



# Eindadvies basisbedragen SDE+ 2014

Sander Lensink (ed)

September 2013  
ECN-E--13-050



## Verantwoording

Dit rapport is geschreven door ECN in samenwerking met DNV KEMA en TNO en in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken. De samenwerking met TNO heeft betrekking op de geothermie gerelateerde adviezen. Het onderzoek staat geregistreerd onder projectnummer 5.2129.04.01. Contactpersoon voor het project is Sander Lensink ([lensink@ecn.nl](mailto:lensink@ecn.nl)).

Naast de editor, hebben de volgende personen meegeschreven aan dit rapport: Luuk Beurskens, Michiel Hekkenberg, Christine van Zuijlen en Hamid Mozaffarian (ECN), Gerben Jans, Anne-Marie Taris en Hans Wassenaar (DNV KEMA).

De volgende auteurs hebben meegeschreven aan het advies met betrekking tot geothermie: Bart in 't Groen en Jules Smeets (DNV KEMA), Harmen Mijnlief (TNO) en Paul Lako (ECN).

Aan het onderzoek is tevens meegewerkt door Stefan Luxembourg, Arjan Plomp en Joost van Stralen (ECN). De auteurs danken hen voor hun inbreng.

Dr. Pehnt van IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg) heeft een externe review uitgevoerd op dit advies. De auteurs danken dr. Pehnt voor zijn waardevolle commentaar.

## Abstract

On assignment of the Dutch Ministry of Economic Affairs, ECN and DNV KEMA have studied the cost of renewable energy production. This cost assessment for various categories is part of an advice on the subsidy base rates for the feed-in support scheme SDE+. This report contains the advice on the cost of projects in the Netherlands targeted for realization in 2014, covering installation technologies for the production of green gas, biogas, renewable electricity and renewable heat. A draft version of this advice has been discussed with the market in an open consultation round. Dr Pehnt from IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg) has conducted an external review of this advice. The authors thank Dr Pehnt for his valuable comments.

Hoewel de informatie in dit rapport afkomstig is van betrouwbare bronnen en de nodige zorgvuldigheid is betracht bij de totstandkoming daarvan kan ECN geen aansprakelijkheid aanvaarden jegens de gebruiker voor fouten, onnauwkeurigheden en/of omissies, ongeacht de oorzaak daarvan, en voor schade als gevolg daarvan. Gebruik van de informatie in het rapport en beslissingen van de gebruiker gebaseerd daarop zijn voor rekening en risico van de gebruiker. In geen enkel geval zijn ECN, zijn bestuurders, directeuren en/of medewerkers aansprakelijk ten aanzien van indirecte, immateriële of gevolgschade met inbegrip van gederfde winst of inkomsten en verlies van contracten of orders.

# Inhoudsopgave

	<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Proces en uitgangspunten</b>	<b>10</b>
2.1	Proces	10
2.2	Werkwijze en uitgangspunten	11
<b>3</b>	<b>Prijzen voor elektriciteit en biomassa</b>	<b>13</b>
3.1	Elektriciteitsprijzen	13
3.2	Biomassaprijzen	13
<b>4</b>	<b>Technisch-economische parameters</b>	<b>18</b>
4.1	Hubs en productie van ruw biogas	18
4.2	AWZI/RWZI	21
4.3	Mestmonovergisting	25
4.4	Mestcovergisting	28
4.5	Allesvergisting	31
4.6	Thermische conversie van biomassa	34
4.7	Ketels met vaste biomassa	35
4.8	Ketels met vloeibare biomassa	37
4.9	Bestaande installaties	37
4.10	Waterkracht nieuw	43
4.11	Waterkracht renovatie	44
4.12	Energie uit vrije stroming	44
4.13	Osmose	45
4.14	Windenergie op land	46
4.15	Windenergie op zee	49
4.16	Diepe geothermie	49
4.17	Zon-PV $\geq 15$ kW <sub>p</sub>	56
4.18	Zon-thermisch	58
4.19	Vergassing van biomassa	59
<b>5</b>	<b>Overzicht basisbedragen</b>	<b>60</b>
	<b>Afkortingen</b>	<b>63</b>



# Samenvatting

Het Ministerie van Economische Zaken heeft advies gevraagd aan ECN en DNV KEMA over de basisbedragen voor 2014. Voor geothermie is het advies geschreven door ECN, DNV KEMA en TNO. Dit rapport bevat het eindadvies over de basisbedragen dat tot stand is gekomen na consultatie van marktpartijen. De basisbedragen zijn zo berekend dat zij toereikend zijn voor het merendeel van de projecten in de betreffende categorie. Door projectspecifieke omstandigheden blijft het mogelijk dat er initiatieven zijn die ondanks de SDE+-vergoeding toch niet rendabel uit te voeren zijn. In **Tabel 1** staat het overzicht van de basisbedragen voor thermische conversie van biomassa. Een belangrijk verschil ten opzichte van het conceptadvies is de opsplitsing van de ketels op vaste biomassa in twee categorieën met een vermogen van 5 MW<sub>th</sub> als scheiding.

**Tabel 1:** Overzicht basisbedragen advies SDE+ 2014 voor thermische conversie van biomassa

	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
Vergassing	<i>Groen gas</i>	129,1	[€ct/Nm <sup>3</sup> ]	7500	-
Thermische conversie (<10 MW <sub>e</sub> )	<i>WKK</i>	40,9	[€/GJ]	8000/4000	4241
Thermische conversie (>10 MW <sub>e</sub> )	<i>WKK</i>	22,7	[€/GJ]	7500/7500	7500
Ketel op vaste biomassa (< 5 MW <sub>th</sub> )	<i>Warmte</i>	14,2	[€/GJ]	4000	-
Ketel op vaste biomassa (≥ 5 MW <sub>th</sub> )	<i>Warmte</i>	11,8	[€/GJ]	7000	
Ketel op vloeibare biomassa	<i>Warmte</i>	19,8	[€/GJ]	7000	-
Warmte bij bestaande AVI's	<i>Warmte</i>	6,4	[€/GJ]	7000	-
Warmte bij bestaande verbranding	<i>Warmte</i>	6,4	[€/GJ]	7000	-

\* Notatie bij WKK-opties: vollasturen elektriciteit / vollasturen warmte nuttige toepassing.

In **Tabel 2** het overzicht voor vergisting van biomassa in zelfstandige installaties en in **Tabel 3** het overzicht voor overige opties. Voor enkele categorieën zijn de berekende

basisbedragen beduidend hoger dan 15 €/kWh (103,5 €/Nm<sup>3</sup> voor groen gas en 41,7 €/GJ voor warmte), de bovengrens in de SDE+. Voor deze opties, te weten osmose en energie uit vrije stroming zijn de basisbedragen gebaseerd op indicatieve berekeningen. Voor het basisbedrag verlengde levensduur verbranding wordt apart advies uitgebracht, omdat ECN en DNV KEMA nadere consultatie met de markt wenselijk achten. Verder zijn naar aanleiding van gesprekken met marktpartijen de basisbedragen voor mestmonovergisting en AWZI/RWZI duidelijk verhoogd ten opzichte van het conceptadvies.

In zijn algemeenheid liggen vele basisbedragen iets hoger dan in het conceptadvies, omdat gerekend is met een afschaffing van de EIA voor installaties die onder de SDE subsidie kunnen ontvangen.

**Tabel 2:** Overzicht basisbedragen advies SDE+ 2014 voor vergisting van biomassa in een zelfstandige installatie

	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
Allesvergisting (zelfstandig)	<i>Warmte</i>	14,7	[€/GJ]	7000	-
	<i>WKK</i>	26,3	[€/GJ]	8000 / 4000	5739
	<i>Groen gas</i>	60,1	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Mestcovergisting (zelfstandig)	<i>Warmte</i>	20,6	[€/GJ]	7000	-
	<i>WKK</i>	31,4	[€/GJ]	8000 / 4000	5732
	<i>Groen gas</i>	75,0	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Mestmonovergisting (zelfstandig)	<i>Warmte</i>	27,4	[€/GJ]	7000	-
	<i>Elektriciteit</i>	28,9	[€/kWh]	8000	-
	<i>Groen gas</i>	104,4	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
AWZI/RWZI (thermische druk-hydrolyse)	<i>Elektriciteit</i>	9,6	[€/kWh]	8000	-
AWZI/RWZI	<i>WKK<sup>1</sup></i>	8,5	[€/GJ]	8000 / 4000	5751
	<i>Groen gas</i>	33,3	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Allesvergisting (verlengde levensduur)	<i>WKK</i>	24,1	[€/GJ]	8000 / 4000	5855
	<i>Warmte (hub)</i>	16,0	[€/GJ]	7000	-
	<i>Groen gas (hub)</i>	61,9	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Agrarische vergisters (verlengde levensduur)	<i>WKK</i>	28,2	[€/GJ]	8000 / 4000	5855
	<i>Warmte (hub)</i>	18,8	[€/GJ]	7000	-
	<i>Groen gas (hub)</i>	71,0	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Warmtebenutting bestaande allesvergisting	<i>Warmte</i>	6,4	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande agrarische vergisters	<i>Warmte</i>	8,2	[€/GJ]	4000	-
Warmtebenutting bij compostering	<i>Warmte</i>	4,6	[€/GJ]	7000	-

\* Notatie bij WKK-opties: vollasturen elektriciteit / vollasturen warmte nuttige toepassing.

<sup>1</sup> Ook representatief voor thermofiele gisting.

**Tabel 3:** Overzicht basisbedragen advies SDE+ 2014 voor overige opties

	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
<b>Bodemenergie en aardwarmte</b>					
Diepe geothermie (lage temperatuur)	<i>Warmte</i>	11,9	[€/GJ]	6000	-
Diepte geothermie (hoge temperatuur)	<i>Warmte</i>	14,4	[€/GJ]	7000	-
Diepe geothermie	<i>WKK</i>	25,8	[€/GJ]	5000 / 4000	4158
<b>Windenergie</b>					
Wind op land (fase I)	<i>Elektriciteit</i>	7,0	[€ct/kWh]	3500	-
Wind op land (fase II)	<i>Elektriciteit</i>	8,0	[€ct/kWh]	2850	-
Wind op land (fase III)	<i>Elektriciteit</i>	9,0	[€ct/kWh]	2450	-
Wind op Land ≥ 6 MW (fase II)	<i>Elektriciteit</i>	8,0	[€ct/kWh]	3700	-
Wind op Land ≥ 6 MW (fase III)	<i>Elektriciteit</i>	9,0	[€ct/kWh]	3150	-
Wind op Land ≥ 6 MW (fase IV)	<i>Elektriciteit</i>	9,7	[€ct/kWh]	2900	-
Wind in meer	<i>Elektriciteit</i>	12,3	[€ct/kWh]	3200	-
Wind op zee	<i>Elektriciteit</i>	15,7	[€ct/kWh]	3750	-
<b>Energie uit water</b>					
Waterkracht nieuw	<i>Elektriciteit</i>	16,6	[€ct/kWh]	5700	-
Waterkracht renovatie	<i>Elektriciteit</i>	6,6	[€ct/kWh]	4300	-
Energie uit vrije stroming	<i>Elektriciteit</i>	27,6	[€ct/kWh]	2800	-
Osrose	<i>Elektriciteit</i>	54,4	[€ct/kWh]	8000	-
<b>Zonne-energie</b>					
Zon-PV (> 15 kW <sub>p</sub> )	<i>Elektriciteit</i>	14,7	[€ct/kWh]	1000	-
Zonthermie	<i>Warmte</i>	38,2	[€/GJ]	700	-

\* Notatie bij WKK-opties: vollasturen elektriciteit / vollasturen warmtelevering.





# 1

## Inleiding

Het Ministerie van Economische Zaken (EZ) heeft aan ECN en DNV KEMA advies gevraagd over de hoogte van de basisbedragen in het kader van de SDE+-regeling voor 2014. Evenals bij vergelijkbare onderzoeken in voorgaande jaren hebben ECN en DNV KEMA er in overleg met het ministerie voor gekozen om een conceptadvies aan de markt voor te leggen. In de maand juni is de markt geconsulteerd. Dit rapport betreft het eindadvies, waarin de inbreng van de marktpartijen naar inzicht van ECN en DNV KEMA is meegewogen.

ECN en DNV KEMA adviseren het ministerie over de hoogte van de basisbedragen voor door het ministerie voorgeschreven categorieën. De Minister van EZ beslist over de openstelling van de SDE+-regeling in 2014, de open te stellen categorieën en de basisbedragen voor nieuwe SDE+-beschikkingen in 2014.

### **Leeswijzer**

Het proces staat beschreven in Hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 behandelt de prijsontwikkelingen voor elektriciteit, gas en biomassa. Hoofdstuk 4 geeft per categorie een overzicht van de technisch-economische parameters van de hernieuwbare-energie-opties. Hoofdstuk 5 besluit met conclusies waarbij de vertaalslag naar basisbedragen gemaakt is aan de hand van beknopt beschreven financiële parameters.

ECN en DNV KEMA adviseren over de hoogte van de basisbedragen in de SDE+ 2014.

# 2

## Proces en uitgangspunten

### 2.1 Proces

Er zijn 26 consultatie-  
gesprekken gevoerd naar  
aanleiding van het  
conceptadvies.

Op 13 mei 2013 is een conceptadvies gepresenteerd ten behoeve van een openbare marktconsultatie. Hiertoe is een informatiebijeenkomst voor brancheorganisaties gehouden bij het Ministerie van Economische Zaken. Met dit conceptrapport zijn marktpartijen uitgenodigd om reacties naar ECN te sturen. Op 14 juni waren 40 consultatiereacties binnengekomen, waarna in de periode van 17 juni tot en met 5 juli 26 consultatiegesprekken zijn gevoerd.

Na de marktconsultatie hebben ECN en DNV KEMA dit eindadvies opgesteld. Zowel het eindadvies zelf, als het proces met de wijze waarop ECN en DNV KEMA de marktreacties hebben meegewogen, is onderdeel van een externe review door een door EZ aangewezen reviewer. De review is uitgevoerd door het Duitse instituut IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg). Op 8 augustus is het conceptadvies door auteurs en reviewer besproken alsmede de wijze waarop de auteurs het consultatieproces gevoerd hadden. Dit advies is op 11 september gereed gekomen.

## 2.2 Werkwijze en uitgangspunten

Het Ministerie van EZ heeft aan ECN en DNV KEMA advies gevraagd voor het vaststellen van de basisbedragen in het kader van de SDE+-regeling voor 2014. Voor geothermie is het advies opgesteld door ECN, DNV KEMA en TNO. De te adviseren basisbedragen bevatten de productiekosten van hernieuwbare energiedragers, vermeerderd met eventuele regelingsspecifieke meerkosten in relatie tot het afsluiten van elektriciteits-, warmte- of gascontracten. Het ministerie heeft vooraf categorieën benoemd in de adviesvraag. Voor alle categorieën berekenen ECN en DNV KEMA de productiekosten van hernieuwbare elektriciteit, groen gas of hernieuwbare warmte. De Minister van EZ besluit over de uiteindelijke openstelling van categorieën. Noch de opname noch de afwezigheid van een categorie in dit rapport kunnen gelezen worden als advies ten aanzien van eventuele openstelling.

In het overleg tussen het Ministerie en ECN en DNV KEMA zijn de uitgangspunten voor de berekening vastgesteld. Hierbij is rekening gehouden met de effectiviteit en efficiëntie van een regeling als de SDE+. Dit impliceert dat de SDE+-vergoeding, en dus de basisbedragen, voldoende hoog moeten zijn om productie van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte en groen gas in de categorieën mogelijk te maken, maar dat de basisbedragen niet toereikend hoeven te zijn voor alle geplande projecten. Als vuistregel geldt dat het merendeel van de projecten per categorie met de basisbedragen doorgang moet kunnen vinden.

Als vuistregel geldt dat het merendeel van de projecten doorgang moet kunnen vinden met de basisbedragen.

Bij het berekenen van de productiekosten dient rekening gehouden te worden met bestaande wet- en regelgeving, voor zover generiek van toepassing in Nederland. Het advies gaat dus uit van beleid waarvan vaststaat (op basis van besluitvorming) dat het in 2013 van kracht is. De productiekosten hebben betrekking op projecten waarvoor in 2013 SDE+ aangevraagd kan worden en die in 2013 of begin 2014 als bouwproject van start kunnen gaan. Het Ministerie van EZ ziet erop toe dat de berekende productiekosten recht doen aan de bepalingen van de Europese Commissie op het gebied van staatssteun.

Voor iedere categorie is een referentie-installatie bepaald. De referentie-installatie bestaat uit een bepaalde techniek (of combinatie van technieken) in combinatie met een gangbaar aantal vollasturen en voor de bio-energicategorieën een referentie-brandstof. De referentie-installatie (eventueel in combinatie met een referentie-brandstof) acht ECN en DNV KEMA ook gangbaar voor nieuwe projecten in de te onderzoeken categorie. Voor de bepaalde brandstof-techniekcombinaties worden de technisch-economische parameters gekwantificeerd. Op basis van deze parameters worden de productiekosten en basisbedragen berekend met behulp van een gestileerd kasstroommodel; dit model is te raadplegen via de ECN-website.

De SDE+-regeling vergoedt het verschil tussen het basisbedrag (de productiekosten van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte en groen gas) enerzijds en het correctiebedrag (de marktprijs van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte of groen gas anderzijds). De productiekosten in deze zijn de meerkosten van de zogenoemde referentie-installatie om te komen tot productie van hernieuwbare

elektriciteit, hernieuwbare warmte of groen gas ten opzichte van de alternatieve aanwending van de hernieuwbare-energiebron.

