen door een vloeistof.

## Ontwikkelingen

Zonnewarmtesystemen worden al heel lang toegepast in Nederland. Een grote doorbraak is echter tot op heden uitgebleven. Reden daarvoor is dat er nooit een langdurige aantrekkelijke subsidieregeling is geweest, zoals voor hernieuwbare elektriciteit. Ook zijn de prijsdalingen van deze systemen lang niet zo sterk als bij zonnestroom. In 2016 werd 28 duizend vierkante meter aan zonnecollectoren bijgeplaatst maar ook 23 duizend vierkante meter uit gebruik genomen. Per saldo nam het totale oppervlak van de opgestelde zonnecollectoren daardoor met vijf duizend vierkante meter toe tot 652 duizend vierkante meter ofwel een groei van bijna één procent; in 2015 groeide het collectoroppervlak met een half procent. Het in werking treden van de investeringssubsidie duurzame energie voor particulieren en zakelijke gebruikers (ISDE) in 2016 heeft dus nog nauwelijks effect gehad op de groei.

In 2009 en 2010 piekte het bijgeplaatste collectoroppervlak, mede onder invloed van de subsidieregeling Duurzame warmte in bestaande woningen. Deze regeling is begin 2011 gesloten (Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, 2011b). Voor nieuwe woningen is er nog wel overheidssteun via de energienormen voor nieuwe gebouwen. De totale bijdrage van zonnewarmte aan het verbruik van hernieuwbare energie in Nederland was ongeveer 1 procent in 2016.

### 5.2.1 Zonnewarmte

	Aantal			Collectoroppervlak			Productie <sup>2)</sup>	Verbruik	Effect	
	bijgeplaatst	uit gebruik genomen	opgesteld <sup>1)</sup>	bijgeplaatst	uit gebruik genomen	opgesteld <sup>1)</sup>		bruto eind-verbruik	vermeden inzet van fossiele primaire energie	vermeden emissie CO <sub>2</sub>
				1 000 m <sup>2</sup>			TJ	Kton		
<b>Totaal</b>										
2000	.	.	.	36	8	276	454	454	445	25
2005	.	.	.	26	0	422	719	719	725	41
2010	.	.	.	47	9	576	994	994	1 016	57
2014	.	.	.	28	18	644	1 128	1 128	1 168	66
2015	.	.	.	24	21	647	1 137	1 137	1 179	67
2016**	.	.	.	28	23	652	1 147	1 147	1 192	67
<b>Zonneboilers (afgedekt ≤6 m<sup>2</sup>)</b>										
2014	7 268	2 501	150 998	20	8	429	809	809	871	49
2015	5 145	3 300	152 843	16	11	434	818	818	881	50
2016**	6 050	4 454	154 439	19	15	438	826	826	890	50
<b>Afgedekt &gt;6 m<sup>2</sup></b>										
2014	.	.	.	6	2	105	181	181	195	11
2015	.	.	.	6	2	109	187	187	201	11
2016**	.	.	.	7	2	114	194	194	209	12
<b>Onafgedekt</b>										
2014	.	.	.	3	7	110	138	138	102	6
2015	.	.	.	3	8	105	132	132	97	5
2016**	.	.	.	3	7	101	127	127	93	5

Bron: CBS.

<sup>1)</sup> Aan einde verslagjaar.

<sup>2)</sup> Definitie IEA/Eurostat: Beschikbare warmte voor het medium dat zorgt voor warmteoverdracht minus de de optische en collectorverliezen.

## 5.2.2 Afzet afgedekte zonnewarmte systemen, uitgesplitst naar sector

Sector	2013	2014	2015	2016**	
	% van collectoroppervlakte				
Woningen		82	75	86	80
Nieuwbouw		28	29	18	19
Bestaande bouw		25	33	36	51
Onbekend		29	13	33	10
Utiliteitsgebouwen		14	19	9	15
Landbouw		3	6	5	5
Totaal		100	100	100	100

Bron: CBS.

## 5.2.3 Afzet afgedekte zonnewarmte systemen, uitgesplitst naar type systeem

Type systeem	2013	2014	2015	2016**	
	% van collectoroppervlakte				
<b>Systemen kleiner dan 6 m<sup>2</sup></b>					
Vlakke plaat		97	91	91	79
Vacuüm buis		3	9	9	21
Totaal		100	100	100	100
<b>Systemen groter dan 6 m<sup>2</sup></b>					
Vlakke plaat		63	72	56	81
Vacuüm buis		37	28	44	19
Totaal		100	100	100	100
<b>Totaal</b>					
Vlakke plaat		89	86	82	80
Vacuüm buis		11	14	18	20
Totaal		100	100	100	100

Bron: CBS.

## Methode

De basis voor de statistiek is de database die Ecofys heeft opgesteld voor de jaren tot en met 2002 (Warmerdam, 2003). Het CBS heeft vervolgens de database geactualiseerd. De gegevens voor de bijgeplaatste afgedekte systemen zijn verkregen via een enquête bij de leveranciers van deze systemen. De respons was ruim 80 procent voor verslagjaar 2016. Non-respons is bijgeschat op basis van gegevens van vorig jaar. De lijst van leveranciers is opgesteld met hulp van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland en brancheorganisatie Holland Solar.

Onafgedekte systemen leveren een kleine bijdrage en worden vanaf verslagjaar 2012 geschat met een vaste aanname voor nieuw geplaatste systemen per jaar.

Het uit gebruik nemen van systemen is geschat op basis van een gemiddelde levensduur van 20 jaar voor zonneboilers (*Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*, RVO.nl en CBS, 2015). Voor de eenvoud wordt deze schatting van de gemiddelde levensduur ook toegepast

voor de grotere systemen. Voor oudere systemen was soms al individuele informatie over de levensduur aanwezig in de database. Deze informatie is gehandhaafd.

De energieproductie uit zonnewarmte is berekend volgens kengetallen voor de energieproductie per vierkante meter collectoroppervlak uit het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie* (RVO.nl en CBS, 2015). De onzekerheid in de hernieuwbare energie uit zonnewarmte wordt nu bepaald door een combinatie van factoren: de productie per eenheid collectoroppervlak, de levensduur van de collectoren en het bijgeplaatste collectoroppervlak. Het CBS schat de onzekerheid in de productie van zonnewarmte op 25 procent.

**6.**

**Aardwarmte en**

**bodemenergie**

Aardwarmte en bodemenergie is energie die afkomstig is van onder het aardoppervlak. Aardwarmte is warmte die afkomstig is van het binnenste van de aarde en wordt ook geothermie genoemd. Bodemenergie is warmte of koude uit de buitenlucht die in de bovenste laag van de bodem een half jaar is opgeslagen. In de zomer wordt de koude uit de winter benut en in de winter de warmte uit de zomer. Aardwarmte en bodemenergie groeien de laatste jaren fors en waren in 2016 goed voor ruim 5 procent van het eindverbruik van energie uit hernieuwbare bronnen.

### 6.0.1 Aardwarmte en bodemenergie

	Onttrokken warmte	Onttrokken koude	Bruto eindverbruik	Vermeden verbruik van fossiele primaire energie	Vermeden emissie CO <sub>2</sub>
	TJ			Kton	
2000	200	292	156	286	17
2005	736	780	628	848	46
2010	2 703	1 660	2 501	2 699	142
2014	5 075	1 850	4 906	4 637	227
2015	6 244	1 793	6 082	5 667	266
2016**	6 861	.	6 699	6 191	291

Bron: CBS.

## 6.1 Aardwarmte

### Ontwikkelingen

Sinds eind 2008 wordt in Nederland gebruik gemaakt van aardwarmte. In eerste instantie ging het om één glastuinbouwbedrijf dat op dit moment op twee plaatsen aardwarmte wint. Het succes van dit project heeft de belangstelling aangewakkerd en in 2016 zijn er in totaal twaalf projecten in productie.

De kosten van diepe bodemenergie zitten vooral in het boren van de put tot een diepte van één kilometer of meer. Het lastige punt daarbij is dat er geen garantie is op succes bij het boren. Om de ontwikkeling van diepe bodemenergie te stimuleren en de risico's voor de initiatiefnemers te beperken, heeft de overheid een regeling in het leven geroepen die een gedeelte van het risico op het misboren afdekt. De regeling (RNES Aardwarmte) is in 2016 door de minister van Economische Zaken met vijf jaar verlengd.

Vanaf 2012 komen projecten voor diepe bodemenergie ook in aanmerking voor SDE(+)-subsidie. Diepe bodemenergie heeft per joule hernieuwbare energie relatief weinig subsidie nodig en heeft bij de competitieve SDE+ regeling daarom weinig last van concurrentie met andere technieken.

Voor geothermie is volgens een overzicht van RVO tot en met SDE2016+ voor 30 projecten met een totaal vermogen van 519 megawatt subsidie toegezegd (RVO, 2017a). Hiervan



is inmiddels 173 megawatt gerealiseerd (RVO, 2017b). In 2016 werden maar liefst 14 aanvragen met een totaal van 272 megawatt toegekend.

Eind 2016 waren twaalf aardwarmte-installaties in gebruik en deze produceerden in het jaar 2,8 terajoule aan warmte. Het aantal installaties groeit langzaam maar gestaag; in 2012 waren er nog maar zes. Sinds 2012 is de gemiddelde warmteproductie van de installaties verdrievoudigd.

### 6.1.1 Aardwarmte

	Aantal installaties	Warmteproductie	Vermeden verbruik van fossiele primaire energie		
			Vermeden emissie CO <sub>2</sub>		
		TJ	Kton		
2008	1	96	95	5	
2009	1	142	140	8	
2010	2	318	316	17	
2011	4	316	315	17	
2012	6	495	491	27	
2013	8	993	986	54	
2014	10	1 502	1 488	81	
2015	11	2 448	2 425	131	
2016**	12	2 843	2 816	152	

Bron: CBS en LEI.

## Methode

In het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie* is afgesproken om de grens tussen aardwarmte en bodemenergie te leggen op 500 meter onder de grond. In de praktijk lijkt deze grens goed te werken. Voor projecten beneden de 500 meter is een vergunning nodig via de Mijnbouwwet. Gegevens over de warmteproductie voor de jaren tot en met 2010 zijn door het CBS zelf opgevraagd bij het betreffende bedrijf. Vanaf 2011 tot en met 2013 is gebruik gemaakt van gegevens van het Landbouweconomisch Instituut (LEI) en voor 2014 en volgende jaren van data van CertiQ.

## 6.2 Bodemenergie

Bij bodemenergie kan onderscheid gemaakt worden tussen onttrekking van warmte in de winter en onttrekking van koude in de zomer. Dat gebeurt veelal door het oppompen van grondwater van bijvoorbeeld 150 meter diep. In de zomer wordt dit grondwater, dat een temperatuur heeft van 5 tot 10 graden, gebruikt om een gebouw te koelen. Na het koelen is dit water opgewarmd tussen 10 en 15 graden, en dit water wordt op een andere plek weer teruggepompt in de grond op een vergelijkbare diepte. In de winter wordt dit opgewarmde water weer opgepompt en gebruikt om het gebouw te verwarmen, waarna het afgekoelde water weer terug de bodem in gaat en de cirkel rond is. Bodemenergie wordt ook warmte/koude-opslag genoemd.

Water van 10 à 15 graden is niet zonder meer geschikt om een gebouw in de winter op een aangename temperatuur te krijgen. Daarom worden vaak warmtepompen gebruikt om de energie naar een hoger temperatuurniveau te brengen. De werking van een warmtepomp is vergelijkbaar met die van een koelkast, maar dan omgekeerd. Een koelkast maakt het binnenin kouder door warmte vanuit de koelkast naar buiten te pompen. Daardoor wordt het buiten de koelkast dus (iets) warmer. Een warmtepomp maakt het buiten (iets) kouder en binnen warmer. Net als een koelkast gebruikt een warmtepomp ook elektriciteit. Voor warmtepompen die gebruik maken van ondiepe bodemenergie levert één eenheid elektriciteit gemiddeld ongeveer vier eenheden warmte. De opwekking van één eenheid elektriciteit kost doorgaans twee tot tweeënhalf eenheden fossiele energie en een gasketel maakt ongeveer één eenheid warmte uit één eenheid aardgas. Het gebruik van een warmtepomp is per saldo dus energetisch voordeliger dan verwarming met een gewone aardgasketel. Een beperkte hoeveelheid ondiepe bodemwarmte wordt benut zonder warmtepompen. Het gaat dan om voorverwarming van ventilatielucht.

Binnen de bodemenergie kan nog onderscheid gemaakt worden tussen open systemen en gesloten systemen. In open systemen wordt grondwater onttrokken waarna boven de grond de uitwisseling van warmte plaatsvindt voor koeling en verwarming. Daarna wordt het grondwater weer teruggepompt. In gesloten systemen wordt een gesloten buis of slang de grond ingebracht tot een diepte van 50 tot 100 meter. In deze buis stroomt een vloeistof voor warmtetransport en deze wordt verwarmd of gekoeld via de wand van de buis. Bij gesloten systemen wordt dus geen grondwater onttrokken uit de bodem. Door de stroming van het grondwater is bij open systemen een groter deel van de bodem betrokken bij de opslag van warmte en koude. De gemiddelde capaciteit van deze systemen is dus groter. Open systemen worden vooral toegepast bij grote kantoren, kassen of woonwijken. Gesloten systemen worden vaak toegepast bij kleine kantoren of (een kleine groep) woningen. Open systemen worden ook wel 'watersystemen' genoemd en gesloten systemen 'bodemsystemen'.

## 6.2.1 Bodemenergie

	Onttrekking van warmte	Onttrekking van koude	Bruto eindverbruik	Vermeden verbruik van fossiele primaire energie	Vermeden emissie CO <sub>2</sub>
	TJ			Kton	
<b>Warmte</b>					
Warmte totaal					
2000	200		156	133	6
2005	736		628	443	18
2010	2 385		2 183	1 507	66
2014	3 573		3 404	2 169	74
2015	3 796		3 634	2 293	66
2016**	4 017		3 855	2 426	69
Benut met warmtepompen					
2014	3 404		3 404	2 007	65
2015	3 634		3 634	2 138	57
2016**	3 855		3 855	2 270	60
Benut zonder warmtepompen					
2014	169			162	9
2015	162			155	9
2016**	.			.	.
<b>Koude</b>					
2000		292		153	11
2005		780		405	28
2010		1 660		876	59
2014		1 850		979	72
2015		1 793		949	70
2016**		.		.	.
<b>Totaal warmte en koude</b>					
2000	200	292	156	286	17
2005	736	780	628	848	46
2010	2 385	1 660	2 183	2 383	125
2014	3 573	1 850	3 404	3 149	147
2015	3 796	1 793	3 634	3 243	135
2016**	4 017	1 793	3 855	3 375	139

Bron: CBS.

## 6.2.2 Warmtepompen met gebruik van bodemwarmte

	Bijgeplaatst aantal installaties					Bijgeplaatst thermisch vermogen				
	2012	2013	2014	2015	2016**	2012	2013	2014	2015	2016**
	<b>MW</b>									
<b>Open systemen (met onttrekking van grondwater)</b>										
Utiliteitsgebouwen en op landbouwbedrijven	398	433	300	302	337	58	70	64	64	51
Woningen, totaal	1 058	639	242	155	244	10	7	3	1	2
alleen ruimteverwarming	873	502	190	7	171	10	6	3	0	2
ruimteverwarming en tapwaterverwarming	185	137	52	148	73	1	1	0	1	1
Totaal	1 456	1 072	542	457	581	68	77	67	65	53
<b>Gesloten systemen (zonder onttrekking van grondwater)</b>										
Utiliteitsgebouwen en op landbouwbedrijven	545	197	200	136	90	16	21	14	10	4
Woningen, totaal	3 785	1 783	1 768	1 493	3 394	28	12	15	16	29
alleen ruimteverwarming	656	688	1 125	1 112	1 031	12	7	10	14	16
ruimteverwarming en tapwaterverwarming	3 129	1 095	643	381	2 363	16	5	4	2	13
Totaal	4 330	1 980	1 968	1 629	3 484	45	34	28	26	33
<b>Totaal</b>	<b>5 786</b>	<b>3 052</b>	<b>2 510</b>	<b>2 086</b>	<b>4 065</b>	<b>113</b>	<b>111</b>	<b>96</b>	<b>91</b>	<b>86</b>

Bron: CBS.

