

# Eindadvies basisbedragen SDE+ 2017

S.M. Lensink (ECN) (ed)  
J.W. Cleijne (DNV GL) (ed)

18 november 2016  
ECN-E--16-040



# Verantwoording

Dit rapport is geschreven door ECN in samenwerking met DNV GL en TNO en in opdracht van het ministerie van Economische Zaken. De samenwerking met TNO heeft betrekking op de geothermie gerelateerde adviezen vanwege de gedegen kennis van TNO over de diepe ondergrond. Het onderzoek staat geregistreerd onder projectnummer 5.4135. Projectleider van het project is Sander Lensink.

Naast de editors hebben de volgende personen meegewerkt aan de totstandkoming van dit rapport:

Luuk Beurskens, Carolien Kraan, Marc Londo, Hamid Mozaffarian, Arjan Plomp, Kim Stutvoet-Mulder, Ayla Uslu, Christine van Zuijlen (ECN), Marcel Cremers, Bart in 't Groen, Gerben Jans, Jasper Lemmens, Ronald Meijer, Anne-Marie Taris (DNV GL) en Harmen Mijnlief (TNO).

Er is een externe review op dit rapport uitgevoerd door Fraunhofer ISI, Karlsruhe. De auteurs danken dhr. M. Ragwitz en G. Resch en hun collega's voor hun waardevolle commentaar.

Eventuele vragen over dit Eindadvies kunnen gericht worden aan [sde@ecn.nl](mailto:sde@ecn.nl).

## Abstract

On assignment of the Dutch Ministry of Economic Affairs, ECN and DNV GL 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+. A draft version of this advice has been discussed with the market in an open consultation round. This report contains the final advice on the cost of projects in the Netherlands targeted for realization in 2017, covering installation technologies for the production of renewable electricity, renewable gas and renewable heat.

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 gedeelde winst of inkomsten en verlies van contracten of orders.



# Inhoudsopgave

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Kaders</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Bevindingen waterkracht</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Bevindingen zonne-energie</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>Bevindingen windenergie</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>Bevindingen geothermie</b>	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>Bevindingen waterzuivering</b>	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>Bevindingen verbranding en vergassing van biomassa</b>	<b>45</b>
<b>9</b>	<b>Bevindingen vergisting van biomassa</b>	<b>61</b>
<b>11</b>	<b>Aanvullende kaders</b>	<b>79</b>
	<b>Afkortingen</b>	<b>81</b>
	<b>Referenties</b>	<b>82</b>
	<b>Bijlagen</b>	<b>83</b>
	<b>Nawoord</b>	<b>95</b>



# Samenvatting

Het ministerie van Economische Zaken heeft advies gevraagd aan ECN en DNV GL over de basisbedragen voor de SDE+ 2017. Dit rapport betreft het Eindadvies over de geadviseerde basisbedragen die tot stand zijn gekomen na consultatie van marktpartijen. Voor geothermie is het advies geschreven door ECN, DNV GL en TNO.

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.

De resulterende basisbedragen SDE+ 2017 voor de verschillende categorieën staan in Tabel 1 tot en met Tabel 6. Met de aanduidingen E, G, W en WKK wordt aangegeven of de categorie respectievelijk hernieuwbare elektriciteit, gas, warmte of gecombineerde opwekking van elektriciteit en warmte betreft. In de tabel zijn ter vergelijking ook de basisbedragen uit het Eindadvies basisbedragen SDE+ 2016<sup>1</sup> opgenomen. Basisbedragen hoger dan 0,200 €/kWh zijn indicatief berekend en aangeduid met de notering > 0,200 €/kWh.

Voor biomassacategorieën heeft EZ een berekening gevraagd van de basisbedragen bij aanvullende kaders. Deze kaders betreffen de te gebruiken biomassaprijzen en een eventueel maximum aan de vergoeding voor elektriciteitsproductie uit een bio-WKK. In hoofdstuk 11 worden deze kaders nader toegelicht en worden de daaruit resulterende basisbedragen getoond.