Voor bij systemen waar de biomassa afkomstig is van afvalstromen of restproducten, kan de definitie van 'meerkosten', ofwel de systeemgrens, grote invloed hebben op de berekende biomassakosten. Gerekend wordt met de meerkosten om deze stromen of producten in te zetten voor productie van hernieuwbare elektriciteit of groen gas. Voor biomassakosten wordt uitgegaan van de prijzen die betaald moeten worden om de biomassa bij de installatie geleverd te krijgen. Om de meerkosten te bepalen wordt gerekend met het verschil tussen bovengenoemde biomassaprijzen en de prijzen voor biomassa, als deze biomassa niet gebruikt zou worden voor productie van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte of groen gas. Alle genoemde prijzen in dit rapport zijn exclusief BTW.

Voor hernieuwbare-warmtecategorieën worden de kosten beschouwd die met de productie van hernieuwbare warmte samenhangen. De kosten voor een eventuele warmtetransportleiding worden in de investeringskosten van het project meegenomen. Warmte-infrastructuur aan de vraagzijde, zoals een warmtenet, hoort niet bij de subsidiabele kosten. De warmteproductie die in dit advies wordt beschouwd heeft betrekking op de warmtedoorvoer direct na het hek van de installatie, maar vóór de warmtetransportleiding. Dit laat onverlet dat ook bij intern gebruik van duurzame energie een SDE+-vergoeding eventueel ontvangen kan worden, zolang het gebruik niet voor het productieproces zelf bestemd is.

Op verzoek van het Ministerie is in berekening ervan uitgegaan dat er geen voordelen uit de EIA-regeling zijn.

Voor de financiële randvoorwaarden zijn ECN en DNV KEMA door het Ministerie gevraagd om uit te gaan van een financieel totaalrendement van 7,8%. Uit dit financieel rendement dienen tevens de voorbereidingskosten gedekt te worden. De voorbereidingskosten worden niet meegenomen in het totale investeringsbedrag. Indien in afgelopen jaar de groenregeling op een categorie generiek van toepassing was, dienen ECN en DNV KEMA het voordeel mee te nemen in het eindadvies. Bij de groenregeling wordt uitgegaan van een rentevoordeel van 1%. Op verzoek van het Ministerie wordt niet gerekend met eventueel voordeel uit de EIA-regeling.

Voor biomassacategorieën wordt uitgegaan van een subsidieduur van 12 jaar, voor de overige categorieën van 15 jaar. De duur van de lening en de afschrijvingstermijnen zijn gelijk verondersteld aan de subsidieduur. Bij technieken als waterkracht en geothermie, waarbij sommige componenten in de praktijk een veel langere levensduur hebben dan 15 jaar, is in de investeringskosten een correctie aangebracht voor de restwaarde van de componenten na 15 jaar. Bij projectfinanciering kan een geldverstrekker in de praktijk wensen dat de lening in een kortere periode, bijvoorbeeld 11 of 14 jaar, wordt afgelost. Hierdoor verkrijgt de geldverstrekker meer zekerheid dat de lening ook geheel kan worden afgelost. Het financiële totaalrendement van 7,8% wordt echter beschouwd als billijke vergoeding voor het totale risico van het project. Hoe risico's en rendementen worden verdeeld tussen geldverstrekker en projectontwikkelaar, is bij de gegeven onderzoeksuitgangspunten niet van invloed op de geadviseerde basisbedragen.

# 3

## Prijzen voor elektriciteit en biomassa

### 3.1 Elektriciteitsprijzen

De basisbedragen zijn een maat voor de productiekosten van hernieuwbare energie. De productiekosten zijn niet direct gerelateerd aan de prijzen van fossiele brandstoffen zoals kolen, gas en olie. Sommige installaties hebben een additionele energievraag die niet vanuit de eigen installatie gedekt wordt. Een voorbeeld van dit soort installaties betreft groengasinstallaties, die elektriciteit gebruiken. Het gemiddelde elektriciteitstarief gedurende de levensduur wordt op basis van langjarige ramingen uit de Referentieraming energie en emissies, actualisatie 2012 verondersteld op 16 €/kWh bij een vraag tot 50 MWh/jaar en 10 €/kWh bij een elektriciteitsvraag hoger dan 50 MWh/jaar.

De gebruikte elektriciteitsprijs is enkel van belang als er een additionele elektriciteitsvraag is, zoals bij gasopwaardering.

### 3.2 Biomassaprijzen

Biomassa als brandstof is er in verschillende kwaliteiten. Voor vaste biomassa wordt snoei- en dunningshout als referentie gebruikt. Vloeibare biomassa wordt in een aparte paragraaf behandeld. Voor vergisting worden twee referenties genoemd: biomassa voor allesvergisters en biomassa voor mestcovergisters.

#### 3.2.1 Vaste biomassa: snoei- en dunningshout

Snoei- en dunningshout is de referentiebrandstof voor nieuwe installaties voor thermische conversie van vaste biomassa en voor ketels op vaste biomassa. Dit is ongewijzigd ten opzichte van het advies voor de SDE+ 2013. De biomassa bestaat uit

De prijs van snoei- en dunningshout is ongewijzigd t.o.v. het advies voor de SDE+ 2013.

vershout (chips) afkomstig uit bossen, landschappen en plantsoenen. De energie-inhoud van vers hout ligt in de orde van 7 GJ/ton. Installaties zullen veel hout echter uit voorraad geleverd krijgen. Vanwege natuurlijke drogingsprocessen van de houtvoorraad wordt gerekend met een jaargemiddelde energie-inhoud van 9 GJ/ton. Als referentieprijs is 48 €/ton aangenomen of 5,3 €/GJ. Vooral door interacties aan de grens met Duitsland en België zal niet overal in Nederland snoei- en dunningshout voor deze prijs verkregen kunnen worden. Omdat voor snoei- en dunningshout met name sprake is van een lokale markt is dezelfde risico-opslag als voor knip- en snoeihout van toepassing. Voor de categorie snoei- en dunningshout wordt een risico-opslag van 1 €/ton verondersteld.

### 3.2.2 Vloeibare biomassa

De prijs van zowel plantaardige oliën als dierlijke vetten laat sinds de piekjaren in 2011 en 2012 een dalende tendens zien. Op basis van de prijsontwikkelingen tot augustus 2013 is geconstateerd dat de prijzen voor plantaardige oliën en dierlijke vetten gemiddeld 10% lager liggen dan in de vergelijkbare periode in 2012. Gezien de dalende trend wordt de verwachte gemiddelde prijs voor 2014 met 10% verlaagd tot 600 €/ton bij een stookwaarde van 39 GJ/ton. De prijzen van dierlijke vetten bewegen mee met de prijzen van plantaardige oliën. Voor plantaardige oliën is er bovendien een goed ontwikkelde internationale markt. Door te handelen op de internationale markt voor plantaardige oliën kan men het risico van stijgende prijzen van dierlijke vetten goed afdekken.

### 3.2.3 Vergisting: biomassa voor allesvergisters

In de categorie van allesvergisting wordt een installatie beschouwd die reststromen gebruikt uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie of uit de biobrandstofproductie. Als referentiebrandstof wordt uitgegaan van reststoffen uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie, waar het prijsniveau bepaald wordt door veevoedermarkten. De referentieprijs voor de SDE+ 2014 is gelijk verondersteld aan de prijs voor de SDE+ 2013 van 25 €/ton bij een biogasproductie van 3,4 GJ/ton.

Er is wel een trend van stijgende prijzen voor vochtige diervoeders, maar initiatiefnemers hebben meestal stromen zelf in handen en zijn daardoor minder kwetsbaar voor prijsfluctuaties.

### 3.2.4 Vergisting: biomassa voor mestcovergisters

#### **Grondstoffen voor mestcovergisting: mest**

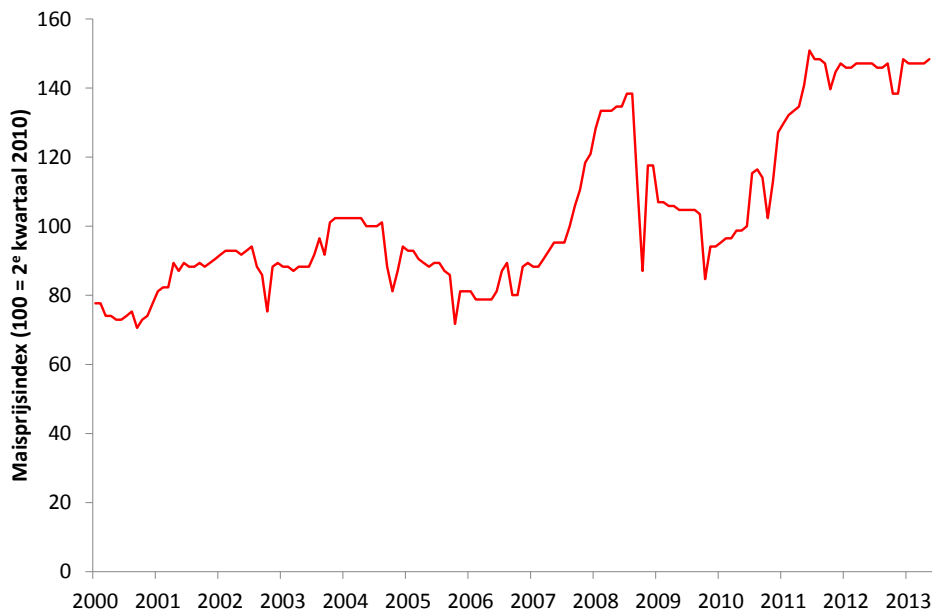
De prijs voor drijfmest kent regionale verschillen en loopt van € 0 tot -5 per ton in mesttekortgebieden tot maximaal € -15 tot -20 per ton in mestoverschotgebieden. Als referentieprijs wordt uitgegaan van € -15 per ton voor mest van het eigen bedrijf.

Rekening houdend met transportkosten is de referentieprijs voor externe aanvoer -10 €/ton. Van de totale input blijft ca. 90% aan massa over als digestaat. Voor de afvoer van digestaat dient gemiddeld 15 €/ton betaald te worden.

#### Grondstoffen voor mestcovergisting: cosubstraat

De zogeheten positieve lijst van coproducten is in 2012 uitgebreid met ruim 80 nieuwe producten. Met het toelaten van deze coproducten wordt meer aangesloten bij de regelgeving voor buitenlandse vergisters. Wel is er een begrenzing aan de gehalten zware metalen en organische verontreinigingen. Deze nieuwe uitbreiding zal de druk op de markt voor coproducten enigszins verlichten, waardoor de kostenefficiëntie van de biogasopbrengst van de installaties op niveau gehouden kan worden. Wel treden van jaar op jaar fluctuaties op in de marktprijzen van maïs. Zie voor de illustratie van de prijschommeling **Figuur 1**.

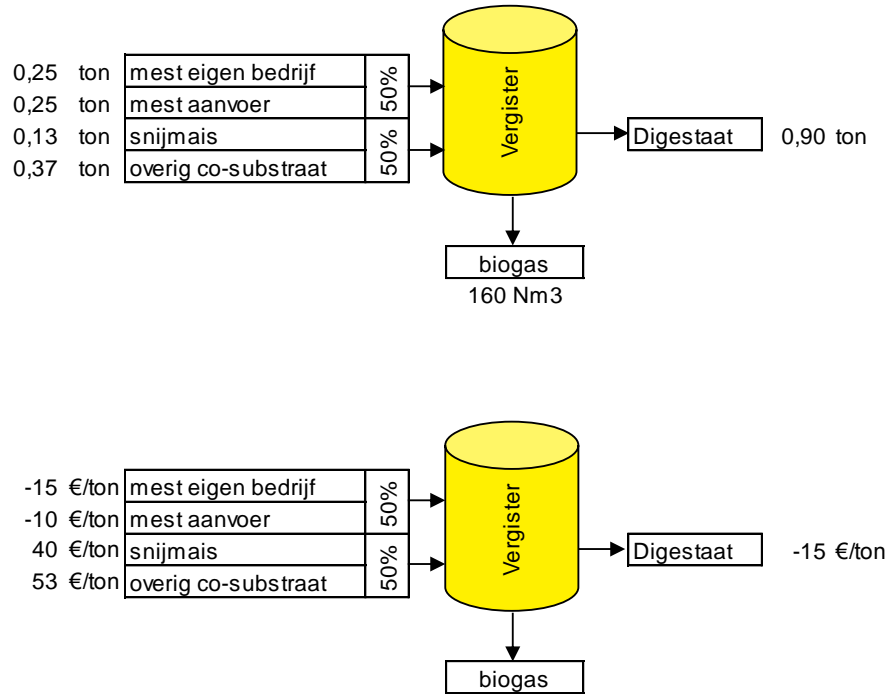
**Figuur 1:** Geïndexeerde maïsprijzen 1996-2012 gebaseerd op prijzen van het LEI, index=100 voor het tweede kwartaal van 2010



Om te voorkomen dat jaarlijkse schommelingen grote invloed krijgen op de berekende basisbedragen, is uit de marktconsultatie van 2010 naar voren gekomen dat een langjarig gemiddelde als uitgangspunt wenselijker is. Om te corrigeren voor schommelingen is het gemiddelde van de afgelopen vijf jaar berekend op basis van handelsinformatie van het LEI (gecorrigeerd voor transport). De gemiddelde maïsprijs over de periode juni 2008 tot mei 2013 is 40,1 €/ton.

**Figuur 2** geeft een schematische weergave van de aangenomen grondstofstromen in de covergister.

**Figuur 2:** Stromen en prijzen voor vergistingsinputs en -outputs<sup>2</sup>



De gehanteerde substraatprijs (incl. afvoerkosten voor digestaat) is gestegen van 32,0 €/ton naar 32,1 €/ton.

Naast maïs worden energierijke overige cosubstraten ingezet. Als referentiegasopbrengst van overig cosubstraat is 330 Nm<sup>3</sup>/ton aangenomen. De gemiddelde prijs voor cosubstraat (exclusief maïs) in 2013 is 7,65 €/GJ of 53 €/ton bij de start van het project, met een netto gasopbrengst van 6,9 GJ/ton. De totale aangenomen grondstofkosten bestaande uit aankoop van maïs, co-substraat en verwerkingskosten voor mest en digestaat komt in de huidige mix uit op 32,1 €/ton oftewel 20 cent/Nm<sup>3</sup> ruw biogas, gerekend met een gasopbrengst van de totale input, mest en cosubstraat van 3,4 GJ/ton. De totale grondstofkosten komen overeen met de genoemde kosten in de recente marktconsultatie.

Voor prijsontwikkelingen gedurende de looptijd van het project worden alle kostenposten met 2%/jaar geïndexeerd voor inflatie. Dit geldt dus ook voor de grondstofkosten. Zie **Tabel 4** voor een overzicht van de gehanteerde prijzen voor de referentiebrandstoffen.

<sup>2</sup> In de berekeningsmethodiek wordt uitgegaan van de in de markt gebruikelijke methode om de energie-inhoud van de mestinput en cosubstraten uit te drukken in gasopbrengst in Nm<sup>3</sup>/ton of GJ/ton bij een bepaalde energie-inhoud van het gas (21 MJ/m<sup>3</sup>). In de berekening wordt gerekend met de energie-inhoud van grondstoffen in GJ gasopbrengst per ton input. Voor de volledigheid: tonnen input zijn gebaseerd op het gehele product en niet alleen op het drogestofgehalte.



**Tabel 4:** Gehanteerde biomassaprijzen voor installaties die SDE+ in 2014 aanvragen

	Energie-inhoud	Prijs (range)	Referentieprij	Toelichting
	[GJ/ton]	[€/ton]	[€/GJ]	
Vloeibare biomassa				
Dierlijk vet	39	600	15,4	
Vaste biomassa				
Snoi- en dunningshout	9	48	5,3	
Vergisting*				
Allesvergistingsinput	3,4	25	7,4	
<i>Aanvoer dierlijke mest</i>	<i>0,63</i>	<i>-10 (-20 tot 0)</i>	<i>-16</i>	
<i>Afvoer dierlijke mest</i>	<i>0,63</i>	<i>-15 (-30 tot -5)</i>	<i>-24</i>	
<i>Mais</i>	<i>3,8</i>	<i>40.1 (25-45)</i>	<i>10,1</i>	
<i>Overig cosubstraat</i>	<i>6,9</i>	<i>53 (23 tot 200)</i>	<i>7,65</i>	
Covergistingsinput	3,4	32,1 (14-32)	9,5	

\* De energie-inhoud van vergistingsinput is gegeven in GJ<sub>biogas</sub>/ton. De referentieprij voor vergistingsinput is gegeven in €/GJ<sub>biogas</sub>.

# 4

## Technisch-economische parameters

Voor duurdere opties, met een basisbedrag boven 15 ct/kWh, zijn indicatieve berekeningen uitgevoerd.

In de volgende paragrafen worden de onderliggende parameters om te komen tot de basisbedragen per techniek behandeld. Omwille van de leesbaarheid worden bij hubtoepassingen ook de resulterende productiekosten van ruw biogas getoond. De besproken technieken zijn vergisting van biomassa, inclusief waterzuiveringsinstallaties en composteringswarmte, thermische conversie van biomassa, ketels met vaste biomassa, ketels met vloeibare biomassa, bestaande installaties, waterkracht, windenergie, diepe geothermie, zon-PV, zonthermie en indicatieve berekeningen voor duurdere opties.

### 4.1 Hubs en productie van ruw biogas

#### 4.1.1 Inleiding

De meeste basisbedragen zijn berekend op de kostenstructuur van een zelfstandige installatie, dus zonder hubaansluiting.

Ruw biogas voldoet, anders dan groen gas, niet aan de specificaties om in het aardgasnet te mogen worden ingevoerd. Hoofdzakelijk bestaand uit methaan en kooldioxide, dat geproduceerd is bij verschillende vergistinginstallaties, kan ruw biogas via een lagedrukleiding naar een centraal punt worden getransporteerd. Op de zogeheten hubs wordt het biogas ingezet voor de productie van elektriciteit of warmte. Het kan ook gezuiverd worden tot groen gas. Voor de meeste categorieën wordt gerekend met de kosten van verwerking van ruw biogas tot warmte, elektriciteit of groen gas op de locatie zelf. Voor enkele categorieën ligt verwerking via een hub meer in de rede (verlengde levensduur van allesvergisters, mestcovergisters en agrarische vergisters die kunnen kiezen om niet enkel de WKK te vervangen). Daarom toont deze paragraaf eerst de technisch-economische parameters van hubs.