## 6.2.3 Onttrokken grondwater in open systemen voor warmte/koudeopslag, 2015

	Mln m <sup>3</sup>
Groningen	8
Friesland	5
Drenthe	3
Overijssel	10
Gelderland	21
Flevoland	5
Utrecht	17
Noord-Holland	61
Zuid-Holland	69
Zeeland	3
Noord-Brabant	41
Limburg	8
<b>Totaal</b>	<b>251</b>

Bron: CBS.

## 6.2.4 Onttrokken grondwater in open systemen voor warmte/koudeopslag naar sector, 2015

	Mln m <sup>3</sup>
Glastuinbouw	20
Industrie	1
Overige landbouw	10
Utiliteitsbouw	185
Woningbouw	34
Totaal	251

Bron: CBS.

## Ontwikkelingen

Het gebruik van bodemenergie neemt gestaag toe: in 2015 en 2016 groeide de warmte-onttrekking met zes procent. Vooral in nieuwe grote kantoren, is het een veel toegepaste techniek. Het is relatief snel rendabel, omdat in deze gebouwen naast een warmtevraag vaak ook een behoorlijke koelvraag is en omdat er in nieuwe gebouwen het verwarmings- en koelsysteem direct bij aanleg al aangepast kan worden aan het gebruik van bodemenergie. Ook in de glastuinbouw worden grote systemen voor bodemenergie in gebruik genomen.

Voor de open systemen is in 2015 in totaal 251 miljoen kubieke meter water rondgepompt; voor 2016 zijn nog geen uitkomsten beschikbaar.

In 2016 toont de bouw van woningen enig herstel na een lange periode van verminderde activiteit. De afzet van warmtepompen nam ook toe maar dat geldt vooral voor het aantal en niet voor het thermisch vermogen. Kennelijk is in 2016 vooral de afzet toegenomen van warmtepompen met een klein vermogen voor zowel gesloten als open systemen.

Uit een analyse van een van RVO ontvangen databestand met gegevens over aantallen warmtepompen die aangeschaft zijn met ISDE-subsidie blijkt dat in 2016 circa zes duizend warmtepompen door vooral particulieren zijn aangeschaft. Echter het merendeel daarvan, ongeveer drie kwart, betreft warmtepompen met gebruik van buitenlucht.

De meeste open systemen staan in de provincies Noord- en Zuid-Holland en Noord-Brabant. Deze verdeling reflecteert in grote lijnen de aanwezigheid van grote gebouwen, die zich goed lenen voor toepassing van warmte/koudeopslag met open systemen.

## Methode

Voor de berekening van de bodemenergie is gebruik gemaakt van de verkoopgegevens van de leveranciers van warmtepompen en van gegevens over warmte/koudeopslag die de provincies verzamelen voor het verlenen en beheren van de vergunningen voor warmte/koude-opslagprojecten.

Bij het verzamelen van de verkoopgegevens van warmtepompen is samengewerkt met branchevereniging. De Dutch Heat Pump Association (DHPA) heeft de verkoopgegevens van

de leden geleverd. Het CBS heeft zelf de leveranciers geënquêteerd die geen lid zijn van de branchevereniging. De onttrekking van bodemenergie en het vermeden verbruik van fossiele primaire energie van de warmtepompen op bodemenergie is berekend op basis van kengetallen uit het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*.

In het verleden is voor de warmtepompen door het CBS en de Stichting Warmtepompen (een voorloper van de DHPA) een andere indeling gehanteerd die geen onderscheid maakte naar warmtebron (bodemwarmte of buitenluchtwarmte). Het CBS heeft de oude indeling herleid tot de nieuwe indeling. Daarbij is gebruik gemaakt van enkele aannames en van gegevens uit 2007 en 2008, waarin data zijn verzameld volgens zowel de oude als de nieuwe indeling.

De hernieuwbare energie uit koude en de benutting van warmte zonder warmtepompen is afgeleid uit gegevens over het grondwaterdebiet van de provincies en kengetallen uit het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*.

Lastig daarbij is dat uit de informatie van de provincies niet altijd duidelijk is of een project al in gebruik is. Ook is de informatie over de debieten niet compleet. Het CBS maakt schattingen voor ontbrekende informatie, maar daardoor worden de cijfers wel minder nauwkeurig. Vanwege deze grote onzekerheid en de benodigde analysetijd heeft het CBS besloten deze cijfers niet meer met de status voorlopig te publiceren maar alleen nog met de status definitief in december. Als gevolg daarvan zijn in deze publicatie nog geen koudecijfers over 2016 opgenomen.

Koude is gedefinieerd als het grondwaterdebiet voor koeling maal de soortelijke warmte van water maal het temperatuurverschil tussen opgepompt en weer geïnfiltreerd water. Het temperatuurverschil is dus een cruciale parameter. Recentelijk is een nieuwe studie verschenen naar het temperatuurverschil (RVO, 2016a) waaruit bleek dat gemiddelde het temperatuurverschil tussen 2009 en 2015 niet veel is veranderd. Er is daarom geen reden is om de kengetallen uit het Protocol te herzien.

De benutting van bodemwarmte zonder warmtepompen telt niet bij het bruto eindverbruik, omdat er geen mogelijkheid is om dit te rapporteren bij Eurostat. Reden daarvoor is dat het om een beperkte hoeveelheid energie gaat.

Koude telt ook niet mee bij het bruto eindverbruik, omdat koude geen energiedrager is volgens de internationale energiestatistieken en ook niet valt onder de definitie van hernieuwbare energie in de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie*, waarin expliciet wordt gesproken over geothermal heat. Koude telt wel mee bij de berekening van het vermeden verbruik van fossiele primaire energie. Het CBS schat de onnauwkeurigheid in de cijfers over de hernieuwbare energie uit bodemenergie op ongeveer 25 procent.

7.

# Buitenluchtwarmte

**Warmte uit de buitenlucht kan gebruikt worden om gebouwen te verwarmen met een warmtepomp. Het principe is hetzelfde als bij warmtepompen die gebruik maken van bodemenergie. Een belangrijk verschil is dat de gebruikte bodemwarmte gemiddeld een hogere temperatuur heeft dan de buitenlucht. Daardoor is het verschil tussen de temperatuur van de warmtebron en het afgiftesysteem hoger en heeft een warmtepomp op buitenlucht relatief meer elektriciteit (of gas) nodig dan een warmtepomp op bodemwarmte. Daar staat tegenover dat de aanleg van een systeem voor het benutten van de bodemwarmte een stuk duurder is dan een aanzuigpomp voor de buitenlucht. Buitenluchtwarmte is goed voor ruim twee procent van het eindverbruik van hernieuwbare energie in 2016.**

## Ontwikkelingen

Het gebruik van buitenluchtwarmte met warmtepompen groeit gestaag. Jaarlijks werd hiervoor rond 300 megawatt aan thermisch vermogen bijgeplaatst. Maar in 2015 steeg dit al naar ruim 350 megawatt en in 2016 werd 474 megawatt aan vermogen met bijna 70 duizend installaties toegevoegd. De meeste daarvan (bijna 60 duizend) zijn warmtepompen gekoppeld aan luchtverwarmingssystemen en de rest is gekoppeld aan verwarmingssystemen op basis van water. Warmtepompen kunnen relatief goedkoop geïnstalleerd worden in een nieuw gebouw. Hoewel de afzet van warmtepompen gelet op de verminderde bouwactiviteit tot 2016 redelijk op peil bleef, zal de toegenomen bouw van woningen en kantoren in 2016 aan de sterke stijging van de afzet hebben bijgedragen. Daarbij speelt ook dat de steeds strengere energienormen in de nieuwbouw een aanzet kunnen zijn voor het installeren van warmtepompen. Kennelijk wordt dan eerder gekozen voor een warmtepomp op buitenlucht dan voor een warmtepomp op bodemenergie. Daarnaast heeft mogelijk de ISDE-regeling enige impuls gegeven voor de afzet van warmtepompen. Uit een analyse van een van RVO ontvangen databestand met gegevens over aantallen warmtepompen die aangeschaft zijn met ISDE-subsidie blijkt dat in 2016 circa zes duizend warmtepompen door vooral particulieren zijn aangeschaft. Het merendeel daarvan, ongeveer drie kwart, betreft warmtepompen met gebruik van buitenlucht.

De benutting van de buitenlucht voor verwarming gebeurt vooral in kantoorgebouwen. Het gaat dan vaak om omkeerbare warmtepompen. Dat zijn warmtepompen die in de zomer kunnen worden gebruikt als airco om te koelen, en in de winter om te verwarmen. De meerkosten van koelmachines die niet alleen kunnen koelen maar ook kunnen verwarmen zijn beperkt. Daardoor worden de omkeerbare warmtepompen vaak verkocht zonder veel subsidie. Wel is het mogelijk om voor efficiënte warmtepompen een korting te krijgen op de belasting via de Energie-investeringsaftrekregeling (EIA).

Opvallend is dat de vermeden emissies van CO<sub>2</sub> voor warmtepompen op buitenlucht de laatste jaren negatief zijn, maar dat het vermeden verbruik van fossiele primaire energie positief is. De verklaring hiervoor is dat de besparing van deze warmtepompen afhangt van het verschil tussen het uitgespaarde aardgasverbruik en de daaraan gerelateerde emissies enerzijds (aardgasketel) en het extra verbruik van elektriciteit en de daaraan gerelateerde primaire energie en emissies anderzijds (warmtepomp). Elektriciteitsopwekking volgens de huidige referenties heeft een hogere CO<sub>2</sub>-emissie per eenheid verbruikte energie dan warmteopwekking in een aardgasketel.



Overigens is het belangrijk om te weten dat zowel het vermeden verbruik van primaire energie als de vermeden emissies van CO<sub>2</sub> sterk afhangen van de energiestatistiekfactor van de warmtepompen. Deze waarde voor deze factor is overgenomen van een richtsnoer van de Europese Commissie (zie RVO.nl en CBS, 2015), maar feitelijk is nog erg weinig bekend over de prestaties van warmtepompen op buitenlucht in de praktijk.

## 7.1 Buitenluchtwarmte

	Onttrekking van warmte uit buitenlucht	Bruto eindverbruik	Vermeden verbruik van fossiele primaire energie	Vermeden emissie CO <sub>2</sub>	
	TJ			Kton	
<b>Totaal</b>					
2000		23	23	3	0
2005		81	81	13	-1
2010		536	536	133	-1
2014		1 592	1 592	355	-20
2015		2 019	2 019	439	-39
2016**		2 635	2 635	568	-52
<b>Utiliteitsgebouwen</b>					
2014		1 085	1 085	236	-14
2015		1 380	1 380	296	-27
2016**		1 742	1 742	373	-35
<b>Woningen</b>					
2014		508	508	119	-6
2015		639	639	143	-12
2016**		894	894	195	-17

Bron: CBS.

## 7.2 Warmtepompen met gebruik van buitenluchtwarmte

	Bijgeplaatst aantal installaties					Bijgeplaatst thermisch vermogen				
	2012	2013	2014	2015	2016**	2012	2013	2014	2015	2016**
<b>Afgifte aan verwarmingssysteem op basis van lucht</b>	<b>MW</b>									
Utiliteitsgebouwen en landbouwbedrijven	22 221	22 814	26 191	27 276	34 362	194	188	219	214	254
Woningen	11 514	10 039	13 338	16 265	24 254	48	46	68	80	118
Totaal	33 735	32 853	39 529	43 541	58 616	242	235	287	294	373
<b>Afgifte aan verwarmingssysteem op basis van water</b>										
Utiliteitsgebouwen en landbouwbedrijven	418	355	524	622	1 430	19	17	26	36	47
Woningen, totaal	2 806	4 278	3 975	5 013	9 696	13	21	20	24	54
ruimteverwarming met en zonder tapwater	2 536	3 905	3 744	4 925	9 374	12	21	20	24	53
alleen tapwaterverwarming	270	373	231	88	322	0	1	0	0	1
Totaal	3 224	4 633	4 499	5 635	11 126	32	39	46	60	101
<b>Totaal</b>	36 959	37 486	44 028	49 176	69 742	274	273	333	354	474

Bron: CBS.

## Methodie

In de *EU-Richtlijn voor Hernieuwbare Energie* wordt buitenluchtwarmte aërothermische warmte genoemd.

De statistische methode voor de buitenluchtwarmte is dezelfde als voor bodemenergie die benut wordt met warmtepompen. Via gegevens over de afzet en een aanname over de levensduur wordt het opgesteld vermogen bepaald. Daaruit worden vervolgens de relevante energiestromen bepaald op basis van kengetallen.

Verkoopgegevens van de warmtepompen zijn verzameld in samenwerking met de branchevereniging. De Dutch Heat Pump Association (voorheen de Stichting Warmtepompen) heeft de verkoopgegevens van de leden geleverd. Het CBS heeft zelf de leveranciers geïnterviewd die geen lid zijn van de branchevereniging. In het verleden is voor de warmtepompen door het CBS en de Stichting Warmtepompen een andere indeling gehanteerd die geen onderscheid maakte naar warmtebron (bodemwarmte of buitenluchtwarmte). Het CBS heeft de oude indeling herleid tot de nieuwe indeling. Daarbij is gebruik gemaakt van enkele aannames en van gegevens uit 2007 en 2008 waarin data zijn verzameld volgens zowel de oude als de nieuwe indeling.

Omkeerbare warmtepompen worden regelmatig alleen gebruikt voor koeling, als gewone airco, samen met bijvoorbeeld een gewone verwarmingsketel die de gehele of een gedeelte van de warmtevoorziening regelt. Voor leveranciers van warmtepompen is het erg lastig om in te schatten welk deel van de omkeerbare warmtepompen daadwerkelijk wordt ingezet voor verwarming. Als gevolg van de onzekerheid in het daadwerkelijk gebruik van omkeerbare warmtepompen voor verwarming is het kengetal voor omrekening van het vermogen in de warmteproductie uit het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie* onzeker. Om deze onzekerheid te reduceren is er onderzoek verricht onder de installateurs van de omkeerbare warmtepompen. Zij zitten dicht op de projecten dan de leveranciers en hebben dus beter zicht op het gebruik van omkeerbare warmtepompen voor verwarming. Segers en Busker (2015) beschrijven de uitkomsten van dit onderzoek en de aanvullende aannames die nodig zijn om de resultaten uit het onderzoek te benutten.

Volgens de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* mogen warmtepompen alleen meetellen als ze de energieprestatie (warmteproductie gedeeld door elektriciteitsverbruik) groter is dan een bepaalde norm. Vooral bij (oude) warmtepompen op buitenlucht is het onzeker of ze voldoen aan deze norm. In de Richtsnoer voor de rekenmethodiek voor warmtepompen (Europese Commissie, 2013) is vervolgens bepaald dat lidstaten zelf een expertschatting mogen maken voor het deel van de warmtepompen dat voldoet aan deze norm. Deze expertschatting hebben Segers en Busker (2015) verdisconteerd in de rekenfactor voor de omrekening van het vermogen naar de warmteproductie.

Het onderzoek onder de installateurs was helaas te laat om mee te worden genomen in de meest recente update van het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*. Voor de kengetallen waarmee de vermogens worden omgerekend naar warmteproductie, onttrekking van hernieuwbare energie, eigen energieverbruik en vermeden verbruik van fossiele energie en vermeden emissies van CO<sub>2</sub> is daarom gebruik gemaakt van het Protocol aangevuld met de nieuwe informatie uit Segers en Busker (2015).

Het onderzoek van Segers en Busker (2015) omvat data over schattingen van installateurs over in 2014 geplaatste systemen. Over de oude systemen blijft weinig bekend. Daarnaast zijn er geen goede representatieve data over de energieprestatie van de warmtepompen in de praktijk, waardoor het onduidelijk is welk deel van de aërothermische warmtepompen voldoet aan de ondergrens voor de energieprestatie uit de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie*. Daarom blijft het eindverbruik van de aërothermische warmtepompen onzeker. Het CBS schat de onnauwkeurigheid voor de hernieuwbare energie uit buitenluchtwarmte op 40 procent.