<sup>1</sup> <https://www.ecn.nl/publicaties/ECN-E--15-052>.

**Tabel 1:** Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2017: waterkracht, wind- en zonne-energie (bedragen in €/kWh)<sup>2</sup>

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2017	Vollasturen	Advies SDE+ 2016 basisbedrag (vollasturen)
Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm	E	0,156	5700	0,173
Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm, renovatie	E	0,100	2600	0,108
Vrije stromingsenergie, valhoogte < 50 cm	E	0,192	3700	>0,200
Osmose	E	>0,200	8000	>0,200
Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kW <sub>p</sub> , en aansluiting >3*80A	E	0,125	950	0,128
Zonthermie, apertuuroppervlakte ≥ 200 m <sup>2</sup> of > 140 kW	W	0,095	700	0,103
Wind op land, ≥ 8 m/s	E	0,064	n.v.t.	0,070
Wind op land, ≥ 7,5 en < 8 m/s	E	0,070	n.v.t.	0,076
Wind op land, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	E	0,075	n.v.t.	0,082
Wind op land, < 7,0 m/s	E	0,085	n.v.t.	0,093
Wind op primaire waterkeringen, ≥ 8 m/s	E	0,069	n.v.t.	0,075
Wind op primaire waterkeringen, ≥ 7,5 en < 8 m/s	E	0,075	n.v.t.	0,082
Wind op primaire waterkeringen, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	E	0,080	n.v.t.	0,087
Wind op primaire waterkeringen, < 7,0 m/s	E	0,091	n.v.t.	0,099
Wind in meer, water ≥ 1 km <sup>2</sup>	E	0,104	n.v.t.	0,114

\* vollasturen worden getoond indien afwijkend van advies SDE+ 2017

**Tabel 2:** Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2017: geothermie (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2017	Vollasturen (kracht/warmte)	Vollasturen samengesteld	Warmtekrachtverhouding	Advies SDE+ 2016 basisbedrag (vollasturen)
Geothermische warmte, diepte ≥ 500 meter	W	0,053	5500	-	-	0,056
Geothermische warmte, diepte ≥ 3500 meter	W	0,057	7000	-	-	0,062

\* vollasturen worden getoond indien afwijkend van advies SDE+ 2017

<sup>2</sup> Voor de categorieën m.b.t. windenergie zijn er geen vollasturen opgenomen, aangezien sinds de SDE+ 2015 de generieke vollasturencap afgeschaft is.

**Tabel 3:** Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2017: waterzuiveringsinstallaties (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie-drager	Advies basis-bedrag SDE+ 2017	Vollasturen (kracht/warmte)	Vollasturen samen-gesteld	Warmte-kracht-verhouding	Advies SDE+ 2016 basisbedrag (vollasturen )
RWZI - Thermofiele gisting van secundair slib	WKK	0,048	8000/4000	5729	0,66	0,060
AWZI/RWZI - thermische drukhydrolyse	E	0,084	8000	-	-	0,093
AWZI/RWZI (hernieuwbaar gas)	G	0,031	8000	-	-	0,032

\* vollasturen worden getoond indien afwijkend van advies SDE+ 2017

**Tabel 4:** Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2017: verbranding en vergassing van biomassa (bedragen in €/kWh) \*\*