## 4.1.2 Referentiesystemen productie ruw biogas

Bij de bepaling van de technisch-economische parameters voor de productie van ruw biogas worden de kosten voor CO<sub>2</sub>-afscheiding niet meegenomen. Verder worden de kosten voor verwijdering van zwavelwaterstof of ammoniak verdisconteerd in de kosten voor de vergister. Daarnaast is aangenomen dat in een ketel een deel van het ruwe biogas wordt verbrand om warmte voor de vergister te leveren. De elektriciteit voor de installatie wordt ingekocht en de kosten daarvan zijn meegenomen in de O&M-kosten.

## 4.1.3 Beschrijving referentie-WKK-hub

De technisch-economische parameters voor de referentie WKK-hub inclusief biogasleiding zijn weergegeven in **Tabel 5**. Deze parameters leiden tot een kostprijs van een WKK-hub van 6,0 €/GJ. Het biogas wordt met een jaargemiddelde efficiëntie van 61% op eindverbruik omgezet in warmte en kracht.

**Tabel 5:** Technisch-economische parameters WKK-hub

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	12,7	
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	4,7	
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	6,1	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	37%	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	445	€ 5,7 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	37	€ 470 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten (electriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	-	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijs	[€/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	n.v.t.	
Productiekosten	[€/GJ]	6,0	

## 4.1.4 Beschrijving referentie-warmtehub

De technisch-economische parameters voor de referentie-warmtehub inclusief biogasleiding zijn weergegeven in **Tabel 6** deze parameters leiden tot een kostprijs van een warmtehub van 1,1 €/GJ. Het biogas wordt met een jaargemiddelde efficiëntie van 90% omgezet in warmte.

**Tabel 6:** Technisch-economische parameters warmtehub

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	12,7	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ <sub>output</sub> ]	0,80	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	120	€ 1,4 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	1,7	€ 19 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0,08	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijs	[€/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	n.v.t.	
Productiekosten	[€/GJ]	1,1	

#### 4.1.5 Beschrijving referentie-groengashub

Het referentiesysteem voor een groengashub heeft een ruwbiogasinput van 2200 Nm<sup>3</sup>/h (of 1300 Nm<sup>3</sup>/h aan groen gas) met gaswassing met behulp van chemicaliën als gaszuiveringstechniek. De warmte die nodig is voor deze techniek wordt opgewekt door een deel van het ruwe biogas in een ketel te verstoppen. De vereiste elektriciteit wordt ingekocht.

De technisch-economische parameters voor de referentie-groengashub, inclusief biogasleiding en groengascompressie tot 40 bar, zijn weergegeven in **Tabel 7**. Deze parameters leiden tot een kostprijs van een groengashub van 16,7 €/Nm<sup>3</sup>. Het biogas wordt met een jaargemiddelde efficiëntie van bijna 90% omgezet in groen gas.

**Tabel 7:** Technisch-economische parameters groengashub

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Referentie grootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	2200	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	10%	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,23	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	n.v.t.	
Grondstofkosten	[€/ton]	n.v.t.	
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	n.v.t.	
Investeringskosten	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	2270	€ 4,5 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	190	€ 376 duizend/jaar
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9%	
Productiekosten	[€/Nm <sup>3</sup> ]	16,7	

## 4.2 AWZI/RWZI

### 4.2.1 Referentie-installaties

Voor de categorie AWZI/RWZI hanteren ECN en DNV KEMA twee referentie-installaties: de productie van hernieuwbare energie bij vervanging van een bestaande gasmotor en vergroting van de capaciteit door middel van thermischedrukhydrolyse<sup>3</sup>. Met deze twee referenties willen ECN en DNV KEMA zowel de situatie beschrijven van een waterzuiveringsinstallatie waarbij voorheen geïnvesteerd is in duurzame-energieproductie en waar een vervangingsinvestering gedaan moet worden, als de situatie beschrijven van een waterzuiveringsinstallatie waar met behulp van nieuwe techniek meer duurzame energie geproduceerd kan worden uit een bestaande zuiveringsinstallatie. Tijdens de consultatieronde is specifiek aandacht besteed aan de categorie voor het stimuleren van het opwekken van duurzame energie uit bestaande AWZI- en RWZI-vergistingsinstallaties.

Tijdens de consultatieronde is extra aandacht besteed aan duurzame energie bij bestaande AWZI/RWZI's.

#### **Nieuwbouw**

Voor een referentie-installatie met een capaciteit van ca. 200 kW<sub>e</sub> bedraagt de investering in een nieuwe vergister ongeveer twee miljoen euro. Het toevoegen van een vergistingsinstallatie bij een bestaande AWZI/RWZI levert niet alleen extra duurzame-energieproductie op, het vergisten van slib heeft ook voordelen voor het primaire proces van waterzuivering. Onder andere wordt door het vergisten minder slib geproduceerd en kan het overblijvende slibdigestaat beter ontwaterd worden. De betere ontwatering en geringere slibproductie leiden tot besparingen op de bedrijfskosten van de filterkamerpersen en de transport- en eindverwerkingskosten van het slibdigestaat. Door waterschappen zijn gegevens verstrekt van een businesscase van de bouw van een nieuwe vergistingsinstallatie. Uit analyse van ECN en DNV KEMA blijkt dat, na correctie voor kosten van waterzuivering en toerekening van voordelen van slibverwerking, het bouwen van een nieuwe gistinginstallatie met een WKK rendabel is.

#### **Renovatie**

Door renovatie van huidige vergistingsinstallaties kan de duurzame-energieopwekking op een AWZI/RWZI verhoogd worden door efficiëntieverbetering en het verhogen van de gasproductie. Door het vervangen van de oude gasmotoren door nieuwe efficiëntere motoren wordt de elektriciteitsproductie verhoogd. Door het renoveren van de vergister, met een eventuele ombouw naar een thermofiele gisting, kan de gasproductie verder verhoogd worden. Bij toepassing van moderne gasmotoren met hogere efficiëntie dient het ruwe biogas dat ontstaat bij vergisting van waterzuiverings-slib een extra reinigingsstap te ondergaan. Daarom is in de berekening een additionele investeringspost opgenomen voor de investering in een actiefkoolfilter en zijn de O&M-kosten verhoogd door actiefkoolverbruik van de filters.

Bij de vervanging van de gasmotor is aangenomen dat deze op de locatie zelf wordt vervangen: de eigen WKK vervangen door een aansluiting op een WKK-hub ligt namelijk

<sup>3</sup> Daarnaast is ook gekeken naar de kostenstructuur bij thermofiele gisting. Deze is in productiekosten van duurzame energie vergelijkbaar met vervanging van een bestaande gasmotor.

minder in de rede, vanwege het hoge eigen elektriciteitsverbruik. Indien door de renovatie een hogere gasproductie wordt gerealiseerd, is het mogelijk dat er een overschot aan biogas ontstaat. Dit overschot kan ontstaan als het vermogen van de nieuwe gasmotor onvoldoende is om al het biogas te benutten. Dit surplus zou eventueel ingezet kunnen worden in biogashubs. Voor de generieke berekening van de basisbedragen is evenwel verondersteld dat al het geproduceerde gas ingezet wordt in een nieuwe gasmotor. Een zelfstandige installatie om waterzuiveringsgas volledig om te zetten in warmte is rendabel, zie ter vergelijking de doorrekening van een aansluiting op een warmtehub. Daarom worden de categorieën voor warmteproductie en voor een WKK-hubaansluiting bij AWZI/RWZI niet doorgerekend.

## 4.2.2 Groen gas na vervanging gasmotor

Het referentiesysteem voor deze categorie heeft een ruwbiogasproductie van  $100 \text{ Nm}^3/\text{h}$  (of ca.  $60 \text{ Nm}^3/\text{h}$  groen gas). Dat is vergelijkbaar met een WKK-vermogen van  $200 \text{ kW}_e$ . Voor waterzuiveringsinstallaties is gaswassing de referentietechnologie voor gaszuivering. De warmte die nodig is voor deze techniek wordt opgewekt door een deel van het ruwe biogas in een ketel te stoken. De restwarmte die hierbij vrijkomt kan worden gebruikt voor het dekken van een deel van de warmtevraag van de vergister. De vereiste elektriciteit wordt ingekocht. Zie **Tabel 8** voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van groen gas.

**Tabel 8:** Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (groen gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	$[\text{Nm}^3_{\text{biogas}}/\text{h}]$	100	
Vollasturen	$[\text{h}/\text{a}]$	8000	
Interne warmtevraag	$[\% \text{ biogas}]$	15%	
Interne elektriciteitsvraag	$[\text{kWh}/\text{Nm}^3_{\text{biogas}}]$	0,15	
Elektriciteitstarief	$[\text{€}/\text{kWh}]$	0,10	
Investeringskosten (vergister)	$[\text{€ per Nm}^3_{\text{biogas}}/\text{h}]$	-	€ 0,64 miljoen gezamenlijk
Investeringskosten (gasopwaardering)	$[\text{€ per Nm}^3_{\text{biogas}}/\text{h}]$	7515	
Vaste O&M-kosten (vergister)	$[\text{€}/\text{a per Nm}^3_{\text{biogas}}/\text{h}]$	-	€ 43 duizend/jaar gezamenlijk
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	$[\text{€}/\text{a per Nm}^3_{\text{biogas}}/\text{h}]$	506	
Energie-inhoud substraat	$[\text{GJ}_{\text{biogas}}/\text{ton}]$	22	
Grondstofkosten	$[\text{€}/\text{ton}]$	n.v.t.	
Grondstofprijsofslag	$[\text{€}/\text{ton}]$	n.v.t.	
Rendement gaszuivering	$[\% \text{ methaan}]$	99,9%	

## 4.2.3 Hubaansluiting na vervanging gasmotor

Het referentiesysteem voor de productie van ruw biogas en WKK heeft een thermische input van  $570 \text{ kW}_{\text{th}}$ . Dit resulteert in een elektrisch vermogen van  $200 \text{ kW}_e$  voor WKK. In **Tabel 9** en **Tabel 10** staan de technisch-economische parameters van AWZI/RWZI voor

respectievelijk ruw biogas en WKK. Bij de WKK-optie is de toepassing van een actief-koelfilter voor de gasmotor meegenomen in zowel in de investeringskosten als in de O&M-kosten.

**Tabel 9:** Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (ruw biogas). De kolom overig heeft betrekking op aansluiting op een groengashub.

Parameter	Eenheid	Advies 2014 (warmte)	Advies 2014 (overig)	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegruotte	[Nm <sup>3</sup> biogas/h]	100	100	
Vollasturen	[h/a]	7000	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	10%	10%	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> biogas]	0,02	0,02	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,16	0,16	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> biogas/h]	-	-	
Investeringskosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€ per Nm <sup>3</sup> biogas/h]	823	823	€ 0,074 miljoen gezamenlijk
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> biogas/h]	-	-	
Vaste O&M-kosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€/a per Nm <sup>3</sup> biogas/h]	59	59	€ 5,3 duizend/jaar gezamenlijk
Energie-inhoud substraat	[GJ biogas/ton]	22	22	
Grondstofkosten	[€/ton]	n.v.t.	n.v.t.	
Grondstofprijsoslag	[€/ton]	n.v.t.	n.v.t.	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9%	99,9%	
Productiekosten ruw biogas	[€ct/Nm <sup>3</sup> ] / [€/GJ]	4,4 / 1,4	3,9 / 1,2	
Basisbedrag via warmtehub (1,1 €/GJ hub en 90,0% rendement)	[€/GJ]	2,6		
Basisbedrag via groengashub (16,7 €/GJ hub en 89,9% rendement)	[€ct/Nm <sup>3</sup> ]		21,0	

**Tabel 10:** Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th,input</sub> ]	0,541	
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	0,200	
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th,output</sub> ]	0,257	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	37%	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th,input</sub> ]	600	€ 0,32 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th,input</sub> ]	57	€ 31 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten (electriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	-	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	22	
Brandstofprijs	[€/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijsoslag	[€/ton]	n.v.t.	

## 4.2.4 Vergroting van de slibvergistingscapaciteit in bestaande waterzuiveringsinstallaties door voorgeschakelde thermischedrukhydrolyse

De biogasproductie uit waterzuiveringsinstallaties kan vergroot worden door een uitbreiding van een bestaande zuiveringsinstallatie met een installatie voor thermischedrukhydrolyse. Aangenomen wordt dat de bestaande zuiveringsinstallatie reeds van een WKK-gasmotor is voorzien.

Na hydrolyse kan verder ontwaterd worden, waardoor de slibafvoerkosten afnemen.

In waterzuiveringsinstallaties wordt zuiveringsslib vergist, waarbij in de meeste gevallen de gasopbrengst wordt gebruikt om met een WKK-gasmotor elektriciteit op te wekken. Hiermee wordt voor een deel het eigen energieverbruik van de waterzuiveringsinstallatie gedekt. Een nieuwe ontwikkeling bij waterzuiveringsinstallaties is het uitbreiden van deze vergistingsinstallaties met ontwatering en hydrolyse op basis van thermische druk. Hierdoor wordt een hogere gasopbrengst per ton slib bereikt. Door de voorgeschakelde ontwatering neemt ook de slibverwerkingscapaciteit van de bestaande installatie toe, waardoor per saldo een hogere gasopbrengst van de bestaande installatie wordt gerealiseerd. Een bijkomend voordeel is dat het slibdigestaat, dat ontstaat bij het vergisten van slib dat is voorbehandeld met een thermischedrukhydrolyse, nog verder ontwaterd kan worden, wat leidt tot lagere transportkosten.

In de referentie-installatie van de uitbreiding van de voorbewerking van een waterzuiveringsinstallatie zijn alleen de investeringskosten in de thermischedrukhydrolyse opgenomen. De kosten voor de ontwatering en modificaties aan de bestaande vergistingstank worden verondersteld te worden gecompenseerd door de lagere transportkosten van de afvoer van het slib.

De extra gasopbrengst die ontstaat bij het voorschakelen van een thermischedrukhydrolysestap kan op verschillende manieren worden toegepast:

- Elektriciteitsproductie (meer opwekking voor eigen verbruik, waarbij de warmte van de WKK volledig wordt ingezet voor de thermischedrukhydrolyse).
- Opwerking van biogas tot groengaskwaliteit.
- Ruwbiogaslevering voor externe toepassingen.

De hydrolyse kent een eigen warmtevraag. Aan deze warmtevraag kan voldaan worden door de WKK op basis van de gehele gasopbrengst van de vergister (ca. 360 Nm<sup>3</sup>/uur ruw biogas). Bij ruwbiogaslevering en of groengaslevering moet meer dan de meeropbrengst van de hydrolyse aan gas ingezet worden voor het verwarmen van de hydrolyse. Daarom concluderen ECN en DNV KEMA dat alleen een WKK-optie hier nuttig kan zijn, waarbij een WKK van ca. 720 kW<sub>e</sub> de benodigde warmte kan leveren. Omdat alle warmte gebruikt wordt voor het interne proces, blijft alleen hernieuwbare elektriciteit als geleverd product over, waarover een SDE+-vergoeding ontvangen kan worden.

De technisch-economische parameters voor elektriciteitsproductie staan in **Tabel 11**.



**Tabel 11:** Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (elektriciteit uit WKK met voorgeschakelde thermischedrukhydrolyse)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Doorzet slib	[ton droge stof/jaar]	16000	
Vollasturen	[uur/jaar]	8000	
Gasopbrengst	[Nm <sup>3</sup> /ton]	170	
Gasopbrengst	[Nm <sup>3</sup> /uur]	340	
Calorische waarde biogas	[MJ/Nm <sup>3</sup> ]	25	
WKK-vermogen (netto)	[kW <sub>e</sub> ]	723	
Voordeel eindverwerking	[€/ton drogestofinput]	40	
Totale investering	[€/kW <sub>e</sub> ]	6100	€ 4,4 miljoen
Totale variabele kosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	800	€ 578 duizend/jaar

## 4.3 Mestmonovergisting

Nederland beschikt over een grote mestvoorraad. Naast covergisting van mest voor de productie van groen gas, hernieuwbare warmte en WKK-toepassingen, is het mogelijk om mest te vergisten zonder gebruik te maken van cosubstraat. In 2012 heeft het ministerie van Economische Zaken ECN en DNV KEMA verzocht om afzonderlijk over de productiekosten voor mestmonovergisting te adviseren. Mestmonovergisting is nog in ontwikkeling en de gasopbrengsten zijn nog te laag.

Mestmonovergisting is nog in ontwikkeling.

### 4.3.1 Productie van ruw biogas en groen gas

Het referentiesysteem voor deze categorie heeft een ruwbiogasproductie van 20,5 Nm<sup>3</sup>/h (of 11 Nm<sup>3</sup>/h groen gas). Dat is vergelijkbaar met een WKK-vermogen van 39 kW<sub>e</sub>; daarmee is de referentie consistent met de referentie in het advies voor hernieuwbare elektriciteit voor deze categorie. Als referentie-gaszuiveringstechniek is gekozen voor een configuratie van membranen. De warmte die nodig is voor het verwarmen van de vergister wordt opgewekt door een deel van het ruwe biogas in een ketel te verstoppen. De vereiste elektriciteit wordt afgenomen van het net.

Zie **Tabel 12** en **Tabel 13** voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van ruw biogas respectievelijk groen gas. Merk op dat de basisbedragen zijn berekend op basis van een zelfstandige installatie en niet op basis van een hubaansluiting.