**8.**

# **Biomassa**

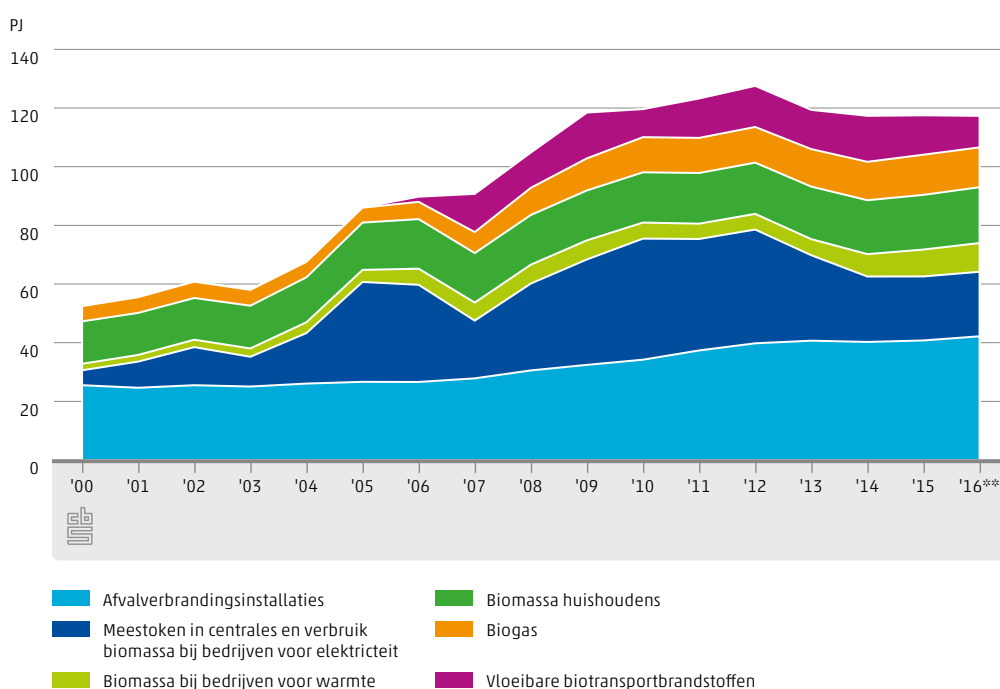
Biomassa kan vele vormen aannemen, zoals voedsel of papier. In de energie-statistieken wordt biomassa echter alleen meegenomen als het wordt gebruikt als energiedrager. De import van bijvoorbeeld palmolie voor de voedingsindustrie wordt dus niet meegenomen. Biomassa is de belangrijkste bron van hernieuwbare energie en wordt op vele manieren gebruikt. In dit hoofdstuk worden alle technieken systematisch langs gelopen. De bijdrage van biomassa aan het bruto eindverbruik van hernieuwbare energie is 63 procent in 2016.

## 8.1 Inleiding

De belangrijkste toepassingen, goed voor drie kwart van het biomassaverbruik zijn: afvalverbrandingsinstallaties (paragraaf 8.2), het gebruik van biomassa door huishoudens (8.6), het gebruik van vloeibare biotransportbrandstoffen (8.11) en het verbruik van biomassa voor warmte bij bedrijven (8.5). Het resterende kwart betreft niet alleen het meestoken van biomassa in centrales (8.3) en het verbruik van biomassa voor elektriciteit bij bedrijven (8.4). Ook kan, naast direct verbranden, de biomassa eerst worden omgezet in biogas, wat op stortplaatsen (8.7) gebeurt. Ook natte organische afvalstromen zijn vaak geschikt om te worden omgezet in biogas via vergisting. Dat gebeurt in veel rioolwaterzuiveringsinstallaties (8.8), in afvalwaterzuiveringsinstallaties in de industrie (8.10) en veel biogas wordt gemaakt uit vergisting van mest samen met ander organisch materiaal (co-vergisting van mest) (8.9).

### Ontwikkelingen

#### 8.1.1 Biomassa verbruik



Het primair verbruik van biomassa is vooral vanaf 2003 hard gegroeid en bereikte een piek in 2012. Het ging in eerste instantie vooral om een toename van het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales, gestimuleerd door de MEP-subsidies (zie ook 2.8). Later nam ook het gebruik van biomassa voor het wegverkeer toe door de introductie van de verplichting voor leveranciers van benzine en diesel tot het verbruik daarvan, veelal ingevuld door biobrandstoffen bij te mengen in gewone benzine en diesel. Ook het verbruik van biomassa voor elektriciteitsproductie nam toe. Het gaat hierbij vooral om enkele installaties die afvalhout verbranden en elektriciteit maken. Het verbruik van biomassa door afvalverbrandingsinstallaties en als biogas groeit meer geleidelijk.

## 8.1.2 Biomassa

	Primair verbruik			Bruto energetisch eindverbruik			Vermeden verbruik van fossiele primaire energie		
	2014	2015	2016**	2014	2015	2016**	2014	2015	2016**
<b>TJ</b>									
Afvalverbrandingsinstallaties	40 265	40 770	42 186	18 628	20 711	20 472	23 680	26 462	26 543
Meestoken in centrales en verbruik biomassa bij bedrijven voor elektriciteit	22 299	21 822	21 994	8 891	8 119	8 066	17 951	16 342	16 215
Biomassaketels voor warmte bij bedrijven	7 622	9 164	9 793	7 558	9 034	9 611	7 124	8 634	9 251
Biomassa huishoudens	18 381	18 638	19 036	18 381	18 638	19 036	11 786	12 087	12 480
Biogas uit stortplaatsen	955	815	687	436	383	310	686	610	499
Biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties	2 359	2 316	2 407	2 013	1 948	2 058	1 971	1 940	2 052
Biogas, co-vergisting van mest	4 972	5 241	4 961	3 903	4 291	4 225	5 385	5 910	5 827
Biogas, overig	4 808	5 320	5 525	3 828	4 244	4 309	4 227	4 615	4 668
Vloeibare biotransportbrandstoffen	15 686	13 439	10 747	15 102	13 315	10 435	15 102	13 315	10 435
<b>Totaal</b>	<b>117 347</b>	<b>117 525</b>	<b>117 336</b>	<b>78 740</b>	<b>80 683</b>	<b>78 522</b>	<b>87 912</b>	<b>89 915</b>	<b>87 970</b>

Bron: CBS.

In 2016 is het totale verbruik van biomassa vrijwel gelijk aan die in 2015. Het verbruik van vaste en vloeibare biomassa voor de productie van elektriciteit, van biogeen afval en van biomassa bij huishoudens namen iets toe. Een wat grotere toename was er opnieuw bij het biomassaverbruik voor warmte bij bedrijven. Het beeld bij biogas is heel wisselend: lichte toenames bij rioolwaterzuiveringsinstallaties en bij de reststromen van de industrie tegenover een daling bij de stortplaatsen en ook zij het in lichte mate bij de mestvergisting. Daarentegen was de daling van het verbruik van biomassa voor vervoer weer flink.

Tabel 8.1.2 geeft het verbruik van biomassa op drie manieren: eindverbruik, primair verbruik en vermeden verbruik van fossiele energie. Bij het eindverbruik van energie gaat het om de vorm waarin het aan de eindverbruiker wordt geleverd: elektriciteit, warmte of brandstof. Bij het primair verbruik gaat het om de eerst meetbare vorm. Vooral bij elektriciteit is het verschil tussen primair en eindverbruik groot, omdat het omzettingsverlies bij de productie van elektriciteit uit biomassa groot is.

Het vermeden verbruik van fossiele primaire energie is in de regel lager dan het verbruik van biomassa (8.1.2). Dat betekent dat 1 joule biomassa minder dan 1 joule fossiele energie uitspaart. Dit komt doordat het energetisch rendement van de installaties die biomassa verbruiken relatief laag is ten opzichte van de fossiele referentie. Het sterkst speelt dit bij afvalverbrandingsinstallaties en bij houtkachels in huishoudens. Voor de

berekening van het vermeden verbruik van fossiele primaire energie is geen complete levenscyclusanalyse (LCA) uitgevoerd (RVO.nl en CBS, 2015), omdat dat ingewikkeld is en omdat er veel gegevens voor nodig zijn. Zeker bij de vloeibare biotransportbrandstoffen zou een complete LCA wel wat nauwkeuriger zijn, omdat het maken van biotransportbrandstoffen uit ruwe plantaardige grondstoffen meer energie kost dan het maken van benzine en diesel uit ruwe aardolie (Edwards et. al, 2007).

## Groen gas

Groen gas is biogas dat is opgewerkt tot aardgaskwaliteit en geïnjecteerd wordt in het aardgasnet. Soms wordt ook ruw biogas tot groen gas gerekend of biogas dat wordt opgewerkt tot *Compressed Natural Gas* (CNG) voor verbruik in vervoer. Hier gaat het alleen over groen gas dat geïnjecteerd wordt in het aardgasnet. Directe injectie van ruw biogas in het aardgasnet kan niet, onder andere omdat de verbrandingswaarde van biogas een stuk lager is.

### 8.1.3 Groen gas: biogas, opgewaardeerd tot aardgaskwaliteit en geïnjecteerd in aardgasnet

	Productie			Aandeel	Bruto energetisch eindverbruik				
	uit stortgas	uit overig biogas	totaal	totaal	in totaal aardgas-verbruik	als elektriciteit	als warmte	voor vervoer	totaal
	Mln m <sup>3</sup>		TJ <sup>1)</sup>	%		TJ <sup>1)</sup>			
2000	17	0	17	549	0,04	69	364	0	433
2005	14	0	14	446	0,03	62	283	0	345
2010	11	0	11	345	0,02	57	212	0	269
2014	7	54	62	1 952	0,16	300	1 240	1	1 541
2015**	6	74	80	2 523	0,21	364	1 665	2	2 031
2016**	4	78	82	2 609	0,21	376	1 722	2	2 100

Bron: CBS.

<sup>1)</sup> Onderwaarde.

Op stortplaatsen wordt al jaren groen gas gemaakt. De biogasproductie op stortplaatsen loopt echter terug, omdat er nog maar weinig afval wordt gestort. Het meeste biogas voor groen gas is afkomstig van andere bronnen zoals vergisters van afvalverwerkingsbedrijven, industrie en landbouw. De afgelopen jaren zijn er telkens nieuwe projecten bijgekomen met groen gas uit overig biogas en sinds 2011 stijgt de groengasproductie weer. Na een forse groei in 2015 met bijna 30 procent kwam de toename van de groen gasproductie in 2016 uit op 3 procent naar 82 miljoen kubieke meter. Dit komt overeen met ongeveer twee promille van het totale aardgasverbruik in Nederland.

De groei in de productie van groen gas heeft vooral te maken met de subsidieregeling *Stimulering Duurzame Energieproductie* (SDE), die, in tegenstelling tot de voorgaande MEP, ook open staat voor groengasprojecten. In april 2017 was in totaal voor de SDE-jaren 2008 tot en met 2016 voor 448 megawatt vermogen aan groengasinstallaties beschikbaar. Van die beschikkingen is nog 292 megawatt niet gerealiseerd; ongeveer de helft daarvan behoort tot de beschikkingen op grond van SDE+ 2016 (RVO, 2017b).

Het bruto energetisch eindverbruik van groen gas wordt berekend door uit de Europese energiestatistieken voor Nederland af te leiden welk deel van het primair aardgasverbruik leidt tot bruto energetisch eindverbruik (Eurostat, 2011). De gebruikte methode verdeelt het primair verbruik van aardgas daarbij in vijf bestemmingen:

- energetisch eindverbruik voor warmte (gemiddeld 63 procent de laatste 10 jaar). Dit is verbruik in warmteketels plus de warmte uit aardgasinzet in warmtekrachtinstallaties
- energetisch eindverbruik voor elektriciteit (gemiddeld 15 procent in de laatste 10 jaar). Dit is de productie van elektriciteit uit aardgas
- energetisch eindverbruik voor vervoer (minder dan 0,1 procent). Dit is de levering van aardgas voor vervoer
- niet-energetisch eindverbruik (gemiddeld 6 procent de laatste 10 jaar), vooral voor de productie van kunstmest
- transformatieverliezen, vooral voor de productie van elektriciteit al dan niet in combinatie met warmte (gemiddeld 16 procent de laatste 10 jaar).

De eerste drie bestemmingen vallen onder het bruto energetisch eindverbruik voor de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* uit 2009 (Europees Parlement en Raad, 2009). Het komt er dus op neer dat gemiddeld 79 procent van de groen gasproductie telt als bruto energetisch eindverbruik. De verdeling van het aardgas over deze vijf bestemmingen is elk jaar iets anders en wordt uitgerekend volgens de definities uit de internationale energiestatistieken. Niet verkochte warmte uit warmtekrachtkoppeling wordt daarin anders behandeld dan in de nationale energiestatistiek (Segers, 2010).

## Duurzaamheid biomassa

Biomassa telt als bron voor hernieuwbare energie omdat de CO<sub>2</sub>-emissie die vrijkomt bij het verbruik van biomassa gecompenseerd wordt door CO<sub>2</sub>-vastlegging bij de groei van planten die weer zorgt voor nieuwe biomassa (kortcyclische CO<sub>2</sub>). Toch zijn er ook zorgen over de duurzaamheid van het gebruik van biomassa. Het gaat dan vaak over de bescherming van tropische bossen, de CO<sub>2</sub>-effectiviteit over de hele keten en effecten op voedselprijzen. In de EU-richtlijn voor hernieuwbare energie uit 2009 zijn duurzaamheidscriteria opgenomen voor vloeibare biomassa en biogas voor vervoer. Dat heeft tot gevolg dat vanaf 2011 vloeibare biomassa die niet voldoet aan de criteria, niet meetelt voor de realisatie van de doelstelling en ook geen steun mag ontvangen van nationale regeringen via een subsidie, een korting op de accijns of een verplichting. Voor andere vormen van biomassa gelden nog geen duurzaamheidscriteria. Op nationaal niveau is besloten om de subsidie voor het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales alleen mee te tellen voor duurzaam gecertificeerde biomassa.

Vanaf 2012 heeft de Nederlandse Emissieautoriteit gecontroleerd of biobrandstoffen voor vervoer die opgevoerd zijn voor de nationale bijmengplicht voldoen aan de duurzaamheidscriteria uit de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* (NEa, 2015). Het CBS heeft gegevens per bedrijf ontvangen van de NEa en vergeleken met eigen gegevens over biobrandstoffen. Daaruit is naar voren gekomen dat nagenoeg alle Nederlandse biobrandstoffen die geleverd zijn voor vervoer in Nederland voldoen aan de duurzaamheidscriteria.



In 2017 is voor de tweede keer een rapportage opgesteld door het *Platform Bio-Energie* (PBE) in samenwerking met RVO over het verbruik van hout in energie-installaties voor elektriciteit en warmte. Deze rapportage en voorgaande zijn in opvolging gemaakt van de Green Deal Duurzaamheid Vaste Biomassa die in 2015 afliep.

De bedrijven waar de installaties in gebruik zijn, hebben net als tijdens de Green Deal op vrijwillige basis aan het onderzoek meegewerkt. De deelnemende partijen beogen met de jaarlijkse rapportage bij te dragen aan de gewenste openheid over de omvang, aard, herkomst en duurzaamheidsaspecten van de gebruikte biomassa. Zij hopen daarnaast dat de rapportage het draagvlak voor deze belangrijke vorm van hernieuwbare energie bevordert.

Deze rapportage heeft betrekking op vaste – houtachtige – biomassa die direct of indirect wordt ingezet om elektriciteit en/of warmte op te wekken. Niet opgenomen in deze rapportage zijn: gasvormige of vloeibare biobrandstoffen, fossiele brandstoffen of andere vaste biomassa (PBE/RVO, 2017).

In de volgende paragrafen van deze publicatie wordt nader ingegaan op het verbruik van andere niet-houtachtige biomassa zoals huishoudelijk afval en biogas.

## **Aanbod van vaste biomassa**

Het binnenlands verbruik van vaste biomassa, in hoofdzaak houtachtige producten uit reststromen, kan geheel voorzien worden vanuit binnenlandse productie. Per saldo is Nederland in 2014 en 2015 zelfs exporteur. In 2013 was dat nog niet het geval toen houtpellets op grote schaal werden geïmporteerd. Met de sterke vermindering van het bij- en meestoken van houtpellets viel de noodzaak voor deze importen vrijwel geheel weg.

In 2015 nam het binnenlands verbruik van vaste biomassa toe met 3 procent naar ruim 49 petajoule.