**Tabel 12:** Technisch-economische parameters mestmonovergisting (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies 2014 (warmte)	Advies 2014 (overig)	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	20,5	20,5	
Vollasturen	[h/a]	7000	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	18%	18%	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,12	0,12	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,16	0,16	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	14900	14900	€ 0,327 miljoen gezaamenlijk
Investeringskosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	1260	1260	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	807	807	€ 18,7 duizend/jaar gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	126	126	
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	0,63	0,63	
Grondstofkosten	[€/ton]	n.v.t.	n.v.t.	
Grondstofprijsoslag	[€/ton]	n.v.t.	n.v.t.	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	100,0%	100,0%	
Productiekosten ruw biogas	[€ct/Nm <sup>3</sup> ] / [€/GJ]	84,5 / 26,7	74,3 / 23,5	
Basisbedrag via warmtehub (1,1 €/GJ hub en 90,0% rendement)	[€/GJ]	30,7		
Basisbedrag via WKK-hub (6,0 €/GJ hub en 85,0% rendement)			33,6	
Basisbedrag via groengashub (16,7 €/GJ hub en 89,9% rendement)	[€/GJ]		99,3	

**Tabel 13:** Technisch-economische parameters mestmonovergisting (groen gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	20,5	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	18%	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,49	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	14900	€ 0,44 miljoen gezaamenlijk
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	8300	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	807	€ 24 duizend/jaar gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	454	
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	0,63	
Grondstofkosten	[€/ton]	n.v.t.	
Grondstofprijsoslag	[€/ton]	n.v.t.	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,0%	

## 4.3.2 Productie van hernieuwbare warmte en elektriciteit

De referentie-installatie voor de productie van hernieuwbare warmte en elektriciteit is gebaseerd op mest uit eigen bedrijf. Op basis van de energie-inhoud van mest en het elektrisch rendement van de gasmotor levert de referentie-installatie een netto elektrische output van 39 kW<sub>e</sub>. Bij elektriciteit is technisch sprake van een WKK-installatie, waarbij de 26 kW<sub>th</sub> warmte geheel gebruikt wordt voor het interne vergistingsproces. Alleen elektriciteit blijft daarbij over om af te zetten en om SDE+ over te vergoeden.

In **Tabel 14** en **Tabel 15** staan de technisch-economische parameters van mestmonovergisting voor respectievelijk warmte en elektriciteit.

**Tabel 14:** Technisch-economische parameters mestmonovergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	0,123	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	18	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ <sub>output</sub> ]	5,41	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,16	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	3340	€ 0,31 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	187	€ 18 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0,87	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0,63	
Brandstofprijs	[€/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	n.v.t.	

**Tabel 15:** Technisch-economische parameters mestmonovergisting (electriciteit)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	0,123	
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	0,039	
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	0,026	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	0	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	32%	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	3390	€ 0,42 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	245	€ 30 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten (electriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	-	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0,63	
Brandstofprijs	[€/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	n.v.t.	

## 4.4 Mestcovergisting

Bij covergisting van mest voor de productie van groen gas, hernieuwbare warmte en WKK-toepassingen wordt naast mest gebruik gemaakt van ten hoogste 50% aan cosubstraat als input voor de vergister.

### 4.4.1 Productie van ruw biogas en groen gas

Recente mestcovergistingsinitiatieven richtten zich overwegend op de SDE-categorie voor productie van duurzame warmte. Groengasprojecten of WKK-initiatieven zijn beperkt in aantal. Voor nieuwe installaties is een productiecapaciteit geraamd van 505 Nm<sup>3</sup>/h ruw biogas (of 315 Nm<sup>3</sup>/h groen gas). De grootte van de vergister van een installatie met deze omvang is vergelijkbaar met die van een vergister van een bio-WKK van 1,1 MW<sub>e</sub>. Schaafeffecten lijken voor vergisters beperkt te zijn. De maximale grootte van een vergistingstank wordt beperkt doordat het materiaal gehomogeniseerd moet kunnen worden; ook de diameter van het dak van een vergister is aan een maximum gebonden. Voor productie op grotere schaal worden dan ook vaak enkele tanks naast elkaar geplaatst.

Als referentie-gaszuiveringstechniek is gekozen voor gaswassing. De warmte die nodig is voor deze techniek wordt opgewekt door een deel van het ruwe biogas in een ketel te verstoken. De restwarmte die bij gaswassing vrijkomt is voldoende voor het verwarmen van de vergister. De benodigde elektriciteit wordt ingekocht. Er wordt aangenomen dat invoeding van het geproduceerde groen gas op het lokale net van 8 bar mogelijk is. Zie **Tabel 16** en **Tabel 17** voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van ruw biogas respectievelijk groen gas. Merk op dat de basisbedragen zijn berekend op basis van een zelfstandige installatie en niet op basis van een hubaansluiting.

**Tabel 16:** Technisch-economische parameters mestcovergisting (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies 2014 (warmte)	Advies 2014 (overig)	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrrootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	505	505	
Vollasturen	[h/a]	7000	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5%	5%	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,12	0,12	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	4500	4500	€ 2,4 miljoen gezaamenlijk
Investeringskosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	350	350	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	280	280	€ 158 duizend/jaar gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	35	35	
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,40	3,40	
Grondstofkosten	[€/ton]	32,1	32,1	
Grondstofprijsofslag	[€/ton]	1	1	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	100,0%	100,0%	
Productiekosten ruw biogas	[€ct/Nm <sup>3</sup> ] / [€/GJ]	59,5 / 18,8	56,7 / 17,9	
Basisbedrag via warmtehub (1,1 €/GJ hub en 90,0% rendement)	[€/GJ]	22,0		
Basisbedrag via WKK-hub (6,0 €/GJ hub en 85,0% rendement)			27,1	
Basisbedrag via groengashub (16,7 €/GJ hub en 89,9% rendement)	[€/GJ]		79,7	

**Tabel 17:** Technisch-economische parameters mestcovergisting (groen gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrrootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	505	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	10%	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,25	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	4500	€ 3,6 miljoen gezaamenlijk
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	3020	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	280	€ 278 duizend/jaar gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	300	
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,40	
Grondstofkosten	[€/ton]	32,1	
Grondstofprijsofslag	[€/ton]	0,5	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9%	

## 4.4.2 Installaties voor hernieuwbare warmte en WKK

De samenstelling van het cosubstraat bij mestcovergistinginstallaties is door de jaren heen veranderd, waardoor de gasopbrengst per ton cosubstraat substantieel gestegen is naar ruim boven de 100 Nm<sup>3</sup> per ton aan mengsel van mest en cosubstraat. Nieuwe initiatieven voor mestcovergisting voor elektriciteitsproductie hadden in de afgelopen twee jaar een schaalgrootte voor WKK van circa 1 MW<sub>e</sub> of kleiner. Voor de nieuwe initiatieven voor duurzame warmte is de spreiding in schaalgrootte ruimer. Zo heeft één op de acht initiatieven een schaalgrootte van tussen de 2 en 6 MW<sub>th</sub>. Voor de referentie-installatie is een schaal aangenomen van 1,1 MW<sub>e</sub> (3 MW<sub>th\_input</sub>). Een installatie met deze schaalgrootte blijft ruim onder de MER-grens en kan van mest worden voorzien door twee grote bedrijven. Het eerste jaar zal extra kosten opleveren ten gevolge van het opstarten van de installatie. Deze meerkosten zijn verrekend in de investeringskosten en leiden tot een totaal aan investeringskosten van 1150 €/kW<sub>th</sub>.

Bij mestcovergisting ten behoeve van duurzame warmte is uitgegaan van investeringskosten van 950 €/kW<sub>th</sub>, inclusief de kosten voor een additionele ketel. De ketel levert warmte/stoom van ca. 120°C. Er zijn geen kosten meegenomen voor een gasleiding of een warmtenet.

Het is niet mogelijk om alle prijsrisico's af te dekken in langetermijncontracten. Wel bestaat enige flexibiliteit in de substraatmix.

Het rendement van de gasmotor die deel uitmaakt van de WKK-installatie is berekend op een niveau dat aan de NO<sub>x</sub>-emissie-eisen uit het Besluit Emissie-eisen Middelgrote Stookinstallaties (BEMS) voldaan wordt. Voor de SDE+-basisbedragen wordt gerekend met een elektrisch rendement bij de omzetting van het biogas naar netto elektriciteitslevering van 37%. De grondstofkosten voor mestcovergisting zijn volatiel door de afhankelijkheid van zowel mestprijzen als cosubstraatkosten. Hoewel het niet mogelijk is om langetermijncontracten af te sluiten om al deze prijsrisico's af te dekken, bestaat enige flexibiliteit in de substraatmix. De grondstoffen worden van een regionale markt afgenomen, waardoor de prijsopslag beperkt is tot € 1 per ton cosubstraat.

In **Tabel 18** en **Tabel 19** staan de technisch-economische parameters van mestcovergisting voor respectievelijk warmte en WKK.

**Tabel 18:** Technisch-economische parameters mestcovergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	3,000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ <sub>output</sub> ]	5,41	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	954	€ 2,4 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	57	€ 146 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0,54	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4	
Brandstofprijs	[€/ton]	32,1	
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	0,5	

**Tabel 19:** Technisch-economische parameters mestcovergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	2,973	
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	1,100	
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	1,440	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	37%	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	1150	€ 3,42 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	85	€ 253 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten (electriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	-	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4	
Brandstofprijs	[€/ton]	32,1	
Brandstofprijsoplag	[€/ton]	0,5	

## 4.5 Allesvergisting

### 4.5.1 Productie van ruw biogas en groen gas

Als referentie voor deze categorie wordt uitgegaan van een vergister met diverse reststromen uit de voedings- en genotmiddelensector met een productiecapaciteit aan ruw biogas van 950 Nm<sup>3</sup>/h. Ook GFT-afval kan ingezet worden. Het geproduceerde biogas wordt opgewerkt tot groen gas door middel van gaswassingstechnologie. Er wordt gerekend met een grondstofprijs van 25 €/ton. De energie-inhoud van het biogas is 3,4 GJ/ton substraat. Zie **Tabel 20** en **Tabel 21** voor de technisch-economische parameters van productie van ruw biogas respectievelijk groen gas bij allesvergisters. Merk op dat de basisbedragen zijn berekend op basis van een zelfstandige installatie en niet op basis van een hubaanluiting.

**Tabel 20:** Technisch-economische parameters allesvergistig (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies 2014 (warmte)	Advies 2014 (overig)	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	950	950	
Vollasturen	[h/a]	7000	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5%	5%	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,12	0,12	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	3900	3900	€ 4,0 miljoen gezaamenlijk
Investeringskosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	275	275	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	220	220	€ 232 duizend/jaar gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	25	25	
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	25	25	
Grondstofprijsoslag	[€/ton]	n.v.t.	n.v.t.	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	100,0%	100,0%	
Productiekosten ruw biogas	[€ct/Nm <sup>3</sup> ] / [€/GJ]	47,6 / 15	45,2 / 14,3	
Basisbedrag via warmtehub (1,1 €/GJ hub en 90,0% rendement)	[€/GJ]	17,8		
Basisbedrag via WKK-hub (6,0 €/GJ hub en 85,0% rendement)			22,8	
Basisbedrag via groengashub (16,7 €/GJ hub en 89,9% rendement)	[€/GJ]		67,0	

**Tabel 21:** Technisch-economische parameters allesvergistig (groen gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	950	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	10%	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,25	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	3900	€ 5,8 miljoen gezaamenlijk
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	2400	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	220	€ 414 duizend/jaar gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	240	
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	25,0	
Grondstofprijsoslag	[€/ton]	n.v.t.	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9%	



## 4.5.2 Installaties voor hernieuwbare warmte en WKK

Bij deze vergistingsoptie wordt een bestaande installatie aangepast, waarbij een productie-installatie voor elektriciteit of warmte in de bestaande installatie wordt geïntegreerd. De grondstof komt hoofdzakelijk beschikbaar vanuit de bestaande installatie en de energie van het geproduceerde biogas wordt goeddeels teruggeleverd aan dezelfde installatie in de vorm van elektriciteit, biogas, warmte of een combinatie daarvan.

De schaalgrootte van nieuwe WKK-initiatieven is kleiner dan of rond de 3 MW<sub>e</sub>. Voor de nieuwe duurzame warmte-initiatieven ligt een op acht rond de 5 MW<sub>th</sub>. Voor de referentie-installatie is een schaal aangenomen van 3 MW<sub>e</sub> (8,1 MW<sub>th\_input</sub>). De prijzen voor grondstoffen worden hoofdzakelijk bepaald door de veevoedermarkten, waar vrijwel alle grondstoffen een alternatieve toepassing hebben. Voor de grondstof is een prijs geraamd van 25 €/ton. De kosten voor het afvoeren van digestaat zijn verrekend met de grondstofkosten. De energie-inhoud van het biogas bedraagt 3,4 GJ/ton substraat.

In **Tabel 22** en **Tabel 23** staan de technisch-economische parameters van allesvergisting voor respectievelijk hernieuwbare warmte en WKK.

**Tabel 22:** Technisch-economische parameters allesvergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	8,100	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ <sub>output</sub> ]	5,41	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	586	€ 4,1 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	32	€ 222 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0,54	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4	
Brandstofprijs	[€/ton]	25,0	
Brandstofprijsoplag	[€/ton]	n.v.t.	

**Tabel 23:** Technisch-economische parameters allesvergistig (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	8,1	
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	3,0	
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	3,9	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	37%	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	1055	€ 8,6 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	78	€ 632 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	-	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4	
Brandstofprijs	[€/ton]	25,0	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	n.v.t.	

## 4.6 Thermische conversie van biomassa

Voor thermische conversie van biomassa, uitgezonderd vergassing ten behoeve van groengasproductie en duurzame warmte-installaties, worden twee systeemgroottes onderscheiden, waarbij de grens op 10 MW<sub>e</sub> ligt.

### 4.6.1 Thermische conversie van biomassa (<10 MW<sub>e</sub>)

Veel initiatieven tot 10 MW<sub>e</sub> worden ontwikkeld voor lokaal beschikbare biomassa-stromen. Decentrale overheden spelen vaak een initiërende of faciliterende rol. De referentie-installatie heeft een thermisch inputvermogen van 8,7 MW<sub>th</sub>, waarbij maximaal 1,65 MW<sub>e</sub> elektriciteit en 5 MW<sub>th</sub> warmte geleverd kan worden. Installaties tot 10 MW<sub>e</sub> dienen te voldoen aan BEMS, waardoor extra maatregelen moeten worden genomen om de uitstoot van stikstofoxiden te verminderen, bijvoorbeeld met behulp van een DeNOx. De investeringskosten liggen op 1550 €/kW<sub>th</sub>. Deze kosten liggen hoger dan eerder aangenomen, omdat gebleken is dat de vergunningverleners in de meeste gevallen open opslag van biomassa niet toestaan. De meerinvestering voor een DeNOx is geraamd op 45 €/kW<sub>e</sub> voor kleinschalige installaties. Verbruik van een reductiemiddel zoals ureum levert een verhoging van O&M-kosten op die geraamd is op 0,006 €/kWh.

### 4.6.2 Thermische conversie van biomassa (>10 MW<sub>e</sub>)

De referentie is een houtgestookte installatie met een inputvermogen van ca. 67 MW<sub>th</sub>. De ketel heeft een thermisch vermogen van ca. 70 MW<sub>th</sub> en kan via een tegendruk-

turbine lagedrukstoom genereren waarmee warmte op een temperatuur van 100-120°C geleverd kan worden aan een stadsverwarmingsnet. Uitgangspunt is dat de tegendruk-turbine 50 MW<sub>th</sub> kan leveren.

Uitgangspunt van de referentie-installatie is dat deze gekoppeld is aan een groot bestaand stadverwarmingsnet, waarbij de geproduceerde warmte volledig ingezet kan worden. Het aantal vollasturen warmtelevering is dan ook hoog met 7500 uur. Op momenten dat geen vollast levering van warmte nodig is zal de gehele installatie in deellast moeten draaien. De locatie van een dergelijke installatie zal een industrieel gebied zijn, bij voorkeur in de directe nabijheid van de bestaande conventionele warmtekrachtinstallaties en goede aanvoerroutes voor biomassa.

De referentie-installatie is gebaseerd op snoei- en dunningshout als brandstof. Met dit type hout kunnen hogere stoomparameters toegepast worden waardoor een hoger elektrisch rendement haalbaar is. Door de lagere energie-inhoud van verse houtstromen is een groter opslag- en transportsysteem en een groter verbrandingsdeel van de installatie nodig. De rookgasreiniging kan relatief licht uitgevoerd worden, omdat vers hout minder schadelijke componenten bevat dan bijvoorbeeld B-hout. De technisch-economische data die horen bij deze referentie-installaties zijn samengevat in **Tabel 24**.

Referentie is een tegendruk-turbine met snoei- en dunningshout als brandstof.

**Tabel 24:** Technisch-economische parameters thermische conversie van biomassa

Parameter	Eenheid	Advies 2014 (<10 MW <sub>e</sub> )	Advies 2014 (>10 MW <sub>e</sub> )	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	8,7	67,9	
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	1,7	9,5	
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	5,0	50,0	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	7500	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	7500	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	19%	14%	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		1/4	-	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	1550	1840	€ 13,5 mln resp. € 125 mln
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	80	110	€ 0,69 mln resp. € 7,5 mln
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	0,006	-	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-	-	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9,0	9,0	
Brandstofprijs	[€/ton]	48	48	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	1,0	1,0	

## 4.7 Ketels met vaste biomassa

De laatste twee jaar is een trend waarneembaar dat kleinschalige installaties tussen de 0,5 en 1 MW<sub>th</sub> ontwikkeld gaan worden. Voor ketels met vaste biomassa worden twee systeemgroottes onderscheiden, waarbij de grens op 5 MW<sub>th</sub> ligt.

Voor ketels op vaste biomassa wordt onderscheid gemaakt in twee systeemgroottes. Dit is een wijziging t.o.v. het concept-advies.

#### 4.7.1 Ketel vaste biomassa > 0,5 MW<sub>th</sub> en < 5 MW<sub>th</sub>

De referentie-installatie voor deze categorie is een heetwaterketel met een verbrandingsrooster waar snoei- en dunningshout ingezet wordt als referentiebrandstof. In 2013 is de verwachte subsidie bij maximale bedrijfstijd 39 duizend euro per jaar voor een ketel van 750 kW<sub>th</sub>. In praktijk zal het bij deze schaalgrootte voorkomen dat de 7000 vollasturen niet worden gehaald. Daardoor zullen initiatieven ter grootte van 750 kW<sub>th</sub> die in 2013 SDE-subsidie aangevraagd hebben naar verwachting tussen de 20 en 39 duizend euro per jaar aan subsidie ontvangen.

In dit advies voor een basisbedrag van 2014 is de onrendabele top uitgerekend op 47 duizend euro per jaar voor een ketel van 750 kW<sub>th</sub>. Hierbij is het aantal vollasturen voor deze categorie is op 4000 uur per jaar verondersteld, waardoor voor het merendeel van de aanvragers de maximale subsidie haalbaar is. De toename van de totale subsidie wordt gerechtvaardigd door de extra investeringen die benodigd zijn om aan de emissie-eisen van het activiteitenbesluit voor fijn stof te voldoen.

#### 4.7.2 Ketel vaste biomassa > 5 MW<sub>th</sub>

Voor deze categorie is eveneens de referentie-installatie een heetwaterketel met een verbrandingsrooster waar snoei- en dunningshout ingezet wordt als referentiebrandstof. In 2013 is de verwachte subsidie 513 duizend euro per jaar voor een ketel van 10 MW<sub>th</sub> bij 7000 vollasturen, wat in de praktijk haalbaar is voor projecten van deze schaalgrootte. Het correctiebedrag in 2013 is gebaseerd op kleinschalige warmteafzet.

Er zijn aanwijzingen dat er maar weinig locaties zijn waar met het subsidiebedrag uit 2013 een project gerealiseerd kan worden.

In 2013 zijn tot 11 juni slechts vier aanvragen ingediend, wat er op zou kunnen wijzen dat er in Nederland maar weinig locaties zijn waar voor dit subsidiebedrag een project gerealiseerd kan worden. De benodigde subsidie voor rendabele bedrijfsvoering bij het merendeel van de projecten is berekend 1471 duizend euro per jaar voor een ketel van 10 MW<sub>th</sub>, bij 7000 vollasturen. Het advies voor het basisbedrag in 2014 is hierop geënt. Hierbij wordt geadviseerd ook het correctiebedrag aan te passen naar een correctiebedrag dat passend is voor grootschalige warmteafzet. Met de dan resulterende subsidie is het mogelijk om warmtelevering te realiseren met een ketel op vaste biomassa ter vervanging van een gas aangedreven WKK.

Tabel 25: Ketels op vaste biomassa

Parameter	Eenheid	Advies 2013	Advies 2014 (< 5 MW <sub>th</sub> )	Advies 2014 (≥ 5 MW <sub>th</sub> )	Totaalbedrag voor referentie
Thermisch output vermogen	MW <sub>th,output</sub>	10	0,833	11,1	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	4000	7000	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th,output</sub> ]	425	425	425	€ 0,32 mln resp. € 4,3 mln
Vaste O&M kosten	[€/kW <sub>th,output</sub> ]	62	45	62	€ 34.000/jaar resp. € 620.000/jaar
Basis voor correctiebedrag		kleinschalig	kleinschalig	grootschalig	

## 4.8 Ketels met vloeibare biomassa

In sommige gevallen zijn gasketels relatief snel en eenvoudig te vervangen door ketels op vloeibare biomassa, zoals bijvoorbeeld pyrolyseolie. Als referentiebrandstof is gekozen voor dierlijk vet. Gezien de relatief lage bijdrage van de investeringskosten aan het basisbedrag en de mogelijkheid voor initiatiefnemers deze investeringskosten verder te verlagen door aangepaste branders te monteren in bestaande ketels, is in dit advies het investeringsbedrag op nul gesteld. Hiermee is de berekening representatief voor zowel inzet van vloeibare biomassa in nieuwe bioketels als inzet van vloeibare biomassa in aangepaste bestaande gasketels. In **Tabel 26** staan de parameters met betrekking op een ketel op vloeibare biomassa.

**Tabel 26:** Technisch-economische parameters nieuwe en bestaande ketels op vloeibare biomassa

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	11,111	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	0	€ 0,0 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	24	€ 240 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	39,0	
Brandstofprijs	[€/ton]	600,0	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	n.v.t.	

De berekening is representatief voor inzet van vloeibare biomassa in nieuwe ketels en in aangepaste, bestaande gasketels.

## 4.9 Bestaande installaties

### 4.9.1 Warmtebenutting bij bestaande projecten

Bestaande hernieuwbare-energieprojecten hebben vaak mogelijkheden om extra warmte te leveren. Deze warmtebenutting is zonder aanvullende ondersteuning doorgaans niet rendabel. ECN en DNV KEMA berekenen voor zulke projecten de kostprijs van levering van hernieuwbare warmte. De uitbetaling in de SDE+-regeling wordt gecorrigeerd voor de marktprijs van de warmte. Het oogmerk daarbij is dat hiermee de verduurzaming van een warmtevraag mogelijk wordt gemaakt. Het benutten van een latente warmtevraag hoeft daarmee nog niet meteen aantrekkelijk te worden.

ECN en DNV KEMA verwachten dat een aanzienlijk potentieel van hernieuwbare warmte nuttig toe te passen is bij grote verbrandingsinstallaties (met name AVI's), bij relatief kleine agrarische vergisters (met name mestcovergistinginstallaties) en bij grote industriële vergisters. Op verzoek van marktpartijen en na overleg met het ministerie van Economische Zaken hebben ECN en DNV KEMA de optie van warmtebenutting bij composteringinstallaties nogmaals ter consultatie van de markt voor-

gelegd. Hoewel hier nieuwe informatie door is ontvangen met betrekking tot de diversiteit aan installaties en grondstof voor composteringwarmte, heeft deze informatie niet tot aanpassing van het advies geleid.

## 4.9.2 Uitbreiding van warmtelevering bij grote verbrandings- en vergistingsinstallaties

Er is een niet aantoonbaar verschil in kosten tussen uitbreiding van warmte bij vergisting en bij verbranding.

De kosten van warmtelevering bij grote projecten is deels afhankelijk van het primaire proces van verbranding of vergisting. Het onderscheid tussen warmtelevering bij verbranding en warmtelevering bij vergisting is op basis van informatie van diverse projecten echter onvoldoende zichtbaar. Daarom gebruiken ECN en DNV KEMA één referentieproject voor uitbreiding van warmtelevering bij grote verbrandings- en vergistingsinstallaties. De referentie-installatie is, op basis van het beschikbare potentieel, gebaseerd op warmtelevering bij bestaande AVI's. Nuttige toepassing van warmte die vrijkomt bij bestaande afvalverbranders is representatief voor warmtelevering vanuit de meeste bestaande processen.

Het verhogen van het rendement van AVI's door warmtelevering is een trend van de laatste jaren. Diverse AVI's hebben al warmte- of stoomlevering gerealiseerd, andere hebben verregaande plannen om deze levering te realiseren. In zowel de MEP- als in de SDE-regeling werd het verhogen van het rendement gestimuleerd. Daarom heeft dit advies, voor zover het afvalverbrandingsinstallaties betreft, alleen betrekking op de bestaande AVI's die nog geen subsidie ontvangen uit de MEP of de SDE en die nog geen warmte uitkoppelen.

Voor extra warmtelevering vanuit AVI's zijn extra uitkoppelingskosten nodig voor bijvoorbeeld warmtewisselaars. Kosten voor de distributie van warmte of stoom zijn geen onderdeel van de berekening van de productiekosten van de referentie-installatie. Als referentie grootte is een uitkoppeling van 20 MW<sub>th</sub> aangehouden, met 7000 vollasturen warmtelevering per jaar. Bij warmtelevering wordt minder elektriciteit geproduceerd. Dit wordt verrekend in de variabele kosten met een factor van 0,25 MW<sub>e</sub> elektriciteitsderving bij levering van 1 MW<sub>th</sub> warmte, zie ook **Tabel 27**.

**Tabel 27:** Technisch-economische parameters warmtebenutting bij bestaande projecten

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th,input</sub> ]	20	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		1:4	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th,output</sub> ]	250	€ 5,0 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th,output</sub> ]	3	€ 60 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	4,30	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijs	[€/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijsoplag	[€/ton]	n.v.t.	

Omdat AVI's niet in alle gevallen representatief zijn voor warmtebenutting bij bestaande projecten zijn twee andere situaties onderzocht: uitbreiding van warmtelevering bij bestaande mestcovergisting en warmtebenutting bij compostering.

### Warmtebenutting bij bestaande agrarische vergistingsinstallaties

Het te adviseren basisbedrag heeft betrekking op de uitbreiding van een bestaande installatie. Het merendeel van de installaties die hiervoor in aanmerking komen, bestaat uit mestcovergistingsinstallaties. Bestaande agrarische vergisters, zoals vergisters op mais die geen mest gebruiken, kennen echter eenzelfde kostenstructuur. Als referentie-installatie is daarom een bestaande mestcovergistingsinstallatie op eigen erf genomen. Anders dan bij een nieuwe installatie heeft de initiatiefnemer bij een bestaande installatie geen keuze uit meerdere locaties. Een bestaande vergister zal zich daarom moeten beperken tot de warmtevraag in de nabije omgeving. Het meest voor de hand liggend daarbij is de latente warmtevraag voor digestaatdroging op eigen erf.

Het biogas uit de vergistingstank wordt benut in een gasmotor voor elektriciteitsopwekking. Als uitgangspunt van de berekening wordt aangenomen dat de installatie tot medio 2017 een MEP-vergoeding ontvangt. De installatie kan uitgebreid zijn met een tweede gasmotor waarvoor een SDE-beschikking is toegekend. Aangenomen wordt dat deze uitbreiding geen gevolgen heeft voor de kosten van warmtebenutting. De kosten die betrekking hebben op de aanvoer van mest en cosubstraat en afvoer van digestaat worden afgedekt via de MEP-vergoeding. Extra warmtebenutting leidt niet tot een verandering in deze biomassastromen. Aangenomen wordt daarom dat de biomassa-kosten geen gevolgen hebben voor de kosten van warmtebenutting. De schaalgrootte van huidige covergistingsinstallaties varieert aanzienlijk, waarbij de kleinste een elektrisch vermogen hebben van minder dan  $50 \text{ kW}_e$ , terwijl dat van de grootste meer dan  $5 \text{ MW}_e$  is. Een kleine meerderheid van de installaties heeft evenwel een vermogen tussen 300 en  $700 \text{ kW}_e$  of rond  $1,1 \text{ MW}_e$ . Ruim 80% van de (OV)MEP<sup>4</sup>-installaties heeft een vermogen dat gelijk is aan of groter dan  $350 \text{ kW}_e$ . Voor de berekening is daarom een installatie doorgerekend van  $350 \text{ kW}_e$ . De mogelijke warmtebenutting bij deze installaties bedraagt  $350 \text{ kW}_{th}$ .

In de berekening van het basisbedrag wordt uitgegaan van 4000 vollasturen aan extra warmtelevering. De extra warmtebenutting vereist een investering in een rookgas-coeler (inclusief civiele werken), warmtewisselaars (inclusief aansluitkosten), een warmteleiding en bijkomende bouwkosten. De investeringskosten zijn geraamd op  $240 \text{ €/kW}_{th}$ . De jaarlijkse O&M-kosten zijn bepaald op  $55 \text{ €/kW}_{th}$ . De technisch-economische parameters zijn opgenomen in **Tabel 28**.

Bestaande agrarische vergisters, zoals vergisters op mais die geen mest gebruiken, kennen echter eenzelfde kostenstructuur.

<sup>4</sup> MEP: Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie. OVMEP: overgangsregeling MEP.

**Tabel 28:** Technisch-economische parameters warmtebenutting bij bestaande agrarische vergisters

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[kW <sub>th_input</sub> ]	350	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	240	€ 84 duizend
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	55	€ 19 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4	
Brandstofprijs	[€/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijsoslag	[€/ton]	n.v.t.	

De berekening is gebaseerd op een SDE+-duur van vijf jaar. Ook de duur van de lening en de afschrijvingstermijn is hierop aangepast voor de berekening van het basisbedrag.

### 4.9.3 Warmtebenutting bij compostering

Bij composteringsprocessen ontstaat broeiwarmte. Een gedeelte daarvan is nodig voor het op temperatuur houden van het proces. Het resterende deel is overtollig en beschikbaar voor nuttige toepassing. Daarvoor is het nodig om een warmtewisselaar te plaatsen in het bestaande luchtafvoersysteem. Ook worden kosten gemaakt voor pompen en voor een leiding met een aangenomen lengte van 1,5 kilometer voor warmtetransport. De investering voor uitgekoppeld warmtevermogen is 450 €/kW<sub>th</sub>. Zie voor deze en overige parameters **Tabel 29**. De resulterende productiekosten bedragen 4,6 €/GJ bij 7000 vollasturen.

Warmtebenutting uit compostering is rendabel, tenzij er grote investeringen gedaan moeten worden om laagwaardige warmte te benutten.

De toepassing van warmte uit compostering wordt bemoeilijkt door het feit dat het laagwaardige warmte is. Hierdoor zijn de toepassingsmogelijkheden gering of zijn aanvullende investeringen in de warmtebenutting noodzakelijk. Als referentie is een installatie gekozen die voor 7000 vollasturen laagwaardige warmte afzet bij een afnemer die reeds laagwaardige warmte benut. In die omstandigheid, dus mits de warmteafnemer zelf geen grote investeringen hoeft te doen om de laagwaardige warmte te benutten, is warmtebenutting uit compostering in het merendeel van de projecten rendabel.

**Tabel 29:** Technisch-economische parameters warmtebenutting bij compostering (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	2,0	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	450	€ 900 duizend
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	45	€ 90 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijs	[€/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijsoslag	[€/ton]	n.v.t.	



## 4.9.4 Verlengde levensduur vergisting

De categorie van verlengde levensduur van vergisting heeft betrekking op vergistingsinstallaties waarvan de MEP-beschikking is afgelopen. Er is gerekend met een warmteafzet van 4000 vollasturen, gelijk aan de warmteafzet bij nieuwe WKK-projecten. In de consultatieronde is extra aandacht gevraagd voor de renovatiekosten van een vergister. Met het oog op de aangenomen levensduur van 12 jaar hebben ECN en DNV KEMA gerekend met grootschalig onderhoud aan de vergistingsinstallatie, waaronder het vervangen van mixers, gasdak en WKK-motor. Deze kosten zijn verdisconteerd in de O&M-kosten. Door vervanging van de gasmotor neemt het elektrisch rendement toe. Het nettorendement van een gerenoveerde vergister is lager dan van een nieuwbouwinstallatie, gezien de kleinere schaal van de MEP-vergisters.

**Tabel 30:** Technisch-economische parameters verlengde levensduur vergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2014 (allesvergisting)	Advies 2014 (mestco- vergisting)	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	2,2	2,2	
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	0,8	0,8	
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	0,9	0,9	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	4000	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	37%	37%	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	0	0	-
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	158	158	€ 0,34 mln
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	0	-	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-	-	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4	3,4	
Brandstofprijs	[€/ton]	25,0	32,1	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	n.v.t.	0,5	

Vergistingsinstallaties kunnen er ook voor kiezen om niet de gasmotor te vervangen, maar om de installatie aan te sluiten op een groengashub, zodat niet langer elektriciteit maar groen gas geproduceerd wordt. In **Tabel 31** staan de technisch-economische parameters van productie ten behoeve van een groengas- of warmtehub gebaseerd op bestaande alles- en mestcovergisters. Voor het verlengen van de levensduur zijn, analoog aan de WKK-optie, de kosten voor renovatie (exclusief de WKK-vervanging) meegenomen in de O&M-kosten.

**Tabel 31:** Technisch-economische parameters verlengde levensduur vergisting (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies 2014 (alles vergisting warmte)	Advies 2014 (alles vergisting groen gas)	Advies 2014 (mestco- vergisting warmte)	Advies 2014 (mestco- vergisting groen gas)
Referentie grootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	370	370	370	370
Vollasturen	[h/a]	7000	8000	7000	8000
Interne warmtevraag	[% biogas]	5%	5%	5%	5%
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,12	0,12	0,12	0,12
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	0,10	0,10	0,10
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	-	-	-	-
Investeringskosten (beperkte gasreiniging/ gasdroging)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	385	385	385	385
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	-	-	-	-
Vaste O&M-kosten (beperkte gasreiniging/ gasdroging)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	38	38	38	38
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3	3	3	3
Grondstofkosten	[€/ton]	25	25	32	32
Grondstofprijsoverlag	[€/ton]	n.v.t.	n.v.t.	1	1
Rendement gaszuivering	[% methaan]	100,0%	100,0%	99,9%	99,9%
Productiekosten ruw biogas	[€ct/Nm <sup>3</sup> ]/ [€/GJ]	42,5 / 13,4	40,7 / 12,9	50,6 / 16	48,8 / 15,4
Basisbedrag via warmtehub (1,1 €/GJ hub en 90,0% rendement)	[€/GJ]	16,0		18,8	
Basisbedrag via groengashub (16,7 €/GJ hub en 89,9% rendement)	[€ct/Nm <sup>3</sup> ]		61,9		71,0

## 4.9.5 Verlengde levensduur verbranding

De categorie voor verlengde levensduur van verbrandingsinstallaties heeft betrekking op projecten waarvan de MEP-subsidie is beëindigd, met uitzondering van biomassa-meestookprojecten. Nieuwe projecten in deze categorie zullen de komende jaren bestaan uit BEC's die op sloophout draaien en installaties op schoon hout. Voor de verlengde levensduur worden geen renovatiekosten of andere investeringskosten meegenomen in de berekening. Er wordt aangenomen dat de installatie operationeel blijft zolang de variabele kosten lager zijn dan inkomsten. Langjarige brandstofcontracten hoeven daarom niet noodzakelijkerwijs te worden afgesloten, waardoor een brandstofprijsoverlag niet van toepassing is. Uit nagezonden informatie volgt, dat een referentie-installatie getypeerd kan worden als een verlengde levensduur voor een BEC. Dit is een wijziging ten opzichte van de referentie-installatie die in het conceptadvies gebruikt is. ECN en DNV KEMA achten nadere consultatie met de markt wenselijk, om

tot een advies voor een basisbedrag in deze categorie te komen. Het advies voor het basisbedrag van deze categorie zal in een afzonderlijke notitie worden opgesteld.