### 8.1.4 Balans vaste biomassa voor energie, 2013-2015

	2013	2014	2015
	TJ		
<b>Binnenlandse productie</b>			
Totaal	50 311	54 014	57 092
Houtpellets	3 836	4 830	4 655
Afvalhout	13 203	14 811	15 466
Hout chips en schoon resthout	5 577	6 142	7 383
Vers hout blokken	14 700	15 092	15 307
Restproducten uit primaire landbouw	3 204	3 045	3 103
Restproducten uit agro-industrie	3 399	3 202	4 181
Overige niet-houtige biomassa	6 390	6 891	6 997
<b>Import</b>			
Totaal	12 976	5 759	3 750
Houtpellets	10 706	3 131	0
Afvalhout	2 200	2 458	3 420
Overig	70	169	330
<b>Export</b>			
Totaal	10 674	11 741	11 489
Houtpellets	2 397	3 464	3 212
Afvalhout	5 865	5 865	5 865
Overig (niet houtachtig)	2 412	2 412	2 412
<b>Binnenlands verbruik</b>			
Totaal	52 613	48 032	49 353
Houtpellets	12 145	4 498	1 443
Afvalhout	9 538	11 405	13 021
waarvan			
voor opwekking elektriciteit	6 598	8 386	9 959
bij huishoudens	2 940	3 018	3 061
Hout chips en schoon resthout	5 647	6 310	7 713
Vers hout blokken (huishoudens)	14 700	15 092	15 307
Restproducten uit primaire landbouw	3 204	3 045	3 103
Restproducten uit agro-industrie	3 399	3 202	4 181
Overige niet-houtige biomassa	3 979	4 479	4 586

Bron: CBS.

## 8.2 Afvalverbrandingsinstallaties

Afval dat verbrand wordt door afvalverbrandingsinstallaties is op energiebasis voor ongeveer de helft van biogene oorsprong. Daarom telt ongeveer de helft van de energieproductie door afvalverbrandingsinstallaties als hernieuwbare energie. In Nederland zijn er twaalf afvalverbrandingsinstallaties. Deze grote installaties waren in 2016 goed voor 16 procent van het eindverbruik van hernieuwbare energie.

### Ontwikkelingen

De productie van hernieuwbare energie uit afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) toont sinds 2009 een duidelijke stijging. Tot en met 2011 had de stijging vooral te maken met het in

gebruik nemen van nieuwe installaties, daarna kwam de stijging door nieuwe leidingen voor leveringen van stoom aan nabijgelegen industrie en warm water vooral voor bestaande stadsverwarmingsnetten. Bij veel installaties werd de warmte nog lang niet volledig benut, waardoor de extra warmteleveringen slechts in beperkte mate ten koste gingen van de elektriciteitsproductie. In 2016 is ten opzichte van 2015 met het verbranden van afval ruim 3 procent meer energie geproduceerd; iets meer in de vorm van elektriciteit en wat minder in warmte.

Vanaf 1990 tot en met 2002 is het biogene aandeel van het verbrande afval langzaam gedaald. Dat had te maken met het opkomen van het apart inzamelen van groente-, fruit- en tuinafval. In 2003 kwam aan deze daling een eind en tot en met 2012 steeg de biogene fractie weer om sindsdien min of meer constant te blijven (rond 55%). Een betere scheiding van het plastic afval speelde daarbij een rol (Agentschap NL, 2013).

Voor huishoudelijk afval wordt import steeds belangrijker. Reden daarvoor is dat de capaciteit van de afvalverbrandingsinstallaties de laatste jaren is uitgebreid en dat het binnenlandse aanbod van afval is afgenomen. Om de investering in de dure installaties terug te verdienen is het voor de bedrijven van belang om de installatie zoveel mogelijk te gebruiken. Dankzij de nabijheid van zeehavens is het relatief goedkoop om afval te importeren uit Europese landen waar de capaciteit voor verwerking van afval schaars is.

### 8.2.1 Afvalverbrandingsinstallaties: vermogen, verbrand afval, energiebalans

	Verbrand afval		Elektriciteit				Warmte		Fossiele brandstoffen	
	massa	energie	vermogen	bruto productie	verbruik	netto productie	productie	verbruik		
	Kton	TJ	MW	Mln kWh			TJ			
2000	4 896	49 767	394	2 520	565	1 956	7 129	796		
2005	5 454	56 722	429	2 738	609	2 129	9 014	938		
2010	6 586	64 543	586	3 376	701	2 675	11 194	950		
2014	7 601	74 566	649	3 578	801	2 777	19 908	910		
2015	7 564	74 127	649	3 676	823	2 853	23 157	935		
2016**	7 827	76 701	649	3 790	849	2 941	22 387	956		

Bron: CBS.

### 8.2.2 Afvalverbrandingsinstallaties: hernieuwbare fractie en hernieuwbare energie

	Afval		Elektriciteit		Warmte	Bruto energetisch eindverbruik			Effect	
	hernieuwbare fractie	inzet biogeen afval	bruto hernieuwbare productie	netto hernieuwbare productie	hernieuwbare productie	elektriciteit	warmte	totaal	vermeden verbruik fossiele primaire energie	vermeden emissie CO <sub>2</sub>
	%	TJ	Mln kWh		TJ					Kton
2000	51	25 512	1 272	987	3 597	4 578	4 548	9 126	12 420	835
2005	47	26 659	1 266	984	4 168	4 557	5 241	9 798	12 793	834
2010	53	34 208	1 763	1 397	5 847	6 348	7 708	14 056	17 436	1 115
2014	54	40 265	1 909	1 481	10 621	6 871	11 757	18 628	23 680	1 555
2015	55	40 770	1 997	1 550	12 578	7 188	13 523	20 711	26 462	1 783
2016**	55	42 186	2 059	1 598	12 161	7 412	13 060	20 472	26 543	1 797

Bron: CBS.

Het verschil tussen de bruto en de netto elektriciteitsproductie is bij de AVI's groter dan bij de andere conversietechnieken. Dit komt vooral doordat de AVI's veel elektriciteit gebruiken voor rookgasreiniging. Sommige AVI's gebruiken ook redelijk wat fossiele brandstoffen en warmte voor rookgasreiniging. Het verbruik van fossiele brandstoffen wordt verdisconteerd in de berekening van de productie van hernieuwbare elektriciteit en warmte (*Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*).

## Methode

Afvalverbrandingsinstallaties zijn verbrandingsinstallaties die geschikt zijn voor gemengde afvalstromen. Installaties die ontwikkeld zijn voor specifieke afvalstromen, zoals de thermische conversie-installatie in Duiven voor papierslib en de afvalhoutverbranders bij Twence in Hengelo, de AVR Rijnmond en de Huisvuilcentrale in Alkmaar, worden niet meegenomen bij de afvalverbrandingsinstallaties. Deze installaties tellen wel mee voor de hernieuwbare energie, maar dan bij de bedrijven die biomassa stoken voor elektriciteit (8.4).

Het elektrisch vermogen is afkomstig uit de CBS-statistiek Productiemiddelen Elektriciteit. De tijdreeks van het verbrande afval is tot en met 2015 afkomstig van Rijkswaterstaat Leefomgeving die deze opstelt in het kader van de Werkgroep afvalregistratie (WAR, een samenwerkingsverband van Rijkswaterstaat Leefomgeving, het Interprovinciaal overleg (IPO) en de Vereniging Afvalbedrijven) met behulp van een enquête onder de AVI's. Voor 2016 heeft CBS zelf voorlopige cijfers gemaakt op basis van eigen waarneming, omdat de gegevens uit de WAR nog niet beschikbaar waren.

Voor de calorische waarde en de biogene fractie is gebruik gemaakt van gegevens die Rijkswaterstaat Leefomgeving jaarlijks maakt voor de IPCC monitoring. Voor 2016 waren er nog geen nieuwe cijfers en zijn de cijfers voor 2015 aangehouden.

De elektriciteits- en warmteproductie van de AVI's is bepaald op basis van energie-enquêtes van het CBS. De respons op deze enquêtes is ruim 90 procent. Ontbrekende gegevens zijn bijgeschat op basis van milieujaarverslagen en rapportages van de AVI's aan Rijkswaterstaat Leefomgeving voor de WAR en de vaststelling van de zogenoemde R1-status ('nuttige toepassing'). Voorwaarde voor deze Europese status is een voldoende hoog rendement. De R1-status maakt het AVI's vergunningstechnisch makkelijker om afval uit andere landen te importeren.

Met het nieuwe *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie* (2015) is bepaald dat warmte benut voor rookgasreiniging meetelt in het bruto eindverbruik, net als elektriciteit. Hoewel het gaat om 'onverkochte warmte' is hier sprake van nuttig gebruik van energie in het proces en daarom telt het mee in de totale prestatie van het bedrijf. De hoeveelheden warmte voor rookgasreiniging zijn afkomstig uit de R1-rapportage. Als hernieuwbaar bruto eindverbruik telt de verbrandingswaarde van het biogene deel van de voor dit doel ingezette hoeveelheid afval. Cijfers over de warmte voor rookgasreiniging zijn alleen beschikbaar voor 2014 en daarna. Cijfers over oudere jaren zijn geschat op basis van de leeftijd van de afvalverbrandingsinstallaties en kennis bij Rijkswaterstaat Leefomgeving over belangrijke aanpassingen aan de installaties in het verleden.

Op basis van de vergelijking tussen de milieujaarverslagen, R1-rapportages en de energie-enquêtes schat het CBS de onnauwkeurigheid in de geleverde energieproductie van de AVI's op ongeveer 5 procent. De niet verkochte warmte is relatief gezien wat onzekerder, omdat het complex kan zijn om de stromen op een eenduidige manier af te bakenen. Alles bij elkaar genomen ligt de grootste onzekerheid in de hernieuwbare energie uit AVI's bij de bepaling van de biogene fractie. Deze onzekerheid wordt geschat op 10 procent.

## 8.3 Meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales

Bij het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales gaat het om centrales die kolen gebruiken als hoofdbrandstof. Een gedeelte van deze kolen kan vervangen worden door verschillende soorten biomassa. Een veelgebruikte soort zijn houtpellets. Houtpellets bestaan uit samengeperste brokjes hout. Dit samenpersen kost geld en energie, maar heeft als voordeel dat het makkelijker is om het hout te transporteren en schoon te verbranden met een beperkt verlies aan elektrisch rendement. In 2013 was het meestoken van biomassa verantwoordelijk voor ongeveer 7 procent van het eindverbruik van hernieuwbare energie. Voor 2014 en volgende jaren kunnen vanwege de vertrouwelijkheid van de gegevens door het geringe aantal meestokende bedrijven geen uitkomsten worden gepresenteerd.

In deze situatie zou verandering kunnen komen met het in gebruik nemen van nieuwe dan wel voor het meestoken van biomassa aangepaste bestaande installaties. Met de SDE+2016 zijn in totaal zes aanvragen voor subsidie gehonoreerd.

### Ontwikkelingen

De ontwikkeling van het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales verliep in de periode 2003-2012 met horten en stoten. Aanvankelijk zorgden technische aanpassingen van de centrales voor groei maar halverwege de periode zorgde de afbouw van subsidie voor nieuwe installaties weer voor stagnatie. Ná 2007 ontstond weer groei door het uitbreiden van de capaciteit voor meestoken bij centrales die in 2007 ook al biomassa meestookten. Toen kostte biomassa ook meer dan kolen, maar blijkbaar wogen de extra opbrengsten uit subsidie en CO<sub>2</sub>-rechten op tegen deze extra kosten. De daling in 2012 en 2013 houdt verband met het (gedeeltelijk) aflopen van de MEP-subsidie (Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie), die een subsidieduur kent van maximaal 10 jaar.

### 8.3.1 Meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales

	Biomassa	Elektriciteit		Warmte	Bruto energetisch eindverbruik		Effect		
	inzet	bruto-productie	netto-productie	productie	elektriciteit	warmte	totaal	vermeden verbruik fossiele primaire energie	vermeden emissie CO <sub>2</sub>
	TJ	Mln kWh	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	Kton
2000	1 755	208	198	15	748	15	763	1 755	166
2005	30 522	3 449	3 310	693	12 416	693	13 109	30 522	2 394
2010	28 545	3 237	3 043	1 267	11 653	1 267	12 920	28 545	2 703
2011	27 855	3 182	2 979	920	11 457	920	12 377	27 855	2 638
2012	26 295	2 953	2 802	658	10 632	658	11 290	26 295	2 490
2013	15 691	1 814	1 699	417	6 531	417	6 948	15 691	1 486

Bron: CBS.

## Methode

De gegevens over de hernieuwbare-elektriciteitsproductie zijn afkomstig uit de administratie achter de certificaten voor Garanties van Oorsprong voor groene stroom van CertiQ. Daarbij is de hernieuwbare-elektriciteitsproductie berekend door de totale elektriciteitsproductie van een installatie te vermenigvuldigen met het aandeel 'hernieuwbaar' van de ingezette brandstoffen (op energetische basis). De impliciete aanname daarbij is dat 1 joule biomassa 1 joule fossiele brandstoffen vervangt. Deze aanname wordt ook gemaakt in de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie*. Waarschijnlijk is deze brandstofsubstitutie niet 100 procent, maar enkele procenten lager. Voor de berekening van de subsidiëtarieven voor het meestoken (MEP-regeling, Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie) wordt uitgegaan van 93 procent voor de kolencentrales (De Vries et al., 2005 en Tilburg, et al., 2007).

Voor de inzet van biomassa is gebruik gemaakt van de opgaven van bedrijven uit de CBS-enquêtes. De gegevens uit de administratie van CertiQ en de CBS-enquêtes zijn op individueel niveau met elkaar geconfronteerd. Als controle is daarnaast ook gebruik gemaakt van de milieujaarverslagen. Bij verschillen groter dan 200 TJ inzet biomassa was altijd duidelijk wat de oorzaak was, of is deze achterhaald door het doen van navraag bij de centrales. Afgezien van de onzekerheid in de brandstofsubstitutie wordt de onnauwkeurigheid in de hernieuwbare energie uit het meestoken van biomassa in centrales geschat op 3 procent.

## 8.4 Stoken van biomassa voor elektriciteit bij bedrijven

Het gaat hier om installaties die vaste of vloeibare biomassa verbranden voor de productie van elektriciteit, al dan niet in combinatie met warmteproductie, uitgezonderd het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales. De belangrijkste groep zijn de vier installaties voor het verbranden van afvalhout in Hengelo, Alkmaar, Rotterdam en Delfzijl. Daarnaast gaat het om het verbranden van diverse afvalstromen zoals kippenmest of papierslib in installaties die speciaal ontworpen zijn voor deze soort biomassa en meerdere kleinschalige installaties die vooral schoon resthout verbranden. De ongeveer twintig installaties waren in 2013 goed voor 5 procent van het eindverbruik van hernieuwbare energie. Om te voorkomen dat vertrouwelijke cijfers over het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales kunnen worden teruggerekend zijn de cijfers over het stoken van biomassa voor elektriciteit bij bedrijven in 2014 en volgende jaren ook vertrouwelijk.

### Ontwikkelingen

Van 2009 tot en met 2013 fluctueert de energieproductie rond het zelfde niveau. De jaarlijkse productie van de diverse individuele installaties kan sterk fluctueren door het al dan niet optreden van storingen en de noodzaak tot onderhoud. MEP-subsidie is de belangrijkste subsidieregeling voor deze categorie. De SDE-subsidieregeling heeft nog niet geleid tot veel gerealiseerde projecten.

#### 8.4.1 Stoken van vaste en vloeibare biomassa voor decentrale elektriciteitsproductie

	Biomassa	Elektriciteit	Warmte		Bruto energetisch eindverbruik			Effect		
	verbruik	bruto-productie	netto-productie	totale productie	w.v. Verkochte warmte	elektriciteit	warmte	totaal	vermeden verbruik van fossiele primaire energie	vermeden emissie CO <sub>2</sub>
	TJ	Mln kWh	TJ						Kton	
2000	3 333	234	216	188	188	843	188	1 031	2 161	151
2005	3 524	253	235	468	468	910	468	1 378	2 626	175
2010	12 725	1 015	894	784	784	3 653	784	4 436	8 445	559
2011	10 138	806	705	994	994	2 902	994	3 896	6 927	455
2012	12 482	1 007	885	1 150	780	3 625	1 292	4 917	8 845	611
2013	13 436	1 084	961	1 241	856	3 904	1 436	5 340	9 501	676

Bron: CBS.

## Methodie

Voor de elektriciteitsproductie is CertiQ de belangrijkste bron, met informatie uit de winning- en omzettingenquêtes van het CBS als aanvulling. Als aanvulling en controle is gebruik gemaakt van milieujaarverslagen en informatie van RVO.nl over de Energie-investeringsaftrekregeling (EIA). De onzekerheid in de hernieuwbare energie uit de decentrale biomassaverbranding voor elektriciteit wordt geschat op ongeveer 10 procent.

## 8.5 Stoken van biomassa voor warmte bij bedrijven

Biomassa kan in vaste en vloeibare vorm (afvalhout, slachtafval, papierslib) verstoekt worden in ketels en kachels voor warmteproductie. Zo heeft de houtverwerkende industrie al jaren houtketels waarin de bedrijven hun eigen afvalhout stoken. Sinds 2006 hebben ook steeds meer bedrijven uit de intensieve veehouderij houtketels voor het verwarmen van stallen. In de meeste gevallen wordt de warmte door de producent zelf verbruikt, maar de laatste jaren worden biomassa warmteketels ook voor stadsverwarming gebruikt. Het stoken van biomassa voor warmte draagt voor ruim 8 procent bij aan het totale verbruik van hernieuwbare energie.

### Ontwikkelingen

In 2016 groeide de inzet van biomassa en daarmee de warmteproductie met 7 procent en 18 procent; in 2015 was dat nog 17 respectievelijk 18 procent. De groei in 2016 kwam voort uit de toegenomen inzet van hout (+18%) mede dank zij de toegenomen capaciteit voor het verbranden van hout in ketels. Bij de houtketels gaat het inmiddels om ruim 3 duizend stuks met een grootte variërend van 20 kW tot 10 MW.

Voor het verbranden van andere biomassa dan hout zoals slachtafval en papierslib is in Nederland een beperkt aantal grote ketels in bedrijf. De inzet van biomassa in deze ketels nam in 2016 af.



## 8.5.1 Stoken van vaste en vloeibare biomassa voor warmte bij bedrijven

	Inzet van biomassa			Warmte-productie		Bruto eind- verbruik	Effect	
	Totaal	voor verkochte warmte	voor zelf verbruikte warmte	Totaal	w.v. verkochte warmte		vermeden verbruik fossiele primaire energie	vermeden emissie CO <sub>2</sub>
<b>Totaal</b>	<b>TJ</b>						<b>Kton</b>	
2000	2 212	0	2 212	1 724	0	2 212	1 916	109
2005	4 106	0	4 106	3 448	0	4 106	3 831	218
2010	5 477	0	5 477	4 568	0	5 477	5 076	287
2014	7 622	422	7 199	6 412	359	7 558	7 124	402
2015	9 164	868	8 296	7 771	738	9 034	8 634	488
2016**	9 793	1 216	8 578	8 326	1 033	9 611	9 251	523
<b>Hout</b>								
2014	4 670	422	4 248	3 970	359	4 607	4 411	249
2015	5 246	868	4 378	4 459	738	5 116	4 955	280
2016**	6 205	1 216	4 989	5 274	1 033	6 022	5 860	331
<b>Overige vaste en vloeibare biomassa</b>								
2014	2 952	0	2 952	2 442	0	2 952	2 714	153
2015	3 918	0	3 918	3 312	0	3 918	3 680	208
2016**	3 589	0	3 589	3 052	0	3 589	3 391	192

Bron: CBS.

## 8.5.2 Opgesteld thermisch vermogen (MW) van houtketels voor warmte bij bedrijven uitgesplitst naar sector

	Hout- industrie	Meubel- industrie	Bouw	Handel	Landbouw	Energie- bedrijven	Overig	Totaal
2006	147	65	10	46	63	0	3	333
2007	151	66	11	46	96	0	9	379
2008	151	64	11	44	115	0	14	400
2009	151	64	11	44	128	0	21	419
2010	142	61	12	36	137	0	27	414
2011	140	58	12	37	147	0	31	425
2012	132	56	14	40	157	4	37	440
2013	125	51	13	33	181	12	41	457
2014	131	44	13	26	187	58	49	509
2015	125	37	16	24	202	62	64	531
2016**	111	34	17	26	223	76	75	563

Bron: CBS.

### 8.5.3 Opgesteld aantal en vermogen houtketels voor warmte bij bedrijven uitgesplitst naar vermogensklasse

	Aantal				Totaal	Vermogen				Totaal
	≤ 0,1 MW	> 0,1 t/m 0,5 MW	> 0,5 t/m 1,0 MW	> 1 MW		≤ 0,1 MW	> 0,1 t/m 0,5 MW	> 0,5 t/m 1,0 MW	> 1 MW	
	<b>MW</b>									
2006	833	216	59	92	1 200	48	64	43	178	333
2007	1 182	259	69	95	1 605	69	74	49	186	379
2008	1 404	304	74	92	1 874	80	86	53	181	400
2009	1 536	341	76	92	2 045	87	93	55	185	419
2010	1 700	356	74	87	2 217	95	94	53	171	414
2011	1 869	383	73	85	2 410	104	101	52	169	425
2012	1 998	432	74	82	2 586	111	113	53	163	440
2013	2 111	501	80	77	2 769	117	127	57	156	457
2014	2 184	525	83	76	2 868	121	132	60	196	509
2015	2 230	568	94	74	2 966	124	143	69	195	531
2016**	2 547	614	102	73	3 336	137	153	75	198	563

Bron: CBS.

### 8.5.4 Houtketels en -kachels voor warmte bij bedrijven naar provincie, 2016\*\*

	Aantal	Vermogen
	<b>MW</b>	
Groningen	148	15
Friesland	270	42
Drenthe	183	18
Overijssel	477	64
Flevoland	63	10
Gelderland	977	134
Utrecht	130	14
Noord-Holland	111	87
Zuid-Holland	210	38
Zeeland	58	12
Noord-Brabant	528	78
Limburg	180	49
Totaal	3 336	563

Bron: CBS.

Sinds enkele jaren komen de grotere ketels (vanaf 500 kW) voor SDE-subsidie in aanmerking. Dat heeft vooral in 2014 geleid tot een toename van de grotere ketels. In 2015 en 2016 is de groei vooral te vinden bij de houtketels met een vermogen van 0,1 tot 1 MW. Veel van die ketels zijn geplaatst bij landbouwbedrijven. In 2016 konden particulieren en bedrijven voor klein zakelijk gebruik met subsidie uit de ISDE-regeling een biomassaketel of pelletkachel aanschaffen. Omdat het bij regeling gaat om relatief kleine ketels (tot en met 500 kW) is het aandeel bedrijven dat gebruik heeft gemaakt gering. Dit blijkt uit een analyse van een databestand dat het CBS van RVO heeft ontvangen over het benutten van de ISDE-regeling.

De meeste houtketels staan in Gelderland, Noord-Brabant en Overijssel. Dit zijn grote provincies met intensieve veehouderij en hout- en meubelindustrie, de sectoren waar de meeste houtketels staan. Noord-Holland staat ook hoog in de lijst wegens de grote installatie van de stadverwarming in Purmerend.

## Methode

De informatie over de warmteproductie en het brandstofverbruik komt uit overheidsregistraties zoals een subsidieregeling of milieujaarverslag dan wel uit directe waarneming (bij de grotere installaties) door het CBS.

De gegevens over de aantallen en het vermogen van houtkachels voor warmte bij bedrijven zijn gebaseerd op inventarisaties onder de leveranciers van houtketels en houtkachels groter dan 18 kW met peiljaren 1991 (Sulilatu, 1992), 1997 (Sulilatu, 1998) en vanaf 2004 door het CBS. Voor ontbrekende jaren is geïnterpoleerd. Voor deze inventarisatie stuurt het CBS elk jaar een vragenlijst naar de leveranciers.

De warmteproductie van ketels tot 500 kW is berekend uit het vermogen op basis van 3 000 vollasturen bij landbouwbedrijven en 1 500 vollasturen bij bedrijven in de overige sectoren (*Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie 2015*). Voor de inzet van biomassa is uitgegaan van de warmteproductie en de rendementen zoals beschreven in het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*. Voor de nieuwe ketels van 500 kW en groter wordt sinds de start van de SDE+-regeling de warmteproductie overgenomen uit de registratie van de SDE-regeling.

De uitsplitsing naar sector is gebaseerd op opgaven van de leveranciers van ketels en kachels. Ook de uitsplitsing naar provincie is gebaseerd op opgaven per installatie van de leveranciers van de ketels en kachels voor installaties groter dan 100 kW. Voor ketels en kachels kleiner dan 100 kW heeft het CBS geen gegevens per installatie. De meeste kleinere ketels en kachels staan echter bij landbouwbedrijven. Het CBS heeft daarom de meest recente gegevens uit de Landbouwtelling over het aantal bedrijven met een houtketel of -kachels gebruikt om de kleinere ketels en kachels over de provincies te verdelen. Door de non-respons op de CBS-vragenlijst, de onzekerheid over het aantal vollasturen van de houtketels en de timing van het uit gebruik nemen, bevatten de cijfers over de houtketels bij bedrijven een behoorlijke onzekerheid. Deze onzekerheid neemt echter iets af door de groei van het aandeel warmteproductie die volgt uit de data die overgenomen wordt uit de SDE-registratie. Al met al schat het CBS schat de onzekerheid op 30 procent.

## 8.6 Stoken van biomassa door huishoudens

Ongeveer een miljoen huishoudens hebben een houtgestookte installatie. Meestal worden deze installaties niet als hoofdverwarming gebruikt, maar bij elkaar wordt er toch een aanzienlijke hoeveelheid hout verstoekt. Voor het eindverbruik van hernieuwbare energie telt de hoeveelheid verstoekt hout en dit kwam in 2016 overeen met maar liefst 15 procent van het bruto eindverbruik van hernieuwbare energie in Nederland.

Daarnaast verbruiken veel Nederlandse huishoudens af en toe wat houtskool op de barbecue. Dit telt ook als verbruik van hernieuwbare energie. Het gaat om een kwart procent van het totale eindverbruik van hernieuwbare energie.

## Ontwikkelingen

### 8.6.1 Biomassa bij huishoudens

	Aantal in gebruik	Inzet biomassa		Warmte-productie	Bruto eindverbruik	Vermeden verbruik van fossiele primaire energie	Vermeden emissie CO <sub>2</sub>	
	1 000	Kton	TJ					Kton
<b>Totaal</b>								
2000		971	1 052	14 457	6 559	14 457	6 905	392
2005		959	1 175	16 127	8 446	16 127	8 890	505
2010		960	1 249	17 129	9 852	17 129	10 370	587
2014		1 013	1 341	18 381	11 197	18 381	11 786	665
2015		1 020	1 360	18 638	11 483	18 638	12 087	687
2016**		1 034	1 389	19 036	11 856	19 036	12 480	705
<b>Openhaarden</b>								
2014		374	187	2 542	254	2 542	268	15
2015		370	185	2 518	252	2 518	265	15
2016**		370	185	2 516	252	2 516	265	15
<b>Inzethaarden</b>								
2014		149	237	3 223	1 814	3 223	1 910	108
2015		141	225	3 059	1 737	3 059	1 829	104
2016**		135	214	2 909	1 668	2 909	1 755	99
<b>Vrijstaande kachels</b>								
2014		490	908	12 345	9 128	12 345	9 609	542
2015		508	941	12 792	9 494	12 792	9 993	568
2016**		530	981	13 341	9 937	13 341	10 460	591
<b>Houtskool (elk jaar)</b>								
2000-2016**			9	270	.	270	.	.

Bron: CBS en TNO.

Het gebruik van hout in huishoudelijke houtkachels stijgt langzaam. Binnen de huishoudelijke houtkachels kunnen drie soorten worden onderscheiden: open haarden, inzethaarden en vrijstaande kachels. De laatste twee groepen worden veel vaker gebruikt en hebben een hoger rendement dan open haarden. Het aantal openhaarden en inzethaarden daalt, terwijl het aantal vrijstaande kachels stijgt. De sterke toename van het aantal vrijstaande kachels en het intensieve gebruik van deze kachels verklaren de groei van het totale houtverbruik.

## Methode

De gegevens voor de aantallen in gebruik zijnde huishoudelijke houtkachels, het houtverbruik en het rendement zijn afkomstig van TNO. TNO stelt deze gegevens samen voor de nationale emissiejaarrapportage. TNO baseert zich op steekproefonderzoeken naar het houtverbruik onder huishoudens waarvan de laatste beschreven is door Segers (2013). Ontbrekende gegevens worden aangevuld met een parkmodel van de houtkachels, verkoopcijfers en expertschattingen van rendementen en levensduur van kachels (Jansen, 2016).

De verschillen met een schatting van het houtverbruik via de aanbodzijde zijn groot (Segers, 2013). Zowel de bepaling van het houtverbruik via de aanbodzijde (schatting van de opbrengst van brandhout uit bos, landschap, stedelijk groen en afval) als via de vraagzijde (enquête onder huishoudens) kent veel onzekerheden. Het CBS schat de onzekerheid in het houtverbruik op 35 procent (Segers, 2013).

De hierboven beschreven methode houdt geen rekening met de opkomst van vrijstaande houtkachels die met houtpellets gestookt worden. In het parkmodel van TNO worden alleen kachels meegenomen die gestookt worden met stookhout. Het model schat de aantallen kachels ongeacht het bestaan van pelletketels en houdt daarmee ook geen rekening met een eventuele substitutie door pelletketels. Uit informatie van RVO.nl blijkt dat in het kader van ISDE in 2016 ongeveer 8 duizend pelletkachels door particulieren en voor klein zakelijk gebruik zijn aangeschaft. Het is aannemelijk dat de ISDE-pelletkachels de aanschaf van de traditionele houtkachel hebben vervangen; de mate waarin dat is gebeurd is echter onbekend. De vertekening in de uitkomsten die hierdoor kan zijn ontstaan, laat zich moeilijk berekenen omdat te veel informatie ontbreekt. Het CBS neemt aan dat gezien de aantallen de vertekening per saldo te verwaarlozen is, zeker ook in het licht van de grote onzekerheid in het houtverbruik door huishoudens.

De schatting van het houtskoolverbruik is gebaseerd op expertkennis van buiten het CBS. De database van het CBS-Budgetonderzoek bevat ook gegevens over het houtskoolverbruik. Door de beperkte waarneemperiode is het aantal waarnemingen van houtskoolaankopen klein en zit er veel statistische ruis in de uitkomsten. Gemiddeld gaven huishoudens in de periode 2003–2010 1,50 euro per jaar uit aan houtskool. Met een gemiddelde prijs van 1,65 euro per kg en 7 miljoen huishoudens komt dat neer op 6,4 miljoen kg per jaar voor heel Nederland. Dat komt dus redelijk in de buurt van de 9 miljoen kg waar het CBS nu vanuit gaat. Het CBS schat de onzekerheid in het houtskoolverbruik op 50 procent.

Het vermeden verbruik van primaire energie door het gebruik van houtskool is nihil (*Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*).

## 8.7 Stortgas

Stortgas is biogas uit stortplaatsen. Het meeste afgevangen stortgas wordt omgezet in elektriciteit. Op drietal stortplaatsen wordt stortgas met een flink volume omgezet in een gas met eigenschappen die sterk lijken op die van aardgas. Dit groen gas wordt vervolgens in het aardgasnet geïnjecteerd. Daarnaast wordt er nog een beetje stortgas direct voor warmtetoepassingen gebruikt. In 2016 leverde het stortgas ongeveer 0,2 procent van het eindverbruik van hernieuwbare energie.

### Ontwikkelingen

De productie van hernieuwbare energie uit stortgas is over haar hoogtepunt heen. De afname wordt veroorzaakt doordat steeds minder afval gestort wordt en het afval dat reeds gestort is steeds minder gas produceert (Rijkswaterstaat, 2015). De laatste tien jaar wordt er jaarlijks steeds tussen 5 en 10 procent minder stortgas geproduceerd.

#### 8.7.1 Stortgas

	Biogas			Elektriciteit		Warmte	Aardgas	Bruto energetisch eindverbruik		Effect		
	winning	inzet voor elektriciteitsproductie	omzetting in aardgas	finaal verbruik	bruto-productie	productie uit warmtekrachtkoppeling	productie <sup>1)</sup>	elektriciteit <sup>2)</sup>	warmte <sup>2)</sup>	totaal	vermeden verbruik van fossiele primaire energie	vermeden emissie CO <sub>2</sub>
	TJ					Mln kWh	TJ	Kton				
2000	2 313	1 697	549	67	158	44	549	638	475	1 113	2 000	135
2005	1 909	1 463	446	0	131	68	446	534	351	884	1 623	107
2010	1 538	1 193	345	0	93	55	345	391	267	659	1 142	74
2014	955	637	231	86	46	0	231	202	233	436	686	46
2015	815	550	186	79	43	0	186	181	202	383	610	43
2016**	687	480	141	66	36	0	141	151	159	310	499	35

Bron: CBS.

<sup>1)</sup> Inclusief beperkte hoeveelheid extern geleverd ruw stortgas.