## 4.10 Waterkracht nieuw

Het verval van rivieren in de Nederlandse delta is gering. Toch zijn bestaande kunstwerken in rivieren geschikt om voldoende valhoogte te creëren die benut kan worden in waterkrachtcentrales. In de praktijk varieert deze doorgaans van drie tot zes meter, maar hij kan oplopen tot elf meter in uitzonderlijke situaties. De mogelijke projecten binnen de categorie waterkracht kennen een grote spreiding in investeringskosten en bijhorende basisbedragen. Daarom zijn de basisbedragen in dit advies gebaseerd op specifieke projecten waarbij het realisatiepotentieel en de kosten bepalend zijn geweest voor selectie.

Voor de categorie waterkracht nieuw is de referentie-installatie vastgesteld op een valhoogte van minder dan vijf meter. In eerdere jaren kende de SDE-categorieën voor waterkracht met een valhoogte van minder dan vijf meter en met een valhoogte van ten minste vijf meter. Voor dit advies is een nieuwe inventarisatie gemaakt van projecten die momenteel in voorbereiding zijn. Bij de bepaling van de referentie-installatie zijn de projecten die de grootste kans hebben om SDE aan te vragen in 2014 meegenomen. Dit heeft ertoe geleid dat in vergelijking met ons advies voor 2013 de referentie-installatie voor waterkracht is aangepast. Het basisbedrag dat op grond van de nieuwe referentie is bepaald, ligt boven de 15 €/kWh.

Projecten met een valhoogte groter dan vijf meter beperken zich tot gemalen bij sluizen. De gecombineerde functionaliteit van waterbeheer en energieproductie maakt dat als het project wordt gerealiseerd, het in handen komt van Rijkswaterstaat of een waterschap. Er is geen project geïdentificeerd dat op korte termijn in aanmerking kan komen voor SDE in de categorie waterkracht met valhoogte groter dan vijf meter.

De technisch-economische parameters van de referentie-installatie voor waterkracht is samengevat in **Tabel 32**.

**Tabel 32:** Technisch-economische parameters waterkracht nieuw

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	1,0	
Vollasturen	[h/a]	5700	
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	8150	€ 8,2 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	100	€ 100 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	-	

## 4.11 Waterkracht renovatie

Als onderdeel van het “Programma Rijkswateren 2010 – 2015” worden de voor vissterfte geldende normen voor bestaande waterkrachtcentrales aangescherpt. Dit heeft tot gevolg dat visbeschermende maatregelen moeten worden doorgevoerd. Voor de referentie-installatie van de categorie waterkrachtrenovatie wordt vervanging van de bestaande turbines door een visvriendelijke variant beschouwd. De parameters in deze categorie zijn ten opzichte van het advies 2013 ongewijzigd.

De belangrijkste wet- en regelgeving omtrent vissterfte bij kunstwerken wordt gevormd door de Europese kaderrichtlijn water uit 2000, de in 2009 herziene Beneluxbeschikking vrije vismigratie en de Europese aalverordening. Het “Programma Rijkswateren 2010-2015” bevat een uitwerking van hiervan voor Nederland voor de wateren die onder beheer zijn van Rijkswaterstaat. Als onderdeel van de beheer- en ontwikkelplannen gaan voor een aantal bestaande waterkrachtcentrales strengere eisen gelden met betrekking tot vissterfte. Om invulling te geven aan deze eisen zullen de bestaande waterkrachtcentrales moeten worden aangepast. De inpassing van een innovatieve visvriendelijke turbine lijkt vooralsnog de voornaamste manier om aan de strengere eisen op het gebied van vissterfte te voldoen.

Voor de categorie waterkrachtrenovatie is een referentie-installatie gedefinieerd waarvan de bestaande turbines vervangen worden door visvriendelijke turbines. Het is zeer waarschijnlijk dat bij een dergelijke renovatie ook (een deel van) de elektrische infrastructuur, zoals de generator, transformatoren en bediening moeten worden aangepast. Er wordt aangenomen dat de benodigde aanpassingen aan de civiele werken (de kunstwerken) nihil zijn. In **Tabel 33** zijn de technisch-economische parameters voor de categorie waterkracht-renovatie opgenomen.

**Tabel 33:** Technisch-economische parameters visvriendelijke renovatie van waterkracht

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	1,0	
Vollasturen	[h/a]	4300	
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	1600	€ 1,6 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	80	€ 80 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	-	

## 4.12 Energie uit vrije stroming

De parameters voor deze techniek zijn niet veranderd ten opzichte van het advies uit eerdere jaren. Dat advies was voornamelijk gebaseerd op inshore vrijegetijdenstromingsenergie: projecten die gerealiseerd worden in of nabij kunstwerken zoals zeekeringen of halfdoorlatende dammen die gebruik maken van de aanwezige getijdenwerking. Bij de Oosterscheldekering zijn twee vergunningen afgegeven voor de

benutting van getijdenenergie uit vrije stroming. Deze projecten staan gepland voor realisatie in 2014 en zullen elektriciteit leveren aan het elektriciteitsnet. Verder is er voor tenminste twee andere locaties een vergunning aangevraagd voor demonstratieprojecten. Op de korte termijn wordt verwacht dat contracten afgesloten worden voor 25 MW aan turbines voor projecten buiten Nederland. Dit zal mogelijk leiden tot prijsdalingen voor volgende series van installaties in Nederland. In **Tabel 34** staan de gebruikte technisch-economische parameters voor energie uit vrije stroming.

**Tabel 34:** Technisch-economische parameters energie uit vrije stroming

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	1,5	
Vollasturen	[h/a]	2800	
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	5100	€ 7,7 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	155	€ 233 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	-	

## 4.13 Osmose

Uit het potentiaalverschil tussen zoet en zout water kan energie (elektriciteit dan wel arbeid) worden opgewekt. De twee varianten van osmose-energie die in het onderzoek- en ontwikkelingsstadium zijn, zijn PRO (naar het Engelse *pressure retarded osmosis*) en omgekeerde elektrolyse (RED). In 2013 is begonnen met een kleine pilot-installatie van het RED-type bij de Afsluitdijk. De referentie-installatie en de daarop gebaseerde technisch-economische parameters voor osmose-energie zijn ongewijzigd ten opzichte van vorig jaar, zie **Tabel 35**.

**Tabel 35:** Technisch-economische parameters osmose

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	1,0	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	36000	€ 36 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	130	€ 130 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	-	

## 4.14 Windenergie op land

### 4.14.1 Categorieën windenergie

In opdracht van het ministerie van Economische Zaken is dezelfde categorie-indeling aangehouden voor windenergie op land<sup>5</sup>, met onderscheid in wind op land, wind op land met turbines met ten minste 6 MW en wind in meer.

In de categorie wind op land is advies gevraagd over een kosteneffectieve ondersteuning die volgens de SDE-regeling plaatsvindt via de vrije categorie. Daarbij ligt het basisbedrag vast en berekent het advies het bijbehorende aantal vollasturen waarover subsidie wordt verleend om een adequate ondersteuning te bieden. Voor de SDE+ 2014 is dit jaar de keuze gemaakt om de genoemde categorieën te koppelen aan de windsnelheden zoals weergegeven in **Tabel 36**.

**Tabel 36:** Onderverdeling categorieën windenergie en bijbehorende windsnelheden

Categorie	Onderverdeling	Windsnelheid op 100 meter [m/s]
Wind op land	Fase I	8,0
Wind op land	Fase II	7,5
Wind op land	Fase III	7,0
Wind op land $\geq$ 6MW	-	8,0
Wind in meer	-	8,0

### 4.14.2 Uitgangspunten en rekenmethode

Voor de berekeningen van de SDE+2014 voor windenergie zijn verschillende uitgangspunten gehanteerd en aannames gedaan. De hieruit resulterende technisch-economische parameters staan in **Tabel 37**. De verschillende parameters worden in de onderstaande tekst nader toegelicht.

#### **Algemene uitgangspunten**

Voor de berekeningen wordt uitgegaan van een gemiddeld windpark van 15 MW bij de drie windsnelheidscategorieën. Voor de categorie  $\geq$  6 MW wordt gerekend met een parkgrootte van 60 MW en voor wind in meer met een parkgrootte van 150 MW.

<sup>5</sup> Voor de SDE+2013 werd deze onderverdeling gehanteerd om uitvoering te kunnen geven aan de moties Van der Werf (Kamerstuk 33 000 XIII, nr. 68) en Van Tongeren (Kamerstukken 29023, nr. 128).

**Tabel 37:** Technisch-economische parameters voor de verschillende wind categorieën

Parameter	Eenheid	Wind op land	Wind op land ≥ 6 MW	Wind in meer
Installatiegrootte	[MW]	15	60	150
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	1350	1800	2500
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	15,3	15,3	15,3
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0148	0,0148	0,0218

### CAPEX: turbineprijzen en meerkosten

Om tot de basisbedragen voor de categorieën voor windenergie op land te komen, worden verschillende windturbintypes met bijbehorende investeringen gebruikt (inclusief kosten voor transport, opbouw en kraan). Voor 2014 zijn prijslijsten ontvangen van vijf turbinefabrikanten. Het aantal turbines dat in de berekeningen is meegenomen ligt hoger dan in de SDE+2013. Op basis van de verkregen gegevens is geconstateerd dat de trend van 5-10% prijsdaling in 2013 zich voor komend jaar niet doorzet, maar zich beperkt tot een lichtere prijsdaling.

Bovenop de turbineprijs komen extra kosten voor fundering (inclusief heipalen), elektrische infrastructuur in het park, netaansluiting, civiele infrastructuur, grondverwerkingskosten, bouwrente en CAR-verzekering tijdens de bouw. Dit jaar is een lichte stijging in de netaansluitingskosten geconstateerd. Het percentage meerkosten is hiermee dit jaar gesteld op 33% van de turbinekosten.

### OPEX: variabele en vaste operationele kosten

De variabele kosten bestaan uit garantie- en onderhoudscontracten en liggen op ongeveer 1,0 €ct/kWh. Voor de categorie wind in meer is gerekend met variabele O&M-kosten van 1,7 €ct/kWh. Voor alle categorieën komen daar bovenop de grondkosten. In de afgelopen jaren hebben ECN en DNV KEMA de RVOB-waarde voor grondkosten als leidend in de markt beschouwd. Deze bedroeg nominaal 0,53 €ct/kWh. Op aangeven van het ministerie van Economische Zaken zijn de basisbedragen voor 2014 berekend op basis van een verlaging van de grondkosten met 10%: 0,48 €ct/kWh.

Voor de vaste jaarlijkse kosten is gerekend met een bedrag van 15,3 €/kW voor WA-verzekering, machinebreukverzekering, stilstandverzekering, netinstandhoudingskosten, eigenverbruik, OZB, beheer en land- en wegenonderhoud. Deze vaste kosten zijn ten opzichte van vorig jaar gelijk gehouden. Verder wordt voor de totale onderhoudskosten, exclusief grondkosten, gerekend met een inflatie van 2% per jaar.

### Overige kosten

Bijkomende kosten van windprojecten, zoals (niet bij wet geregelde) afdrachten aan decentrale overheden, kosten voor participatie van omwonenden, kosten ten gevolge van het voorbereidingstraject en kosten ten gevolge van juridische procedures, worden door ECN en DNV KEMA niet meegewogen in de berekening van de productiekosten. Deze bijkomende kosten – evenals incidentele voordelen – zijn niet generiek van aard en mogen daarom conform de onderzoeksopdracht niet als subsidiabele kosten (of baten) door ECN en DNV KEMA gehonoreerd worden. Deze kosten worden geacht uit het financiële rendement op eigen vermogen terugverdiend te kunnen worden.

De prijzen zullen langzamer dalen dan in 2013.

Op aangeven van het Ministerie is gerekend met 10% lagere grondkosten, ofwel 0,48 €/kWh nominaal.

### Baten: opbrengsten turbines

Het basisbedrag is tot stand gekomen door bovengenoemde kosten te combineren met de energieopbrengst van windturbines. Deze opbrengsten worden in grote mate bepaald door het windaanbod en de vermogenskromme van de windturbines. De energieopbrengst is voor alle afzonderlijke turbines berekend met behulp van de specifieke vermogenskromme per windturbine bij de jaargemiddelde windsnelheden uit Tabel 36. In het model wordt de windsnelheid uit de tabel (op een hoogte van 100 meter) gecorrigeerd voor de daadwerkelijke ashoogte van de betreffende turbine. Daarnaast wordt in het model alleen gerekend met de turbines die volgens IEC-classificering ook daadwerkelijk bij de betreffende windsnelheid geplaatst mogen worden. Evenals vorig jaar wordt in het model tevens rekening gehouden met 10% opbrengstverlies, veroorzaakt door zogverliezen, niet-beschikbaarheid en elektrische verliezen.

Het basisbedrag is in combinatie met de bijbehorende vollasturen zo berekend dat het voldoende is voor 40% van de windturbines die op de markt beschikbaar zijn en passen bij de betreffende locatie.

## 4.14.3 Overzicht basisbedragen windenergie

De resulterende basisbedragen en bijbehorende vollasturen staan in **Tabel 38**. Voor de categorie wind op land  $\geq 6$  MW is in opdracht van het ministerie van Economische Zaken ook het bijbehorende aantal vollasturen berekend bij een gekozen basisbedrag van 8,0 en 9,0 €/ct/kWh, respectievelijk aangeduid met fase II en fase III.

**Tabel 38:** Basisbedragen voor wind op land en wind in meer op grond van de bestaande categorieën binnen de SDE+

Categorie	Vollasturen [h/a]	Basisbedrag [€/ct/kWh]
Wind op land, fase I	3500	7,0
Wind op land, fase II	2850	8,0
Wind op land, fase III	2450	9,0
Wind op land $\geq 6$ MW, fase II	3700	8,0
Wind op land $\geq 6$ MW, fase III	3150	9,0
Wind op land $\geq 6$ MW, fase IV	2900	9,7
Wind in meer	3200	12,3



## 4.15 Windenergie op zee

Het basisbedrag voor wind op zee voor parken buiten of rond de 12 mijlszone ligt boven de 15 €/kWh. De productiekosten voor wind op zee hangen sterk af van de locatie en zijn berekend onder de aanname van een individuele aansluiting op net voor rekening van de projectontwikkelaar.

De technisch-economische parameters voor wind op zee zijn weergegeven in **Tabel 39**.

**Tabel 39:** Technisch-economische parameters wind op zee rond of net buiten de 12-mijlszone

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	300	
Vollasturen	[h/a]	3750	
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	3500	€ 1,05 miljard
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	100	€ 30 miljoen/jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	-	

## 4.16 Diepe geothermie



### 4.16.1 Inleiding

Het Ministerie van Economische Zaken heeft ECN, DNV KEMA en TNO gevraagd na te gaan in hoeverre grote geothermieprojecten tot stand kunnen komen op basis van bestaande categorieën geothermische warmte. De eerste vraag daarbij is hoe een groot projectvermogen tot stand kan komen. Een groter vermogen kan op diverse manieren bereikt worden, te weten door verhoogde temperatuur en door verhoogde debieten. Bij een verhoogde temperatuur is voornamelijk de diepte maatgevend, terwijl een verhoogd brondebiet ook verkregen kan worden door een grotere boordiameter of verhoogde pompdruk. Daarnaast zijn uiteraard ook lokale geologische factoren, zoals de doorlaatbaarheid en dikte van de aangeboorde laag, van belang.

ECN, DNV KEMA en TNO hebben voor het SDE+2014-advies voor geothermie niet alleen gekeken naar projecten met grotere vermogens, maar ook is de bestaande categorie-indeling voor geothermie in de SDE+ 2013 nader tegen het licht gehouden op basis van recente ervaring met geothermische energie.

## 4.16.2 Grote projecten in de SDE+-regeling

In 2013 zijn maximumvermogens ingevoerd voor geothermische warmte, die overreservering van SDE+-middelen kunnen voorkomen. Deze vermogens zijn gekoppeld aan het niveau van het referentieproject: 12,4 MW<sub>th</sub> bij de categorie tot 2700 meter boordiepte en 18,0 MW<sub>th</sub> bij minimaal 2700 meter boordiepte. De vraag van het ministerie was in welke mate grotere projecten (met een hoger vermogen) gehinderd worden door dit maximaal subsidiabele vermogen.

ECN, DNV KEMA en TNO hebben niet kunnen aantonen dat grote projecten gehinderd zijn door de maximumvermogens in de SDE+.

Het is op basis van de beschikbare informatie over ingediende projecten in 2012 en 2013 niet uit te sluiten dat ontwikkelaars oorspronkelijke plannen voor grote projectvermogens hebben aangepast tot plannen met vermogens die passen bij het maximum subsidiabel vermogen of dat een project in twee delen wordt ingediend. De vermogensaftopping kan verschillende gevolgen hebben. Een mogelijk gevolg is dat initiatiefnemers die een project willen ontwikkelen met een vermogen dat uitgaat boven het maximum vermogen, kunnen worden afgeschrikt van het indienen van een subsidieverzoek, omdat de business case negatief wordt beïnvloed door de aftopping. Een ander mogelijk gevolg is dat innovatieve technologieën en optimale duurzame warmteproductie geremd worden door de aftopping, wanneer de meeropbrengst, die ontstaat door toepassing van innovatie of energieoptimalisatie, buiten het gesubsidieerde vermogen valt.