<sup>2)</sup> Inclusief elektriciteit of warmte toegerekend aan de productie van groen gas (biogas opgewaardeerd tot aardgaskwaliteit en geïnjecteerd in aardgasnet).

### Methode

Tot en met 1996 komen de gegevens uit de energie-enquêtes van het CBS. Vanaf het jaar 1997 zijn de gegevens afkomstig uit de stortgasenquête in het kader van de Werkgroep Afvalregistratie (Rijkswaterstaat, 2015). Tot en met het verslagjaar 2004 werd deze enquête uitgevoerd door de Vereniging Afvalbedrijven, vanaf 2005 door Rijkswaterstaat Leefomgeving (voorheen Agentschap NL). In deze enquête worden energiegegevens van alle stortplaatsen gevraagd.

Voor de nader voorlopige cijfers van 2016 waren de gegevens uit de Werkgroep Afvalregistratie (WAR) nog niet beschikbaar. Daarom is voor de elektriciteitsproductie

gebruik gemaakt van de gegevens van CertiQ en voor de aardgasproductie van gegevens van Vertogas.

De respons op de WAR-enquête is de laatste jaren (bijna) 100 procent. Echter, soms worden niet alle vragen over energie beantwoord. De ontbrekende gegevens zijn geschat op basis van de wel bekende gegevens. Het bruto eindverbruik van het in aardgas omgezette stortgas is berekend zoals beschreven in 8.1. De onzekerheid in het bruto eindverbruik van energie uit stortgas schat het CBS op 10 procent.

## 8.8 Biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties

Biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) komt vrij door het vergisten van het uit het zuiveringsproces geproduceerde zuiveringsslib. Slibgisting wordt vooral bij de grotere RWZI's toegepast. Er zijn ongeveer 350 RWZI's in Nederland en bij 80 RWZI's wordt biogas gewonnen en nuttig gebruikt. Biogas uit RWZI's draagt in 2016 bijna 2 procent bij aan het eindverbruik van hernieuwbare energie.

### Ontwikkelingen

De productie van hernieuwbare energie met behulp van biogas uit RWZI's was ongeveer stabiel tot en met 2010 maar nam daarna gestaag toe tot 2015. In 2016 neemt de winning van biogas weer iets toe. Bij de inzet van het biogas leek in tegenstelling tot vorig jaar de nadruk iets meer te liggen op het produceren van warmte dan op elektriciteit.

#### 8.8.1 Biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties

	Biogas		Elektriciteit		Warmte uit warmtekrachtinstallaties		Bruto energetisch eindverbruik		Effect	
	winning	inzet voor warmtekrachtinstallaties	finaal verbruik	bruto-productie	bruto-productie	elektriciteit	warmte	totaal	vermeden verbruik van fossiele primaire energie	vermeden emissie CO <sub>2</sub>
	TJ		Mln kWh	TJ				TJ	Kton	
2000	1 925	1 345	579	111	553	398	1 361	1 760	1 467	97
2005	1 946	1 575	370	123	649	444	1 306	1 750	1 461	96
2010	2 101	1 926	175	164	758	590	1 258	1 848	1 508	100
2014	2 359	2 205	154	201	767	725	1 288	2 013	1 971	140
2015	2 316	2 177	140	206	713	743	1 205	1 948	1 940	146
2016**	2 407	2 240	167	212	774	762	1 296	2 058	2 052	154

Bron: CBS.

## Methode

De gegevens zijn afkomstig uit de CBS-enquête Zuivering van Afvalwater. De respons op deze enquête is 100 procent. Vanaf het verslagjaar 2011 is het energiegedeelte van deze enquête gecombineerd met de uitvraag voor de Meerjarenaafspraken Energiebesparing. De grootste onzekerheid zit in de warmte; deze warmte wordt vaak niet gemeten maar geschat.

Vanaf verslagjaar 2004 is voor het eerst gevraagd om de warmte uit te splitsen naar gebruiksdoel. Het blijkt dat een groot deel van de warmte wordt gebruikt om het productieproces van het biogas op temperatuur te houden. Deze warmte telt niet mee bij de berekening van het vermeden verbruik van fossiele primaire energie, maar wel bij de berekening van het bruto eindverbruik. Vóór 2004 is niet bekend welk deel van de geproduceerde warmte uit de warmtekrachtinstallaties is gebruikt voor de gisting. Aangenomen is dat de verdeling over gisting en andere processen voor 2004 gelijk is aan de verdeling daarna.

Het bruto eindverbruik voor warmte van RWZI-biogas bestaat uit het finaal verbruik van het biogas (warmteketels) plus een bijdrage die gerelateerd is aan de warmte uit warmtekrachtinstallaties op RWZI-biogas. De warmte uit warmtekrachtinstallaties wordt niet verkocht maar zelf verbruikt en komt daardoor niet direct in de internationale energiestatistieken. Maar wel indirect omdat de inzet van biogas voor die zelf verbruikte warmte als finaal verbruik wordt toegerekend aan de warmteproductie. Voor dit toerekenen is het nodig om de inzet van biogas voor de warmtekrachtinstallaties te verdelen over de geproduceerde elektriciteit en warmte. Het CBS maakt deze verdeling op basis van de productie van elektriciteit en warmte in joules volgens de suggestie in de handleiding voor energiestatistieken (IEA/Eurostat, 2004).

Bij enkele RWZI's wordt het biogas omgezet in aardgas. Vanwege de geringe hoeveelheid, mogelijke vertrouwelijkheid van de gegevens en eenvoud wordt deze aardgasproductie vooralsnog geteld als finaal verbruik van biogas.

De onnauwkeurigheid van de hernieuwbare energie uit biogas van RWZI's wordt geschat op 10 procent.

## 8.9 Biogas, co-vergisting van mest

Co-vergisting van mest omvat de productie van biogas uit het vergisten van mest, samen met andere plantaardige materialen. Gemakshalve wordt co-vergisting van mest ook aangeduid als mestvergisting. Co-vergisting van mest leverde in 2016 ongeveer 3 procent van het eindverbruik van hernieuwbare energie.



## Ontwikkelingen

De groei van de productie van hernieuwbare energie uit co-vergisting van mest vakt af vanaf 2009. Vanaf 2011 daalt de productie van biogas uit de co-vergisting van mest. Na een lichte stijging in 2015 is de productie van biogas in 2016 weer licht gedaald (-5%). De afname van de groei had in eerste instantie te maken met het ontbreken van een subsidieregeling voor nieuwe installaties na het stopzetten van de MEP-subsidieregeling in augustus 2006. De nieuwe Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie (SDE) heeft nog niet geleid tot veel nieuwe productie. Mogelijk speelt hierbij mee dat co-vergisting van mest het moeilijk heeft door de hoge prijzen van de co-substraten en de lage prijzen voor elektriciteit (Peene et al., 2011 en Van den Boom en Van der Elst, 2013). Een ontwikkeling die zich doorzet, is de toename van de warmteproductie. Dit gaat vooral om extra warmtebenutting - bijvoorbeeld voor het drogen van het vergistingsresidu - op bestaande installaties waarvoor vanaf 2012 SDE-subsidie verkregen kan worden.

### 8.9.1 Co-vergisting van mest

	Aantal locaties	Biogas		Elektriciteit		Warmte uit warmtekrachtinstallaties	Bruto energetisch eindverbruik			Effect	
		winning en inzet warmtekrachtinstallaties	vermogen <sup>1)</sup>	bruto-productie	vollasturen <sup>2)</sup>	bruto-productie	elektriciteit	warmte	totaal	vermeden verbruik van fossiele primaire energie	vermeden emissie CO <sub>2</sub>
		TJ	MW	Mln kWh	TJ						Kton
2005	17	85	5	9	.	8	32	18	50	80	5
2010	92	5 445	98	575	5 987	671	2 069	1 333	3 402	4 990	331
2014	101	4 972	131	525	4 166	1 286	1 890	2 014	3 903	5 385	375
2015	97	5 241	133	553	4 196	1 557	1 992	2 300	4 291	5 910	428
2016**	95	4 961	119	524	4 159	1 683	1 885	2 340	4 225	5 827	419

Bron: CBS.

<sup>1)</sup> Aan het einde van het verslagjaar.

<sup>2)</sup> Het aantal vollasturen is het aantal uur dat de biogasmotoren op de maximale capaciteit zouden moeten draaien om de gerealiseerde elektriciteitsproductie te halen. Het aantal vollasturen is berekend door de bruto elektriciteitsproductie te delen door het gemiddelde van het vermogen aan het begin en het einde van een jaar.

Huidige mestvergisters draaien (nog) niet op de volledige capaciteit. Het gemiddeld aantal vollasturen is ook in 2016 blijven staan op 4,2 duizend. Dat is de helft van het theoretisch maximum en veel lager dan de 8 duizend uur die ECN en KEMA gebruiken voor het doorrekenen van de maximum redelijke subsidietarieven (Lensink, 2013). Het lage aantal vollasturen heeft te maken met de hoge prijzen voor hoogcalorische co-substraten (Peene et al., 2011 en Van den Boom en Van der Elst, 2013), waardoor deze minder gebruikt zijn. Laagcalorische stromen leveren minder biogas op per ton. Daar komt bij dat de veranderingen in het menu van de co-vergisters leidt tot toename van de risico's op verstoring van het biologisch proces.

## 8.9.2 Herkomst en samenstelling input co-vergisting van mest

	2008	2009	2010	2011	2013	2014	2015	2016**
<b>Nat gewicht</b>	<b>miljard kilo</b>							
Primaire landbouw								
mest	0,91	0,80	1,38	1,35	1,50	1,51	1,73	1,84
maïs	0,21	0,26	0,36	0,18	0,03	0,04	0,03	0,03
overige producten	0,03	0,03	0,04	0,06	0,10	0,15	0,10	0,05
totaal	1,14	1,08	1,78	1,59	1,64	1,70	1,86	1,92
Agro-industrie	0,10	0,14	0,54	0,40	0,36	0,37	0,39	0,47
Overig	0,17	0,29	0,23	0,29	0,36	0,29	0,32	0,40
Totaal	1,42	1,52	2,55	2,27	2,36	2,36	2,57	2,79
<b>Energie</b>	<b>TJ op bovenwaarde</b>							
Primaire landbouw								
mest	1 235	1 037	1 896	1 685	2 112	2 243	2 511	2 635
maïs	1 262	1 570	2 259	1 053	210	228	155	150
overige producten	151	151	208	245	330	545	363	195
totaal	2 647	2 758	4 363	2 983	2 652	3 016	3 028	2 980
Agro-industrie	1 251	1 479	4 353	2 950	2 991	2 490	2 945	5 201
Overig	2 276	3 925	2 557	3 151	2 949	2 693	2 139	2 438
Totaal	6 174	8 162	11 273	9 084	8 592	8 199	8 113	10 619

Bron: CBS en OWS (2010).

Sinds 2011 neemt de hoeveelheid natte biomassa die vergist wordt toe. In 2016 is de hoeveelheid toegenomen tot ongeveer 2,8 miljard kg en bestond voor twee derde uit mest. De totale mestproductie in Nederland was 78 miljard kg. Ongeveer 2 procent daarvan ging dus in 2016 de vergisters in. De calorische waarde van de verschillende soorten voedingsstoffen voor de co-vergisters van mest verschilt aanzienlijk. De calorische waarde van mest is relatief laag. Op energiebasis is het aandeel van de mest dus veel lager (ongeveer een kwart) dan op massabasis (ruim 60 procent).

Maïs was een belangrijk co-product dat tot en met 2011 volop werd mee- of oververgist. Na 2011 werd maïs daarvoor te duur en werden meer andere producten aan de mest toegevoegd. Het gaat dan om resten uit de voedingsmiddelenindustrie, de handel in levensmiddelen, diervoederindustrie of de primaire landbouw.

Het vergisten van mest zonder co-producten heet mono-vergisten en komt in Nederland weinig voor. De installaties zijn door de hoge kosten en het lage rendement moeilijk rendabel te houden. Op initiatief van het zuivelbedrijf FrieslandCampina en gesteund door het ministerie van Economische Zaken is in juli 2017 een tender opengesteld waarop bedrijven kunnen inschrijven om financiële steun voor de productie van biogas en/of elektriciteit te verkrijgen. Ook bestaande installaties kunnen meedingen in de tender (RVO.nl, 2017c).

## Methodie

De bruto elektriciteitsproductie van de mestvergisters is bepaald aan de hand van gegevens uit de administratie van de certificaten voor Garanties van Oorsprong voor groene stroom van CertiQ. De productie van biogas is geschat op basis van de elektriciteitsproductie en een standaard bruto elektrisch rendement van 38 procent. Het eigen verbruik van elektriciteit is bepaald met behulp van de biogasproductie en kengetallen uit het *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*.

De warmteproductie bestaat uit drie componenten:

- eigen verbruik van warmte voor het op temperatuur houden van de vergister
- niet gesubsidieerde warmteproductie voor toepassingen buiten de vergister
- gesubsidieerde warmteproductie.

Het eigen verbruik van warmte is bepaald op basis van een kengetal uit het Protocol: 0,04 joule warmte voor de productie van 1 joule biogas. Het verbruik van warmte voor de gisting telt niet mee bij de berekening van het vermeden verbruik van fossiele primaire energie, maar wel voor het bruto eindverbruik. De niet gesubsidieerde warmteproductie is afkomstig van een aanvullende enquête van het CBS onder de landbouwbedrijven in het kader van de meststatistiek tot en met 2011, voor 2013 en 2014. Voor 2012, 2015 en 2016 is aangenomen dat de niet-gesubsidieerde warmteproductie gelijk is aan het voorafgaande jaar en beperkt is tot enkele procenten van het totaal. De gesubsidieerde warmteproductie is afgeleid uit gegevens van CertiQ.

Net als bij biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) wordt de warmte uit warmtekrachtkoppelingsinstallaties (wkk) op biogas uit co-vergisting van mest meestal niet verkocht maar zelf gebruikt. Niet verkochte wkk-warmte komt niet direct terug in internationale energiestatistieken, wat de berekening van het bruto eindverbruik voor verwarming compliceert. In paragraaf 8.8 over de RWZI's wordt daar uitgebreider op ingegaan.

De gegevens over het substraatverbruik in natte massa zijn afkomstig van een aanvullende enquête van het CBS onder de landbouwbedrijven in het kader van de meststatistiek. De respons in termen van elektriciteitsproductie op deze enquête was ongeveer 60 procent voor verslagjaar 2016. Ontbrekende gegevens zijn geschat op basis van de elektriciteitsproductie zoals afgeleid uit de bestanden van CertiQ. Daarnaast is in 2016 bij de berekening van de hoeveelheid vergiste mest gebruik gemaakt van de integrale waarneming via vervoersbewijzen van mest aangevoerd naar vergisters. Het substraatverbruik is omgerekend naar energie met behulp van calorische waarden en vochtgehalten per soort substraat uit de literatuur (Koppejan et al., 2009 en AID, 2003). Voor 2010 heeft het CBS geen enquête uitgevoerd, maar gebruik gemaakt van de resultaten uit Peene et al. (2011).

Voor 2012 heeft het CBS ook geen enquête uitgevoerd naar het substraatverbruik. Voor 2013 en volgende jaren heeft het CBS weer wel een enquête uitgevoerd.

De certificaten voor Garanties van Oorsprong voor groene stroom van CertiQ zijn een noodzakelijke voorwaarde voor de subsidie, die weer een noodzakelijke voorwaarde is voor het rendabel exploiteren van mestvergisters. Het is dus zeer waarschijnlijk dat de administratie van CertiQ een nagenoeg volledig beeld geeft van de elektriciteitsproductie

door biogasinstallaties op landbouwbedrijven. De onzekerheid in de bruto elektriciteitsproductie wordt daarom geschat op maximaal 5 procent. De onzekerheid in de warmteproductie is nog iets groter, gezien de non-respons in de enquête voor de niet-gesubsidieerde warmte buiten de vergister om ondanks het afnemend belang hiervan (zie hiervoor). Het CBS schat de totale onzekerheid in het bruto eindverbruik van co-vergisting van mest op ongeveer 10 procent.

## 8.10 Overig biogas

Overig biogas omvat vanaf de jaren negentig biogas uit afvalwater dat gewonnen en gebruikt wordt in de voedingsmiddelenindustrie. Daar wordt via anaerobe afvalwaterzuivering biogas gewonnen dat wordt gebruikt voor de opwekking van elektriciteit en/of proceswarmte. Later zijn daar andere natte biomassaströmen bijgekomen, zoals groente-, fruit- en tuinafval of afval uit de voedingsmiddelenindustrie. Het gaat momenteel om projecten op ongeveer 50 locaties die in 2016 goed zijn voor ruim 3 procent van het bruto eindverbruik van hernieuwbare energie.