Geen van deze gevolgen hebben ECN, DNV KEMA en TNO in de praktijk kunnen aantonen.

Daarnaast kunnen initiatiefnemers weliswaar niet meer vermogen aanvragen dan het maximum, maar dat vermogen kan nog steeds een weinig realistisch hoog vermogen zijn. Hierdoor ontstaat, ondanks de vermogensaftopping, nog steeds een kans op overreservering. Dit zou het gevolg kunnen zijn van te gunstig ingeschatte geologische parameters. Een geologische audit lijkt derhalve gewenst.

Het vermogen van een geothermisch doublet is hier gedefinieerd als:

$$Vermogen[MW_{th}] = (T_{productie}[^{\circ}C] - T_{injectie}[^{\circ}C]) \cdot C_{p,water} \left[ \frac{kJ}{kg \cdot K} \right] \cdot \frac{Debiet[m^3/h]}{3600}$$

Dit betekent dat er twee opties zijn om een groter vermogen te realiseren, namelijk via een groter temperatuurverschil ( $T$ ) (grotere diepte of verdere uitkoeling) en via hoger debiet (grotere boordiameter of hogere pompdruk).<sup>6</sup>

Indien voor het bereiken van een groter vermogen een diepere boring wordt toegepast, dan blijkt dat de verminderde permeabiliteit, of doorlatendheid, van de bodem op grotere diepte ervoor zorgt dat het verwachte vermogen eerder af- dan toeneemt bij dieptes groter dan ongeveer 3000 – 3500 m. Hierbij is het creëren van een kunstmatig reservoir<sup>7</sup>, waarbij grote kunstmatige breuken de productie- en injectieput direct met

<sup>6</sup> Cstaat voor de energie-inhoud.

<sup>7</sup> Het gebruik van een kunstmatig reservoir wordt wel aangeduid als EGS of *Engineered Geothermal System*.

elkaar verbinden door middel van grondstimulering<sup>8</sup>, buiten beschouwing gelaten. Deze technologie wordt op dit moment voor deze toepassing nog niet als commercieel gezien in Nederland. Ook de aanwezigheid van natuurlijke breuken zijn niet meegenomen omdat deze zeer lokaal zijn en lastig te voorspellen.

Er zijn op basis van deze studie drie typen grote projecten (referentiecasses) geïdentificeerd die nu of op korte termijn commercieel haalbaar kunnen zijn:

- Een doublet met een grote boordiameter op 2300m diepte
- Een doublet met een grote boordiameter op 3000m diepte
- Een doublet op 3500m diepte inclusief horizontaal boren of grondstimulering.

Alle doorgerekende referentiecasses voor geothermische warmte worden weergegeven in onderstaande **Tabel 40**. De eerste referentiecasse is vergelijkbaar met een groot deel van de huidige projecten voor geothermische warmte in Nederland. Referentiecasse 2 is gebaseerd op case 1, maar kent een groter vermogen doordat met een hoger debiet is gerekend. Dit hogere debiet wordt voor deze case bereikt door een grotere buisdiameter toe te passen, gecombineerd met een aangepaste pompdruk. Naast het bronvermogen stijgen hierdoor onder andere ook de boor-, put- en exploitatiekosten. De derde referentiecasse sluit aan bij het eindadvies voor SDE+ 2013 en gaat uit van een boordiepte van 3000 meter. De vierde referentiecasse is een combinatie van een grotere boordiameter (met bijbehorende groter debiet) en een grotere productiediepte (3000 meter). De vijfde referentiecasse boort naar een aquiferdiepte waarin de permeabiliteit nog hoog genoeg is (3500 meter). Deze boring heeft een redelijk grote boordiameter en de boring is behoorlijk schuin (in de orde van 65°) of vormt een combinatie van het boren onder een hoek met een lichte putstimulatie. Referentiecasse 6 gaat er van uit dat horizontaal boren of grondstimulering toegepast wordt zodat een zo groot mogelijk debiet behaald kan worden.

**Tabel 40:** Overzicht referentiecasses geothermische warmte SDE+ 2014

Referentie	Boordiepte	Casing diameter*	Reservoir temperatuur	Debiet	Vermogen
1)	2300 m	5½"	79 °C	150 m <sup>3</sup> /h	7 MW <sub>th</sub>
2)	2300 m	8¾"	79 °C	325 m <sup>3</sup> /h	14 MW <sub>th</sub>
3)	3000 m	5½"	100 °C	160 m <sup>3</sup> /h	11 MW <sub>th</sub>
4)	3000 m	8¾"	100 °C	300 m <sup>3</sup> /h	20 MW <sub>th</sub>
5)	3500 m	7¾"	127 °C	140 m <sup>3</sup> /h	14 MW <sub>th</sub>
6)	3500 m	7¾"***	127 °C	200 m <sup>3</sup> /h	20 MW <sub>th</sub>

Noten bij deze tabel:

\* Casing diameter refereert aan de buitendiameter (in inches) van de casing of liner, ter plaatse van het geothermisch reservoir.

\*\* Horizontaal boren of grondstimulering toegepast om het debiet te verhogen.

<sup>8</sup> Dit rapport gebruikt de term grondstimulering. Het wordt ook wel met *fracking* of *fraccing* aangeduid, dat een verkorting is van *hydraulic fracturing* of hydraulisch verbreken.

### 4.16.3 Advies voor geothermiecategorieën

Bij bestudering van de (voorlopige) resultaten van de SDE+ in 2012 en 2013, en de beschrijving van de verscheidene referentiecasses blijkt dat het vermogen van geothermische warmteprojecten een grote spreiding vertoont. Ook heeft het verwachte vermogen geen eenduidige relatie met de boordiepte. Om het grotere vermogen te kunnen gebruiken zijn grotere investeringen nodig in een warmtetransportleiding, aangezien het vermogen niet op één locatie nuttig is in te zetten. Om dit grote vermogen te kunnen produceren zijn grotere investeringen in de putten nodig, omdat een grotere boordiameter noodzakelijk is. Dit resulteert in hogere boorkosten om de volgende redenen:

- Grotere boortorens zijn schaarser en meer vraag drijft de prijs op.
- Het boren van putten met grotere diameters kost meer energie, materiaal en tijd.
- Meer gedeveerd (schuin) boren is nodig voor een voldoende lange doorbraaktijd van de bron: grotere boorafstand bij dezelfde diepte.
- Grotere boortorens hebben hogere dagkosten.
- Grotere diameters leiden tot hogere kosten voor veiligheidsmaatregelen.
- Toename in boorrisico's en daardoor hogere verzekeringspremies.

Dit resulteert erin dat over de gehele linie gezien geothermische projecten op de diepte van 1500 meter tot circa 3000 meter meer overeenkomsten dan verschillen vertonen, zeker wat betreft het basisbedrag. Dit is met de aanname dat er geen maximumvermogen wordt opgelegd aan de verschillende projecten.

#### **Categorie geothermische lagetemperatuurwarmte**

ECN, DNV KEMA en TNO adviseren een categorie geothermische lagetemperatuurwarmte, indien geschikt voor de toepassing. Hiermee wordt bedoeld op toepassingen met een warmtevraag met een temperatuur van ca. 70°C tot 100°C, zoals glastuinbouw of eventueel lagetemperatuurstadsverwarming voor nieuwbouw. De volgende kenmerken zijn voor geothermische lagetemperatuurwarmte van belang:

- Een relatief kleine boordiepte (1500 meter tot 3000 meter) met een temperaturniveau tot ongeveer 100°C.
- Gelijkijdige warmtelevering aan meerdere glastuinbouwbedrijven.
- Een referentiesysteem met 6000 vollasturen.

Met deze parameters zijn grote projectvermogens (>20 MW) mogelijk als putten met grote boordiameter worden geboord, maar ook projecten met lagere vermogens zijn mogelijk door putten met een kleinere diameter te boren met bijbehorende lagere investeringskosten.

#### **Categorie geothermische hogetemperatuurwarmte**

Voor geothermische hogetemperatuurwarmte adviseren ECN, DNV KEMA en TNO een tweede categorie. Bij geothermische hogetemperatuurwarmte wordt bedoeld op een temperatuur van meer dan 120°C. Een dergelijk temperaturniveau past goed bij bestaande stadsverwarming of een mix van stadsverwarming en glastuinbouw. Door de hogere kosten voor een diepe boring is aangenomen dat hogetemperatuurprojecten enkel op locaties met minimaal een temperatuurgradiënt van 33,5°C/km (gemiddeld

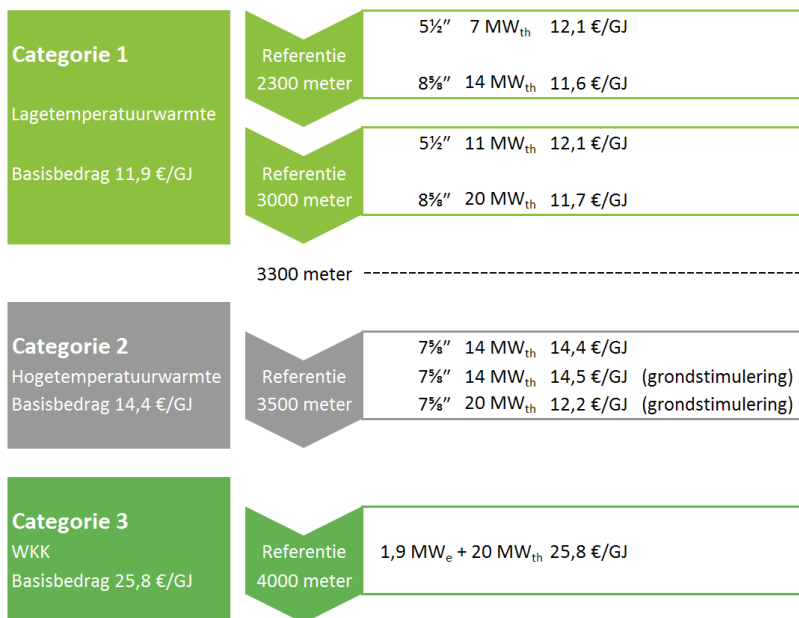
voor Nederland) worden uitgevoerd. De volgende kenmerken zijn voor geothermische hogetemperatuurwarmte van belang:

- Een relatief grote boordiepte (referentie 3500 meter) met temperatuurniveau van meer dan 120°C.
- Warmtelevering aan een mix van stadsverwarming en glastuinbouw.
- Een relatief hoog aantal vollasturen van 7000 uur/jaar of meer.
- Horizontaal boren met grondstimulering is in meer of minder mate benodigd.

De scheiding tussen de twee geothermische warmtecategorieën moet eenduidig, meetbaar en voorafgaand aan het project bekend zijn. Er is daarom gekozen voor een grens op 3300 meter boordiepte voor productie- en injectieput. Eigenschappen als temperatuur, debiet, vermogen en investeringskosten zijn niet van tevoren (volledig) bekend en vormen daardoor geen goede basis voor verschillende categorieën geothermische warmte. Deze onderverdeling is weergegeven in onderstaande **Figuur 3**. In de volgende paragrafen worden de technisch-economische parameters voor deze categorieën en de bijbehorende basisbedragen verder toegelicht.

De scheiding tussen de categorieën voor lage- en hogetemperatuur kan pragmatisch gelegd worden bij 3300 meter boordiepte.

**Figuur 3:** Voorstel voor onderverdeling categorieën geothermische warmte en WKK SDE+ 2014



De derde categorie, 'geothermische warmtekracht', is van toepassing op geothermische projecten die naast warmte ook een significant aandeel elektriciteit produceren.

### Maximaal subsidiabel vermogen of jaarlijkse warmteproductie

Indien de subsidiabele productie per installatie voor de categorie lagetemperatuurwarmte, met een boordiepte van minder dan 3300 meter, wordt gemaximeerd, dan adviseren ECN, DNV KEMA en TNO om voor deze categorie de maximale subsidiabele jaarproductie te stellen op 432.000 GJ, wat overeenkomt met 20 MW<sub>th</sub> bij 6000 vollasturen. Een lagere maximale subsidiabele warmteproductie kan de ontwikkeling van grote geothermische projecten in Nederland negatief beïnvloeden.

Voor de categorie hogetemperatuurwarmte, met een boordiepte van meer dan 3300 meter, is het lastiger om een grens te stellen die de ontwikkeling van nieuwe projecten zo min mogelijk negatief beïnvloedt. Op basis van de nu beschikbare informatie over de ondergrond kan in het algemeen gesteld worden dat het verwachte vermogen bij grotere diepte zal dalen voor conventionele geothermie (waarbij gebruik gemaakt wordt van waterdoorlatende lagen). De referentiecasse met slechts beperkte putstimulatie op 3500 m diepte geeft een vermogen van ca. 14 MW<sub>th</sub>. Indien voor dergelijke projecten alternatieve putconfiguraties worden toegepast, zoals lange horizontale secties door de aquifer of putstimulatie door middel van grondstimulering, dan kan het vermogen van het doublet worden verhoogd. Dit vergt wel extra investeringen. In een gunstig scenario is dat voor de referentie-installatie een verhoging tot circa 20 MW<sub>th</sub>. Bovengenoemde vermogens zijn gebaseerd op conventionele geothermie. Ontwikkelingen en innovaties kunnen het in de toekomst mogelijk maken om met behulp van alternatieve ontwikkelingsconcepten het geothermische potentieel van deze diepere ondergrond verder te benutten zoals met een kunstmatig reservoir (EGS). Deze worden, gezien hun huidige precommerciële ontwikkelingsstadium, nog niet meegenomen als referentiecasse voor geothermische warmte.

Indien de categorie hogetemperatuurwarmte, met een boordiepte van meer dan 3300 meter, wordt gemaximeerd, adviseren ECN, DNV KEMA en TNO om voor deze categorie de maximale subsidiabele jaarproductie te stellen op minimaal 352.800 GJ, wat overeenkomt met 14 MW<sub>th</sub> bij 7000 vollasturen. De extra investeringen benodigd voor horizontaal boren of grondstimulering in referentiecasse 6 kunnen worden terugverdiend door inkomsten uit warmtelevering tegen marktprijzen voor warmte voor productie boven 352.800 GJ/jaar. Bij de berekening van het basisbedrag voor case 6 is een aftopping op 14 MW<sub>th</sub> meegenomen. Zonder aftopping zou dit basisbedrag lager uitvallen, maar voor het volledige aantal geproduceerde GJ gelden (zie **Figuur 3**).

#### 4.16.4 Geothermische lagetemperatuurwarmte

De glastuinbouwsector zal de voornaamste toepassing zijn van geothermische warmte met lage temperatuur in Nederland in de nabije toekomst. Als referentie-installaties worden referenties 1 t/m 4 in **Tabel 40** beschouwd. Gezien het temperatuurniveau en vermogen gaat dit waarschijnlijk voornamelijk om kleine clusters van glastuinbouwbedrijven. Hiervoor is ook een investering in een warmtetransportleiding meegenomen in de berekening. Voor het aantal vollasturen is 6000 uur per jaar aangenomen. De technisch-economische parameters voor 8 5/8" en 20 MW<sub>th</sub> zijn weergegeven in **Tabel 41**. De overige scenario's (zie **Figuur 3**) als doorgerekend voor deze categorie kennen een gelijke opbouw.

**Tabel 41:** Technisch-economische parameters geothermische lagetemperatuurwarmte

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	20,4	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	6000	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	1620	€ 33 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	36	€ 734 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	1,01	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijs	[€/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	n.v.t.	

## 4.16.5 Geothermische hogetemperatuurwarmte

Stadsverwarming voor bestaande wijken of nieuwbouwwijken, in combinatie met cascadelevering aan glastuinbouw, wordt voorzien als de belangrijkste toepassing voor geothermische warmte met een hogere temperatuur. **Tabel 42** geeft de technisch-economische parameters weer voor de referentie-installatie voor deze categorie (7½", 14 MW), met een boordiepte van 3500 m. De investeringskosten zijn 2230 €/kW<sub>th</sub>, uitgaande van een doublet met een vermogen van 14 MW<sub>th</sub>. Het aantal vollasturen is op 7000 uur/jaar gesteld, wat haalbaar moet zijn door de combinatie van warmte-afnemers met verschillende verbruiksprofielen. In relatie hiertoe is ook een investering in een warmtetransportleiding meegenomen in de berekening.

**Tabel 42:** Technisch-economische parameters geothermische hogetemperatuurwarmte

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	13,8	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	2230	€ 31 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	48	€ 662 duizend/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	1,62	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijs	[€/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	n.v.t.	

## 4.16.6 Geothermische warmtekracht

De categorie warmtekracht is niet gewijzigd ten opzichte van het advies voor de basisbedragen 2013. ECN, DNV KEMA en TNO zijn voornemens om de categorie voor geothermische warmtekracht volgend jaar te evalueren in samenwerking met marktpartijen aan de hand van concrete projecten die dan in de ontwerpfase zitten, om zodoende een actuelere referentie-installatie te kunnen bepalen.

ECN, DNV KEMA en TNO zien ontwikkelingen om in 2014 in gesprek te gaan over plannen voor geothermische warmtekracht en elektriciteit.

De referentie-installatie van geothermische warmtekracht verschilt in karakterisering van de overige referentie-installaties. Voor geothermische warmtekracht is gekozen voor een referentie met zeer gunstige bodemcondities: een temperatuurgadiënt van 35°C/km en een debiet van 200 m<sup>3</sup>/uur. De referentie-boordiepte bedraagt 4000 meter. Dit levert een bronvermogen voor de referentie-installatie op van 25,6 MW<sub>th</sub>. Het outputvermogen is 11,9 MW<sub>final</sub> (10,0 MW<sub>th</sub> en 1,9 MW<sub>e</sub>), zie **Tabel 43**. De referentie-installatie (naar alle waarschijnlijkheid een EGS-installatie) kan gezien de diepte en de noodzaak tot grondstimulering beschouwd worden als een innovatief project in de zin dat er nog geen vergelijkbare geothermieprojecten in Nederland gerealiseerd zijn.

**Tabel 43:** Technisch-economische parameters geothermische hogetemperatuurwarmte

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	25,6	
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	1,9	
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	10,0	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	5000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	7%	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	1100	€ 28 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	45	€ 1,2 miljoen/jaar
Variabele O&M-kosten (electriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	-	
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijs	[€/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijsoplag	[€/ton]	n.v.t.	

Er wordt aangenomen dat de warmte wordt geleverd aan een afstandsverwarmings-netwerk met een temperatuurniveau van 75°C en dat elektriciteit wordt opgewekt met een Organic Rankine Cycle (ORC). Het netto elektrisch vermogen van de ORC wordt geschat op 1,9 MW<sub>e</sub>, wat overeenkomt met een netto rendement van ruim 7%. Het aantal vollasturen voor elektriciteit is 5000 uur/jaar, exclusief eigen gebruik. Het warmtevermogen voor de afstandsverwarming bedraagt 10 MW<sub>th</sub>, wat overeenkomt met een thermisch rendement van 39%. Het aantal vollasturen voor warmtelevering is 4000 uur/jaar.

## 4.17 Zon-PV ≥ 15 kW<sub>p</sub>

De referentie-installatie voor zon-PV is ten opzichte van het eindadvies SDE+ 2013 niet gewijzigd: er wordt uitgegaan van een dakgebonden systeem van 100 kW<sub>p</sub>. Op grond van de onderzoeksopdracht wordt in dit advies een inschatting gegeven van de laagst mogelijke kosten. Er wordt daarom uitgegaan van een project dat kan worden aangesloten op een bestaande netwerkaansluiting. Voor een subsidietoekenning uit SDE+2014 geldt dat door de aanvrager binnen 1 jaar na inwerkingtreding, de opdrachten voor de levering van onderdelen voor en voor de bouw van de productie-



installatie moeten worden verstrekt. Daarom wordt in deze berekening uitgegaan van het verwachte prijsniveau in 2015.

De sterke prijsdaling van zonnepanelen die zich in 2011 voorgedaan heeft zich in 2012 voortgezet. De eerste helft van 2013 was er op de spotmarkt sprake van een lichte prijsstijging, waarschijnlijk veroorzaakt door een antidumping conflict tussen de EU en Chinese PV-producenten. Medio 2013 heeft de EU met Chinese PV-producenten een minimumprijs en een maximum handelsvolume afgesproken voor zonnepanelen uit China. Partijen die niet meedoen met deze afspraak krijgen een antidumping importheffing opgelegd. De afgesproken minimumprijs kan worden aangepast op basis van prijsontwikkelingen in de markt, zodat kostprijzdaling door technologische ontwikkeling door kan gaan. Er lijkt bovendien voldoende productiecapaciteit te zijn in andere landen zoals Taiwan, tegen slechts beperkt hogere prijzen. Door wereldwijde overcapaciteit zal evenwel een neerwaartse prijsdruk blijven bestaan.

Door de sterke prijsdalingen van afgelopen jaren staan de marges van veel producenten onder druk, ook de marges van de grotere partijen. De markt is volatiel; marktaandeel van producenten zijn nog volop in beweging en faillissementen en overnames kunnen met enige regelmaat worden opgetekend. De komende jaren zullen belangrijk zijn voor de PV-sector. Bedrijven zullen hun financiële positie moeten versterken en nieuwe afzetmarkten moeten aanboren. Prijzen van overige componenten, zoals de omvormer en de installatie, zijn in de afgelopen jaren eveneens gedaald. In het licht van deze ontwikkelingen is de verwachting dat prijzen voor complete PV-systemen in de komende jaren in een gematigder tempo verder dalen.

Voordelige dakgebonden *turn key*-systemen met een omvang van ongeveer 100 kW<sub>p</sub> hebben begin 2013 in Nederland een prijsniveau van ongeveer 1185 €/kW<sub>p</sub>. In dit bedrag is rekening gehouden met de mogelijke vermogensafname. Op grond van de historische groeicurve kan een leereffect van ongeveer 19% per verdubbeling van de wereldwijde productie van zonnepanelen worden verondersteld. Voor de omvormer wordt een leereffect van 10% per verdubbeling geconstateerd. De prijs van overige componenten wordt verondersteld te dalen door toename van de efficiëntie van zonnepanelen. Toepassing van een dergelijk leereffect en een gematigde groei van de wereldwijde PV-markt leidt tot een inschatting van de investeringskosten voor systemen tot 100 kW<sub>p</sub> van 1080 €/kW<sub>p</sub> tegen het einde van 2015. Dit correspondeert met een basisbedrag van 14,7 €ct/kWh<sup>9</sup>. De technisch-economische parameters zijn samengevat in **Tabel 44**.

Er is voldoende productiecapaciteit buiten China tegen beperkt hogere prijzen dan de afgesproken minimumprijs.

**Tabel 44:** Technisch-economische parameters zon-PV ≥ 15 kW<sub>p</sub>

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	0,100	
Vollasturen	[h/a]	1000	
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	1080	€ 108 duizend
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	-	€ 1650/jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0165	

<sup>9</sup> Ondanks kostprijzdalingen is dit bedrag slechts zeer beperkt lager dan het advies van vorig jaar. Dit wordt veroorzaakt doordat in het advies voor 2014 niet langer de mogelijkheid gebruik te maken van EIA wordt meegerekend.

## 4.18 Zon-thermisch

In de SDE+-regeling kennen zonthermische installaties een minimumeis van tenminste 100 m<sup>2</sup> collectoroppervlak. Het ministerie van Economische Zaken heeft opdracht gegeven om een advies uit te brengen voor zon-thermische installatie met deze ondergrens van 100 m<sup>2</sup> is als uitgangspunt. De technisch-economische parameters staan in **Tabel 45**.

### Investeringskosten

Bij grotere zonthermische systemen treden duidelijke schaalvoordelen op.

Er is een groot verschil in investeringskosten tussen systemen in nieuwbouw en systemen in bestaande bouw, wat onder andere veroorzaakt wordt door de complexiteit van de inpassing in de bestaande bouw. Uit door marktpartijen aangeleverde kostencijfers blijkt dat er een daling in investeringskosten optreedt van kleine systemen (600 tot 1200 €/m<sup>2</sup>) tot systemen van ongeveer 200 m<sup>2</sup> (300 tot 700 €/m<sup>2</sup>). Dat betekent dat er bij grotere systemen duidelijke schaafeffecten optreden. Een systeem van 50 m<sup>2</sup> is per oppervlakte-eenheid 25% duurder dan een systeem van 100 m<sup>2</sup>. Voor een systeem van 100 m<sup>2</sup> wordt door de markt een prijs van 600 €/m<sup>2</sup> genoemd, iets lager dan het investeringsbedrag dat nu aan de berekening ten grondslag ligt. Anderen noemen het bedrag van 700 €/m<sup>2</sup> realistisch. De kosten van een gecertificeerd meetsysteem bedragen ongeveer € 1500 tot € 2000.

### Vaste O&M-kosten en variabele O&M-kosten (warmte)

De in de tabel genoemde bedragen voor onderhoud worden laag genoemd: voor een systeem van 100 m<sup>2</sup> resulteert een bedrag van € 900, wat neerkomt op 1 à 2 dagen werk. Dat is wellicht niet bij alle installaties toereikend.

### Vollasturen warmteafzet

Er is in de marktconsultatie opgemerkt dat de waarde voor het aantal vollasturen afhankelijk is van de toepassing, met name het warmtevraagpatroon en het gevraagde temperatuurniveau, maar dat de waarde van 700 uren per jaar een redelijke aanname is.

**Tabel 45:** Technisch-economische parameters zon-thermisch

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	0,100	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	700	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	700	€ 70 duizend
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	5,0	€ 500/jaar
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	3,2	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijs	[€/ton]	n.v.t.	
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	n.v.t.	

## 4.19 Vergassing van biomassa

Een SNG-centrale voor groengasproductie door vergassing bestaat uit drie onderdelen: vergassing, gasreiniging en gasopwaarderling. In de vergassingsinstallatie wordt vaste biomassa omgezet in gasvormige brandstof, genaamd syngas of stookgas. In de gasreinigingssectie worden onzuiverheden uit het gas verwijderd. Tenslotte wordt het gas opgewaarderd tot aardgaskwaliteit (SNG) waarna het als groen gas in het aardgasnet ingevoed kan worden.

Voor de referentie-installatie is uitgegaan van een commerciële installatie waarvan de techniek het stadium van kleinschalige demonstratie is gepasseerd. De referentie-installatie heeft een grootte van ca. 12 MW<sub>th</sub> oftewel een productievermogen van 790 Nm<sup>3</sup> SNG/uur. De installatie kan in haar eigen warmtebehoefte voorzien; wel is de inkoop van elektriciteit voor eigen verbruik meegenomen in de berekening van het basisbedrag. De combinatie van een houtvergasser en een gasopwaarderingsinstallatie zorgt voor een complexe productie-installatie: daarom wordt uitgegaan van 7500 vollasturen per jaar. Zie **Tabel 46** voor de technisch-economische parameters.

Referentie is een commerciële installatie die het stadium van kleinschalige demonstratie is gepasseerd.

**Tabel 46:** Technisch-economische parameters vergassing van biomassa

Parameter	Eenheid	Advies 2014	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> /h]	790	
Vollasturen	[h/a]	7500	
Interne warmtevraag	[% gas]	35%	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> ]	0,2	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> /h]	0	€ 16,1 miljoen
Investeringskosten (gasopwaarderling)	[€ per Nm <sup>3</sup> /h]	31400	gezamenlijk
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> /h]	0	€ 1380 duizend/jaar
Vaste O&M-kosten (gasopwaarderling)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	2688	gezamenlijk
Energie-inhoud substraat	[GJ/ton]	9,0	
Grondstofkosten	[€/ton]	48,0	
Grondstofprijsslag	[€/ton]	1,0	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	100,0%	

# 5

## Overzicht basisbedragen

De technisch-economische parameters uit Hoofdstuk 4 en de brandstofprijzen uit Hoofdstuk 3 zijn belangrijke gegevens om de basisbedragen te berekenen op basis van het ook in eerdere adviezen gebruikte gestileerde ECN-cashflowmodel. Het cashflowmodel is, voor iedere categorie ingevuld, te downloaden op de ECN-website via: <http://www.ecn.nl>.

Hier zijn ook andere parameterwaarden te vinden die in dit rapport niet nader besproken zijn. Hieronder vallen de financiële aannames:

- Projectfinanciering.
- 80% vreemd vermogen.
- 6% rente op de lening, tenzij groenfinanciering van toepassing is (dan 5%).
- Aflossing van de lening annuïtair.
- 15% rendement op eigen vermogen.
- Geen toepassing van EIA.
- Vennootschapsbelasting 25,0%.

Een van de financiële aannames is dat de EIA niet wordt toegepast.

De resulterende basisbedragen staan in **Tabel 47**, **Tabel 48** en **Tabel 49**.

Voor het basisbedrag verlengde levensduur verbranding wordt apart advies uitgebracht, omdat ECN en DNV KEMA nadere consultatie met de markt wenselijk achten.

**Tabel 47:** Overzicht basisbedragen advies SDE+ 2014 voor vergisting van biomassa in een zelfstandige installatie

	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
Allesvergisting (zelfstandig)	<i>Warmte</i>	14,7	[€/GJ]	7000	-
	<i>WKK</i>	26,3	[€/GJ]	8000 / 4000	5739
	<i>Groen gas</i>	60,1	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Mestcovergisting (zelfstandig)	<i>Warmte</i>	20,6	[€/GJ]	7000	-
	<i>WKK</i>	31,4	[€/GJ]	8000 / 4000	5732
	<i>Groen gas</i>	75,0	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Mestmonovergisting (zelfstandig)	<i>Warmte</i>	27,4	[€/GJ]	7000	-
	<i>Elektriciteit</i>	28,9	[€/kWh]	8000	-
	<i>Groen gas</i>	104,4	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
AWZI/RWZI (thermische druk- hydrolyse)	<i>Elektriciteit</i>	9,6	[€/kWh]	8000	-
AWZI/RWZI	<i>WKK<sup>10</sup></i>	8,5	[€/GJ]	8000 / 4000	5751
	<i>Groen gas</i>	33,3	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Allesvergisting (verlengde levensduur)	<i>WKK</i>	24,1	[€/GJ]	8000 / 4000	5855
	<i>Warmte (hub)</i>	16,0	[€/GJ]	7000	-
	<i>Groen gas (hub)</i>	61,9	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Agrarische vergisters (verlengde levensduur)	<i>WKK</i>	28,2	[€/GJ]	8000 / 4000	5855
	<i>Warmte (hub)</i>	18,8	[€/GJ]	7000	-
	<i>Groen gas (hub)</i>	71,0	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Warmtebenutting bestaande allesvergisting	<i>Warmte</i>	6,4	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande agrarische vergisters	<i>Warmte</i>	8,2	[€/GJ]	4000	-
Warmtebenutting bij compostering	<i>Warmte</i>	4,6	[€/GJ]	7000	-

\* Notatie bij WKK-opties: vollasturen elektriciteit / vollasturen warmte nuttige toepassing.

<sup>10</sup> Ook representatief voor thermofiele gisting.

**Tabel 48:** Overzicht basisbedragen advies SDE+ 2014 voor thermische conversie van biomassa

	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
Vergassing	<i>Groen gas</i>	129,1	[€ct/Nm <sup>3</sup> ]	7500	-
Thermische conversie (<10 MW <sub>e</sub> )	<i>WKK</i>	40,9	[€/GJ]	8000/4000	4241
Thermische conversie (>10 MW <sub>e</sub> )	<i>WKK</i>	22,7	[€/GJ]	7500/7500	7500
Ketel op vaste biomassa < 5 MW <sub>th</sub>	<i>Warmte</i>	14,2	[€/GJ]	4000	-
Ketel op vaste biomassa ≥ 5 MW <sub>th</sub>	<i>Warmte</i>	11,8	[€/GJ]	7000	-
Ketel op vloeibare biomassa	<i>Warmte</i>	19,8	[€/GJ]	7000	-
Warmte bij bestaande AVI's	<i>Warmte</i>	6,4	[€/GJ]	7000	-
Warmte bij bestaande verbranding	<i>Warmte</i>	6,4	[€/GJ]	7000	-

\* Notatie bij WKK-opties: vollasturen elektriciteit / vollasturen warmte nuttige toepassing.

**Tabel 49:** Overzicht basisbedragen advies SDE+ 2014 voor overige opties

	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
<b>Bodemenergie en aardwarmte</b>					
Diepe geothermie (lage temperatuur)	<i>Warmte</i>	11,9	[€/GJ]	6000	-
Diepe geothermie (hoge temperatuur)	<i>Warmte</i>	14,4	[€/GJ]	7000	-
Diepe geothermie	<i>WKK</i>	25,8	[€/GJ]	5000 / 4000	4158
<b>Windenergie</b>					
Wind op land (fase I)	<i>Elektriciteit</i>	7,0	[€ct/kWh]	3500	-
Wind op land (fase II)	<i>Elektriciteit</i>	8,0	[€ct/kWh]	2850	-
Wind op land (fase III)	<i>Elektriciteit</i>	9,0	[€ct/kWh]	2450	-
Wind op Land ≥ 6 MW (fase II)	<i>Elektriciteit</i>	8,0	[€ct/kWh]	3700	-
Wind op Land ≥ 6 MW (fase III)	<i>Elektriciteit</i>	9,0	[€ct/kWh]	3150	-
Wind op Land ≥ 6 MW (fase IV)	<i>Elektriciteit</i>	9,7	[€ct/kWh]	2900	-
Wind in meer	<i>Elektriciteit</i>	12,3	[€ct/kWh]	3200	-
Wind op zee	<i>Elektriciteit</i>	15,7	[€ct/kWh]	3750	-
<b>Energie uit water</b>					
Waterkracht nieuw	<i>Elektriciteit</i>	16,6	[€ct/kWh]	5700	-
Waterkracht renovatie	<i>Elektriciteit</i>	6,6	[€ct/kWh]	4300	-
Energie uit vrije stroming	<i>Elektriciteit</i>	27,6	[€ct/kWh]	2800	-
Osmose	<i>Elektriciteit</i>	54,4	[€ct/kWh]	8000	-
<b>Zonne-energie</b>					
Zon-PV (> 15 kW <sub>p</sub> )	<i>Elektriciteit</i>	14,7	[€ct/kWh]	1000	-
Zonthermie	<i>Warmte</i>	38,2	[€/GJ]	700	-

\* Notatie bij WKK-opties: vollasturen elektriciteit / vollasturen warmtelevering.

# Afkortingen

AVI	Afvalverbrandingsinstallatie
AWZI	Afvalwaterzuiveringsinstallatie
BEC	Bioenergiecentrale
BEMS	Besluit emissie-eisen middelgrote stookinstallaties
CAR	<i>Construction all risk</i> , bouwverzekering
COP	<i>Coefficient of performance</i> , prestatiecoëfficiënt
EIA	Energieinvesteringsaftrek
EZ	Ministerie van Economische Zaken
LEI	Landbouw Economische Instituut
MEP	Milieukwaliteit elektriciteitsproductie
MER	Milieueffectrapportage
O&M	<i>Operation&amp;Maintenance</i> , Onderhoud&Beheer
ORC	Organische Rankine cyclus
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
SDE	Stimuleringsregeling duurzame energieproductie
SNG	<i>Substitute Natural Gas of Synthetic Natural Gas</i>
VLU	Vollasturen
WKK	Warmtekrachtkoppeling

**ECN**

Westerduinweg 3  
1755 LE Petten

Postbus 1  
1755 LG Petten

T 088 515 4949  
F 088 515 8338  
info@ecn.nl  
www.ecn.nl