### Ontwikkelingen

#### 8.10.1 Overig biogas

	Biogas			Elektriciteit		Warmte uit warmtekrachtinstallaties	Aardgas	Bruto energetisch eindverbruik			Effect		
	inzet voor warmtekrachtwinning	inzet voor warmtekrachtinstallaties	inzet voor omzetting in aardgas	finaal verbruik	bruto-productie	bruto-productie	productie	elektriciteit <sup>1)</sup>	warmte <sup>1)</sup>	vervoer	totaal	vermeden verbruik van fossiele primaire energie	vermeden emissie CO <sub>2</sub>
	TJ			Mln kWh	TJ							Kton	
2000	974	274	0	700	17	155	0	61	897	0	957	928	54
2005	1 155	405	0	750	32	116	0	114	954	0	1 068	1 046	62
2010	2 900	2 243	0	657	196	523	0	707	1 424	0	2 131	2 593	163
2014	4 808	2 550	1 721	537	233	662	1 721	1 102	2 724	1	3 828	4 227	275
2015	5 320	2 501	2 337	482	233	633	2 337	1 177	3 065	2	4 244	4 615	309
2016**	5 525	2 515	2 469	541	235	536	2 469	1 201	3 107	2	4 309	4 668	312

Bron: CBS.

<sup>1)</sup> Inclusief elektriciteit of warmte toegerekend aan de productie van groen gas (biogas opgewaardeerd tot aardgaskwaliteit en geïnjecteerd in aardgasnet).

De productie van hernieuwbare energie uit overig biogas neemt gestaag toe; in 2016 neemt het energetisch eindverbruik toe met 2 procent. De toename tot en met 2010 betreft

vooral nieuwe projecten waarbij elektriciteit wordt gemaakt uit biogas. Deze waren toen relatief aantrekkelijk vanwege de ondersteuning via de MEP-regeling. Deze projecten vinden vaak plaats buiten de voedingsmiddelenindustrie. Het gaat dan om vergisting van groente- fruit- en tuinafval of andere natte organische afvalstromen.

Vanaf 2011 wordt steeds meer overig biogas ingezet voor de productie van aardgas, ook wel groen gas genoemd. De productie van groen gas wordt ondersteund door de SDE-subsidieregeling. Eind 2016 werd op ruim 20 locaties groen gas gemaakt uit overig biogas. De productie van groen gas uit overig biogas steeg met 6 procent in 2016.

## Methode

Voor biogas in de industrie berust de waarneming op de reguliere CBS-enquêtes voor de winning, omzetting en het gebruik van energie. Non-respons wordt bijgeschat op basis van historische gegevens.

Van veel nieuwere projecten, vaak buiten de industrie, is de elektriciteitsproductie bekend bij CertiQ en de groengasproductie bij Vertogas. Het CBS ontvangt deze productiegegevens van CertiQ en Vertogas en gebruikt de gegevens als basis om de benodigde gegevens uit te rekenen zonder directe waarneming. De winning van biogas wordt berekend via een geschat rendement van de elektriciteitsproductie en de groengasproductie. De warmteproductie voor deze nieuwere projecten is vaak beperkt tot de warmte die nodig is om de gisting aan de gang te houden en kan geschat worden als een vaste fractie van de productie van biogas (*Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie*). Andere informatiebronnen voor de warmte zijn gegevens uit de Energie-investeringsaftrekregeling (EIA), overheidsmilieujaarverslagen, internet en soms belt het CBS bedrijven met productie van biogas.

De warmte voor gisting telt niet mee bij de berekening van het vermeden verbruik van primaire fossiele energie, maar wel bij de berekening van het bruto eindverbruik. Net als bij biogas uit rioolwaterzuiveringsinstallaties wordt de nuttig gebruikte warmte uit warmtekrachtinstallaties op biogas meestal niet verkocht maar zelf gebruikt.

Het zwakste punt in de waarneming is de schatting van de warmteproductie, omdat warmte vaak niet wordt verkocht en daarom ook vaak niet wordt gemeten. Het CBS schat de onzekerheid in de hernieuwbare energie uit overig biogas op 10 procent.

## 8.11 Vloeibare biotransportbrandstoffen

Biobrandstoffen voor het wegverkeer zijn duurder dan de op aardolie gebaseerde brandstoffen. Om het verbruik van biobrandstoffen te stimuleren heeft de overheid de leveranciers van benzine en diesel vanaf 2007 verplicht om deze te leveren.

De meeste biobrandstoffen kunnen in pure vorm niet in gewone motoren van wegvoertuigen gebruikt worden. Motoren van bestaande wegvoertuigen draaien wel op met biobrandstoffen bijgemengde benzine en diesel, zolang de bijmengpercentages niet te groot worden. De meeste biobrandstoffen worden daarom in bijgemengde vorm op de markt gebracht.

Het overheidsbeleid voor biobrandstoffen wordt sterk beïnvloed door Europese richtlijnen. Eerst was er de EU-Richtlijn voor Hernieuwbare Brandstoffen in het vervoer uit 2003 (Europees Parlement en de Raad, 2003). In deze richtlijn hebben lidstaten een niet bindende afspraak gemaakt om het aandeel biobrandstoffen op te laten lopen van 2 procent in 2005 tot 5,75 procent in 2010. De richtlijn was aanleiding voor het Besluit Biobrandstoffen (Staatsblad, 2006), dat leveranciers verplichtte om biobrandstoffen te leveren.

Later kwam er discussie over de wenselijkheid van biobrandstoffen. Als voordelen van biobrandstoffen worden genoemd: de reductie van broeikasgasemissies en de verminderde afhankelijkheid van de steeds schaarser wordende fossiele olie, die regelmatig afkomstig is uit landen waarmee de politieke relatie als instabiel wordt ervaren. Als nadeel van biobrandstoffen wordt vaak genoemd dat reductie van broeikasgasemissies maar zeer beperkt is, soms zelfs nihil, als alle, vaak indirecte, effecten worden meegenomen (Europese Commissie, 2012), ook al is het lastig om de indirecte effecten te berekenen. Ook kunnen biobrandstoffen concurreren met voedsel, wat daardoor duurder kan worden. Tot slot kunnen natuurgebieden bedreigd worden door een toename van de teelt van biobrandstoffen.

In de *EU-Richtlijn voor Hernieuwbare Energie* uit 2009 is bindend afgesproken dat in 2020 10 procent van alle energie voor vervoer uit hernieuwbare bronnen afkomstig is. Hernieuwbare elektriciteit voor vervoer telt daarbij ook mee (zie paragraaf 2.4). Biobrandstoffen voor vervoer zijn de belangrijkste component voor deze vervoersdoelstelling en de verwachting is dat dit voorlopig zo blijft (Rijksoverheid, 2010). Als gevolg van de discussie over de wenselijkheid van biobrandstoffen zijn in de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie* duurzaamheidscriteria opgenomen voor vloeibare biomassa. Deze criteria moeten waarborgen dat bij de productie van de gebruikte vloeibare biomassa mensen, natuur en milieu voldoende worden beschermd. In 2015 is de Richtlijn aangepast en is afgesproken dat het verbruik van biobrandstoffen uit voedselgewassen beperkt wordt tot 7 procent van het totaal verbruik van benzine, diesel en elektriciteit voor vervoer. Zie ook paragraaf 2.4.

In de afgelopen jaren liep de verplichting voor oliebedrijven tot het leveren van biobrandstoffen langzaam op van 4 procent in 2010 tot en met 7 procent in 2016 (Besluit *Hernieuwbare Energie Vervoer*, Staatsblad, 2011), geleidelijk oplopend naar 10 procent in 2020 (Besluit *Hernieuwbare Energie Vervoer* 2015 Staatsblad, 2014). Bedrijven moeten aantonen dat de door hen geleverde biobrandstoffen voldoen aan de duurzaamheidscriteria uit de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie*. Dat doen ze door gebruik te maken van certificeringssystemen. De Nederlandse Emissieautoriteit (NEa) controleert of bedrijven voldoende gecertificeerde biobrandstoffen op de markt hebben gebracht.

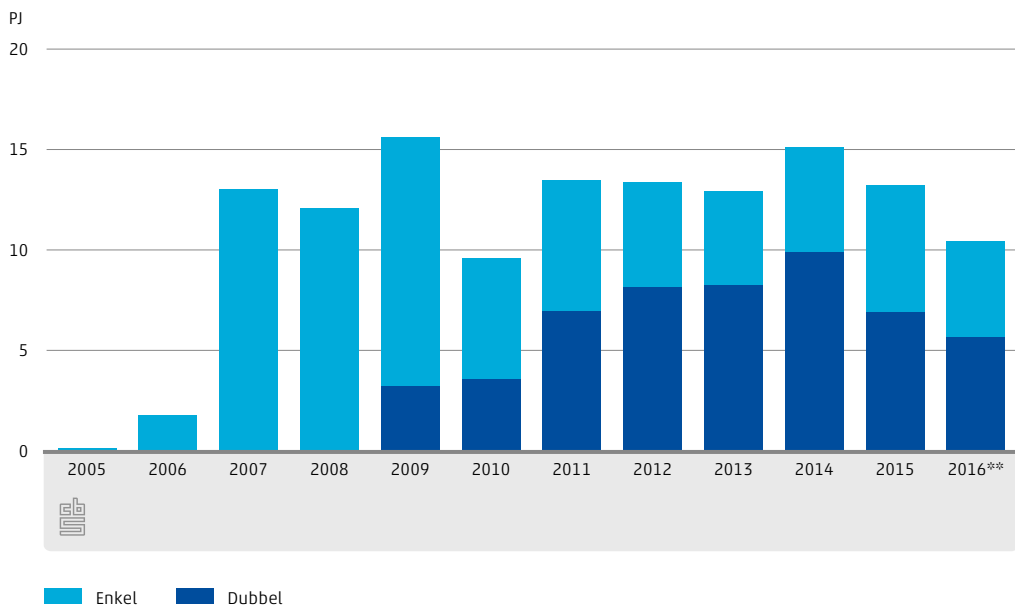
Biobrandstoffen uit afval en houtachtige materialen worden als zeer duurzaam gezien. Om het gebruik van deze biobrandstoffen extra te stimuleren mogen deze dubbel geteld worden voor de transportdoelstelling uit de *EU-Richtlijn Hernieuwbare Energie*.

Voor de overall doelstelling voor hernieuwbare energie geldt deze dubbeltelling niet. Voor de nationale bijmengplicht geldt een dubbeltelling vanaf het verslagjaar 2009 (Staatscourant, 2009).

In 2016 was de bijdrage van biobrandstoffen voor het wegverkeer aan het totaal bruto eindverbruik van hernieuwbare energie 8 procent.

## Ontwikkelingen

### 8.11.1 Verbruik duurzame vloeibare biotransportbrandstoffen



Het fysieke verbruik van duurzame vloeibare biobrandstoffen is in 2016 gedaald van 13 naar 10 PJ. Zowel het verbruik van biobenzine als van biodiesel daalde. Bij biodiesel wordt vooral gebruik gemaakt van dubbeltellende biobrandstoffen, bij biobenzine van enkeltellende.

De verplichting tot het leveren van hernieuwbare energie voor vervoer steeg van 6,25 naar 7 procent. Het verbruik van biobrandstoffen voor vervoer loopt niet gelijk op met de verplichting, onder andere omdat de bedrijven de mogelijkheid hebben om het ene jaar extra hernieuwbare energie op de markt te brengen en deze extra inspanning administratief mee te nemen naar een volgend jaar. Daarnaast is de wetgeving voor de verplichting voor bedrijven in 2015 aangepast, waardoor bedrijven biobrandstoffen voor de verplichting kunnen tellen, op een moment dat nog niet zeker is dat deze daadwerkelijk op de markt komen, maar ook nog geëxporteerd kunnen worden. CBS-cijfers richten zich altijd op de daadwerkelijke fysieke stromen naar de markt.

## 8.11.2 Duurzame<sup>1)</sup> vloeibare biotransportbrandstoffen, afleveringen op binnenlandse gebruikersmarkt

	Afleveringen, totaal = Bruto energetisch eindverbruik <sup>2)</sup> zonder verrekening dubbeltelling		Afleveringen, dubbeltellend <sup>3)</sup> zonder verrekening dubbeltelling		Effect	
	Mobiele werktuigen (telt als warmte)	Wegverkeer+spoor (telt als vervoer)	Totaal	Wegverkeer+spoor (telt als vervoer)	Vermeden verbruik fossiele primaire energie	vermeden emissie CO <sub>2</sub>
	TJ					Kton
<b>Biobenzine</b>						
2006	0	798	798	0	798	.
2007	0	3 687	3 687	0	3 687	.
2008	0	4 524	4 524	0	4 524	.
2009	0	5 771	5 771	0	5 771	.
2010	0	5 614	5 614	162	5 614	.
2011	0	6 231	6 231	.	6 231	.
2012	0	5 211	5 211	509	5 211	.
2013	0	5 210	5 210	852	5 210	286
2014	0	5 379	5 379	430	5 379	300
2015	0	5 949	5 949	.	5 949	323
2016**	0	4 752	4 752	.	4 752	257
<b>Biodiesel</b>						
2006	0	968	968	0	968	.
2007	0	9 344	9 344	0	9 344	.
2008	0	7 524	7 524	0	7 524	.
2009	0	9 835	9 835	3 216	9 835	.
2010	0	3 963	3 963	3 412	3 963	.
2011	0	7 207	7 207	.	7 207	.
2012	826	7 316	8 142	6 859	8 142	.
2013	802	6 912	7 714	6 622	7 714	565
2014	1 011	8 712	9 723	8 470	9 723	697
2015	923	6 442	7 365	.	7 365	522
2016**	700	4 984	5 683	.	5 683	436
<b>Totaal</b>						
2006	0	1 766	1 766	0	1 766	.
2007	0	13 031	13 031	0	13 031	.
2008	0	12 048	12 048	0	12 048	.
2009	0	15 606	15 606	3 216	15 606	730
2010	0	9 577	9 577	3 574	9 577	518
2011	0	13 438	13 438	6 958	13 438	786
2012	826	12 527	13 353	7 368	13 353	839
2013	802	12 122	12 924	7 474	12 924	850
2014	1 011	14 091	15 102	8 900	15 102	997
2015	923	12 391	13 314	6 033	13 314	845
2016**	700	9 736	10 435	4 982	10 435	693

Bron: CBS.

<sup>1)</sup> Vanaf 2011 afgeleid uit opgaven van oliebedrijven aan NEa. In de jaren daarvoor was er nog geen verplichting tot het gebruik van systemen voor certificatie van de duurzaamheid van biomassa. In Europees verband is afgesproken om tot en met 2010 alle vloeibare biomassa als duurzaam te tellen.

<sup>2)</sup> Volgens de berekening van de doelstelling voor hernieuwbare energie totaal uit de EU-richtlijn Hernieuwbare Energie uit 2009, dus zonder dubbeltelling.

<sup>3)</sup> Dubbeltellend voor de verplichting uit de wet Hernieuwbare Energie Vervoer en de doelstelling voor hernieuwbare energie voor vervoer uit de EU-richtlijn Hernieuwbare Energie uit 2009.



### 8.11.3 Vloeibare biotransportbrandstoffen<sup>1)</sup>, balans

	Pure vloeibare biobrandstoffen				Bijgemengde biobrandstoffen				Totaal puur en bijgemengd	
	Productiecapaciteit	Productie	Saldo import en export	Onttrekking uit voorraad	Bijmenging bij benzine en diesel	Productie uit bijmenging	Saldo import en export	Onttrekking uit voorraad	Afleveringen op binnenlandse gebruikersmarkt	Afleveringen op binnenlandse gebruikersmarkt
	<b>mln kg</b>									
<b>Biobenzine</b>										
2010	.	.	.	7	171	171	37	0	208	208
2011	.	.	.	0	71	71	160	0	231	231
2012	.	.	.	-10	139	139	54	0	193	193
2013	503	414	-215	4	203	203	-9	0	194	194
2014	.	.	.	13	194	194	5	0	199	199
2015	.	.	.	2	230	230	-10	0	220	220
2016**	.	.	.	-19	202	202	-15	0	187	187
<b>Biodiesel</b>										
2010	1 306	382	-337	64	109	109	-2	0	107	107
2011	2 030	491	-224	-48	220	220	-25	0	195	195
2012	2 051	1 177	-849	-55	273	273	-35	0	238	238
2013	2 014	1 375	-989	-112	274	274	-54	0	220	220
2014	2 196	1 720	-1 468	70	322	322	-43	0	279	279
2015	2 176	1 629	-1 390	12	251	251	-49	0	202	202
2016**	1 927	1 462	-1 273	-7	182	182	-28	0	154	154
<b>Totaal</b>										
2010	.	.	.	72	280	280	36	0	315	315
2011	.	.	.	-48	291	291	135	0	426	426
2012	.	.	.	-65	412	412	19	0	431	431
2013	2 517	1 789	-1 204	-107	478	478	-64	0	414	414
2014	.	.	.	83	516	516	-39	0	478	478
2015	.	.	.	14	481	481	-58	0	423	423
2016**	.	.	.	-25	384	384	-43	0	341	341

Bron: CBS.

<sup>1)</sup> Het gaat in deze tabel om alle biobrandstoffen, ongeacht of ze voldoen aan de duurzaamheidscriteria. Dit in tegenstelling tot tabel 8.11.2 waar het alleen gaat om duurzame biobrandstoffen.

In 2016 was de Nederlandse productie van biodiesel 1,5 miljard kg. Dat is veel meer dan het binnenlands verbruik. Een groot deel van de geproduceerde biodiesel gaat dan ook naar het buitenland.

De productiecapaciteit van de biodieselfabrieken is in 2016, ten opzichte van 2015, gedaald met 11 procent gedaald naar 1,9 miljard kg. De daling van de capaciteit heeft te maken met het (definitief) uit gebruik nemen van installaties die de laatste jaren toch al niet of nauwelijks produceerden. Ondanks de daling bleef de totale productie van biodiesel dus nog steeds lager dan de productiecapaciteit. Ook in andere Europese landen wordt de capaciteit voor de biodieselproductie maar gedeeltelijk benut (EBB, 2013). Er zijn twee redenen voor deze overcapaciteit. Ten eerste hebben verschillende nationale overheden in Europa de ondersteuningsmaatregelen voor biobrandstoffen teruggebracht. In Nederland werd de bijmengplicht bijgesteld van 5,75 naar 4 procent in 2010 en in Duitsland is de accijnskorting voor biodiesel beperkt. Ten tweede is er ook concurrentie van biodieselfabrieken buiten Europa.

In Nederland wordt ook biobenzine geproduceerd. Het gaat om bio-ethanol en bio-methanol. Ook voor biobenzine geldt dat de productie veel groter is dan het verbruik in 2013. Er zijn niet zoveel fabrieken voor de productie van biobenzine. Daarom zijn de uitkomsten over de productie voor veel jaren vertrouwelijk.

## Methode

De cijfers over de productie van biobrandstoffen zijn afgeleid uit een enquête van het CBS. De respons op deze enquête was 100 procent. Voor de energie-inhoud is gebruik gemaakt van de standaardwaarden uit de EU-Richtlijn voor Hernieuwbare Energie.

De waarneming voor de handel, bijmenging en het verbruik van biobrandstoffen is gebaseerd op een combinatie van gegevens uit:

- de biobrandstoffenrapportages die oliebedrijven inleveren bij de Nederlandse Emissieautoriteit (NEa)
- de aardoliestatistiek van het CBS.

In het kader van de bijmengplicht leveren oliebedrijven jaarlijks een rapportage aan de overheid. Vanaf verslagjaar 2011 wordt deze rapportage geleverd aan de NEa. Deze rapportage bevat informatie over de fysieke stromen van de biobrandstoffen, voor zover van belang voor de Nederlandse markt. Vanaf verslagjaar 2015 beperkt deze rapportage zich tot de hoeveelheid voor de markt geclaimde duurzame biobrandstoffen per locatie. Het CBS heeft per bedrijf de fysieke gegevens uit deze rapportages ontvangen van de NEa.

Voor de CBS-oliestatistiek vullen alle belangrijke spelers op de oliemarkt (raffinaderijen, petrochemische industrie, handelaren en opslagbedrijven) elke maand een formulier in, met per olieproduct een complete balans. Bio-ETBE, bio-MTBE, biobenzine en biodiesel worden apart onderscheiden. De respons op deze enquête was 100 procent voor de bedrijven die relevant zijn voor biobrandstoffen. Er is echter wel een onzekerheid in de resultaten voor de balans van pure biobrandstoffen door het gebrek aan kwaliteit en volledigheid van de respons bij sommige bedrijven en doordat niet alle bedrijven die biobrandstoffen opslaan in de populatie zitten.

Veel bedrijven hebben moeite met het beantwoorden van de vraag over de aanvoer en aflevering van bijgemengde biobrandstoffen. Om de administratieve lasten te beperken, staat het CBS toe dat deze vraag niet maandelijks wordt ingevuld. In plaats daarvan ontvangen de relevante bedrijven een extra vragenlijst waarin deze informatie op jaarbasis wordt uitgevraagd. Daarbij kunnen bedrijven ook aan de informatievraag van het CBS voldoen door het geven van een toelichting op gegevens die het bedrijf al aan de NEa heeft verstrekt. Voorwaarde daarvoor is dan wel dat de informatie van de NEa voldoende compleet is wat betreft de fysieke stromen van biobrandstoffen voor binnen- en buitenland.

Voor sommige bedrijven is het ook lastig om op jaarbasis uit hun administratie de fysieke bestemming van de biodiesel en biobenzine na het bijmengen af te leiden. Daarom heeft het CBS nader overlegd met deze bedrijven en is de fysieke bestemming van de bijgemengde biobrandstoffen nauwkeuriger bepaald door extra informatie uit de logistieke keten (depots van bijmenging en transport via boot of truck) mee te nemen. Vanaf verslagjaar 2012 is de nauwkeurigheid van de cijfers daardoor verbeterd, maar

vanaf 2015 is het weer minder nauwkeurig geworden. Het moment van tellen voor de Nederlandse markt voor de verplichting voor bedrijven is vanaf verslagjaar 2015 anders gedefinieerd in de wet en vanaf 2015 hebben sommige bedrijven minder informatie aan het CBS kunnen geven die bijdraagt aan de nauwkeurigheid van het bepalen van de bestemming van bijgemengde biobrandstoffen.

De NEa rapporteert ook over op de markt gebrachte duurzame biobrandstoffen (NEa, 2017). Deze cijfers zijn anders dan de CBS-cijfers. De belangrijkste reden hiervoor is dat het CBS uitgaat van de daadwerkelijk in een bepaald jaar op de markt gebrachte biobrandstoffen, terwijl de NEa uitgaat van biobrandstoffen die gebruikt zijn om aan de verplichting in een bepaald jaar te voldoen. Dit kan van elkaar verschillen, omdat bedrijven voor de verplichting hernieuwbare energie voor vervoer het ene jaar meer op de markt mogen brengen en het andere jaar, ter compensatie, minder. Dit wordt ook wel carry over genoemd.

De oliestatistiek van het CBS richt zich op fysieke stromen en voorraden. Echter, voorraden van bijgemengde biobrandstoffen worden slechts door een enkel bedrijf gerapporteerd, omdat het lastig is om gegevens over bijgemengde biobrandstoffen af te leiden uit de bedrijfsadministratie. Daarom neemt het CBS aan dat de veranderingen in de fysieke voorraden van bijgemengde biobrandstoffen nihil zijn en dat de bijgemengde biobrandstoffen direct worden geëxporteerd of geleverd op de binnenlandse markt.

De eigen waarneming van het CBS bevat geen informatie over de duurzaamheid van de gebruikte biobrandstoffen, de dubbeltelling van biobrandstoffen en de vermeden emissies van broeikasgassen. Echter, door het combineren van informatie uit de rapportages aan de NEa met fysieke afzetcijfers kan het CBS toch deze informatie afleiden.

De onzekerheid in de cijfers over de (fysiek) op de markt gebrachte biobrandstoffen zit vooral in de bestemming van de biobrandstoffen nadat ze door de bedrijven zijn geclaimd voor de Nederlandse markt bij de NEa. Komen deze op de binnenlandse markt, of worden ze uiteindelijk geëxporteerd? Het CBS schat de onzekerheid in de cijfers over de op de Nederlandse markt gebrachte biobrandstoffen op 20 procent voor verslagjaar 2016.

# Literatuur

Agentschap NL (2013), *Statusdocument bio-energie 2012*.

AID (2003,) AID Infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, *Landwirtschaft*. *Biogasanlagen in der Landwirtschaft*, Bonn.

Boom, van den en van der Elst, C. (2013), *Toekomst Biogas: Van laagwaardige input naar hoogwaardige output*. Rabobank Food & Agri Thema-update: Biogas, Januari 2013.

CBS (2014), *Economic Radar of the Sustainable energy sector in the Netherlands*, CBS artikel, oktober 2014.

CBS (2016), *Rendementen en CO<sub>2</sub>-emissie van elektriciteitsproductie in Nederland 2014*, CBS artikel, april 2016.

CertiQ (2017), *Statistisch jaaroverzicht 2016*.

EBB (2013), [\*Statistics: The EU biodiesel industry\*](#).

ECN,DNV-GL (2016), *Conceptadvies basisbedragen SDE+ 2017 voor marktconsultatie*, mei 2016.

Edwards, R., Larivé, J.-F., Mahieu, V., Rouveïrolles, P. (2007), *Well to wheel analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context*, CONCAWE, EUCAR and Joint Research Centre, March 2007.

Europees Parlement en de Raad (2003), *Richtlijn 2003/30/EG ter bevordering van het gebruik van biobrandstoffen of andere hernieuwbare brandstoffen in het vervoer*.

Europees Parlement en de Raad (2009), *Directive of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC*.

Europees Parlement en de Raad (2015), *Directive of the European Parliament and of the Council of 9 September 2015, amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources*.

Europese Commissie (2013), *Besluit tot vaststelling van de richtsnoeren voor de lidstaten inzake de berekening van de hernieuwbare energie uit warmtepompen met verschillende warmtepomptechnologieën overeenkomstig artikel 5 van Richtlijn 2009/28/EG van het Europees Parlement en de Raad*, maart 2013.

European Commission (2012), *Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources*. COM(2012) 595 final.

Eurostat (2015), *SHARES 2013 results*.

IEA/Eurostat (2004), *Energy Statistics Manual*, IEA, Parijs.

Jansen, B.I., (2016), *Vernieuwd Emissiemodel houtkachels*, TNO 2016 R10318.

Koppejan, J., Elbersen, W., Meeusen, M., Bindraban, P. (2009), *Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteits- en warmteproductie in 2020*. Procede Biomass B.V. En Wageningen UR.

Lensink, S.M., Wassenaar, J.A., Mozaffarian, M., Luxembourg, S.L., Faasen, C.J. (2012), *Basisbedragen in de SDE+ 2013 Conceptadvies*. ECN en KEMA, ECN-E--12-017.

Lensink, S.M., (2013), *Eindadvies basisbedragen SDE+ 2014*, ECN en DNV KEMA, ECN-E--13-050.

Ministerie van Economische Zaken (2006), *Doelstelling 9 procent duurzame elektriciteit in 2010 gehaald*. Persbericht, 18 augustus 2006.

Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (2011a), *Energierapport*, juni 2011.

Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (2011b), *Subsidie duurzame warmte voor bestaande woningen*, Kamerbrief, juni 2011.

Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (2012), *Beantwoording vragen over het netto vermogen van windmolens*, Kamerbrief, november 2012.

Ministerie van Economische Zaken (2017), *Kamerbrief over de salderingsregeling*. Kamerbrief, 12 juli 2017.

Nederlandse Emissieautoriteit (2015), *Naleving jaarverplichting 2014 Hernieuwbare Energie Vervoer en verplichting brandstoffen luchtverontreiniging*, NEa, juli 2015.

Nederlandse Emissieautoriteit (2017), [Rapportage Energie voor Vervoer in Nederland 2016](#), juli 2015.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2017), *Brief van de staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu inzake reactie op de aangenomen moties inzake biobrandstoffen*. 30 maart 2017.

Peene, P., Velghe F., Wierinck, I. (2011), *Evaluatie van de vergisters in Nederland*. Organic Waste Systems NV (OWS) in opdracht van Agentschap NL, september 2011, Gent, België.

PBL (Planbureau voor de Leefomgeving), CBS en WUR (Wageningen Universiteit Researchcentrum), *Compendium voor de Leefomgeving*, [www.clo.nl](http://www.clo.nl).

Platform Bio-Energie en Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2017), *Vrijwillige rapportage over houtige biomassa voor energieopwekking 2016*, Augustus 2017.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland en CBS (2015), *Protocol Monitoring Duurzame Energie, update 2015*. 2DENB1013. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, April 2015, Utrecht.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2015a), *Rapportage hernieuwbare energie 2014, Jaarbericht SDE+, SDE, OV-MEP & MEP*, juni 2015.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2016a), *Rapportage bodemenergiesystemen in Nederland*  
*Analyse van 125 projecten* Pub. Nr. RVO-082-1601/RP-DUZA.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2017a), [Projecten in beheer SDE\(+\)](#).

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2017b), [Gerealiseerd vermogen SDE juli 2017](#).

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2017c), [SDE+ tender Monomestvergisting](#) gepubliceerd.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2017d), [Resultaten hernieuwbare energieproductie 2016](#).

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2017e), [Download Uitgaven MEP SDE\(+\) per regeling](#).

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2017f), *Monitor wind op land 2016*, juni 2017.

Rijksoverheid (2010), *Nationaal actieplan voor energie uit hernieuwbare bronnen*, Richtlijn 2009/28/EG.

Rijksoverheid (2016), [Nederlands consortium bouwt tweede windpark Borssele nog goedkoper](#), december 2016.

Rijkswaterstaat (2015) *Afvalverwerking in Nederland, gegevens 2014*, ISBN 978-94-91750-10-6.

Rijkswaterstaat (2016), [Klimaatmonitor](#).

Segers, R. (2008), *Three options to calculate the percentage renewable energy: an example for a EU policy debate*. Energy Policy 36, p. 3243–3248.

Segers, R. (2010), *Energiebalans van Nederland: CBS versus IEA, Eurostat en UNFCCC*, CBS website maart 2010.

Segers, R. (2013), *Houtverbruik huishoudens WoON-onderzoek 2012 december 2013*, CBS website.

Segers, R. en Busker, H. (2015), *Equivalent full load hours for heating of reversible air-air heat pumps*, CBS, juni 2015.

SenterNovem (2005), *Windkaart van Nederland op 100 m hoogte*. Uitgevoerd door KEMA. Publicatienummer 2 DEN-05.04, SenterNovem, Utrecht.

SER (2013), *Energieakkoord voor duurzame groei*, website SER, september 2013.

Staatsblad (2006), *Besluit Biobrandstoffen*, nummer 542.

Staatsblad (2011), *Besluit Hernieuwbare Energie Vervoer*, nummer 197.

Staatsblad (2014), *Besluit Hernieuwbare Energie Vervoer*, 2015, nummer 460.

Staatscourant (2009), *Regeling dubbelstelling betere biobrandstoffen*, nummer 18709.

Sulilatu, WF. (1992), *Kleinschalige verbranding van schoon afvalhout in Nederland*, TNO-MEP, i.o.v. NOVEM, Apeldoorn.

Sulilatu, WF. (1998), *Kleinschalige verbranding van schoon resthout in Nederland*, TNO-MEP, i.o.v. NOVEM, EWAB nr. 9831) Apeldoorn.

Van Tilburg, X. Pfeiffer, E.A., Cleijne, J.W., Stienstra, G.J., Lensink, S.M. (2007), *Technisch-economische parameters van duurzame elektriciteitsopties in 2008*. Conceptadvies onrendabele topberekeningen, ECN-E--06-025.

De Vries, H. J., Pfeiffer, A. E., Cleijne, J. W., van Tilburg, X. (2005), *Inzet van biomassa in centrales voor de opwekking van elektriciteit. Berekening van de onrendabele top*. Eindrapport, ECN-C--05-088.

VVD en PvdA (2012), *Bruggen slaan*. Regeerakkoord, 29 oktober 2012.

Warmerdam, J.M.(2003), *Bijdrage Thermische zonne-energie 2002*. Ecofys i.o.v de NOVEM, Utrecht.

# Medewerkers

## Auteurs

André Meurink  
Glenn Muller  
Reinoud Segers

## Redacteur

Otto Swertz