Categorie	Energie-drager	Advies basis-bedrag SDE+ 2017	Vollasturen (kracht/warmte)	Vollasturen samen-gesteld	Warmte-kracht-verhouding	Advies SDE+ 2016 basisbedrag (vollasturen )
Biomassa-vergassing (≥ 95% biogeen)	G	0,150	7500	-	-	0,151
Bestaande capaciteit voor bij- en meestook	E	0,108	6000/5000	5839	-	0,107
Nieuwe capaciteit voor meestook	E	0,111	7000	-	-	0,114
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,1-0,5 MW <sub>th</sub>	W	0,057	3000	-	-	-
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5-5 MW <sub>th</sub>	W	0,056	3000	-	-	0,052 (4000)
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, ≥5 MW <sub>th</sub>	W	0,044	7000	-	-	0,043
Ketel op vloeibare biomassa	W	0,070	7000	-	-	0,071
Ketel industriële stoom uit houtpellets	W	0,062	7000	-	-	0,057
Thermische conversie van biomassa, < 100 MW <sub>e</sub>	WKK	0,062	8000/5000	7500	8,00	0,077 (7500 / 7500)

\* vollasturen worden getoond indien afwijkend van advies SDE+ 2017

\*\* zie hoofdstuk 11 voor basisbedragen bij aanvullende kaders

**Tabel 5:** Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2017: vergisting van biomassa (bedragen in €/kWh) \*\*

Categorie	Energie-drager	Advies basis-bedrag SDE+ 2017	Vollasturen (kracht/warmte)	Vollasturen samen-gesteld	Warmte-kracht-verhouding	Advies SDE+ 2016 basisbedrag (vollasturen )
Allesvergisting (hernieuwbaar gas)	G	0,061	8000	-	-	0,060
Gecombineerde opwekking allesvergisting	WKK	0,069	8000/7000	7436	1,13	0,087 (8000 / 4000)
Warmte allesvergisting	W	0,062	7000	-	-	0,060
Vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	G	0,077	8000	-	-	0,080
Gecombineerde opwekking vergisting en covergisting van dierlijke mest	WKK	0,090	8000/7000	7433	1,15	0,121 (8000 / 4000)
Warmte vergisting en covergisting van dierlijke mest	W	0,079	7000	-	-	0,083
Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW (hernieuwbaar gas)	G	0,171	8000	-	-	0,181
Gecombineerde opwekking vergisting van meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW	WKK	>0,200	8000/1000	5200	0,08	>0,200 (8000 / 0)
Warmte vergisting van meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW	W	0,102	7000	-	-	0,109 (8000)

\* vollasturen worden getoond indien afwijkend van advies SDE+ 2017

\*\* zie hoofdstuk 11 voor basisbedragen bij aanvullende kaders

**Tabel 6:** Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2017: bestaande installaties (bedragen in €/kWh) \*\*

Categorie	Energie- drager	Advies basis- bedrag SDE+ 2017	Vollasturen (kracht/ warmte)	Vollasturen samen- gesteld	Warmte- kracht- verhouding	Advies SDE+ 2016 basisbedra g (vollasturen <sup>*</sup> )
Verlengde levensduur allesvergisting, gecombineerde opwekking	WKK	0,071	8000/7000	7464	1,01	0,086 (8000 / 4000)
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest, gecombineerde opwekking	WKK	0,082	8000/7000	7464	1,01	0,108 (8000 / 4000)
Verlengde levensduur allesvergisting (hernieuwbaar gas)	G	0,058	8000	-	-	0,059
Verlengde levensduur allesvergisting (warmte)	W	0,059	7000	-	-	0,056
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	G	0,066	8000	-	-	0,071
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (warmte)	W	0,069	7000	-	-	0,071

\* vollasturen worden getoond indien afwijkend van advies SDE+ 2017

\*\* zie hoofdstuk 11 voor basisbedragen bij aanvullende kaders



# 1

## Inleiding

### De SDE+ in het algemeen

De subsidieregeling Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE) wordt door het ministerie van Economische Zaken gebruikt om de productie van hernieuwbare energie in Nederland te stimuleren. Deze regeling is sinds 2008 jaarlijks opengesteld door het ministerie<sup>3</sup> en kent een gefaseerde openstelling, waarbij de goedkoopste technologieën als eerste in aanmerking komen voor subsidie. De SDE+-regeling vergoedt het verschil tussen het *basisbedrag* (de productiekosten van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte en hernieuwbaar gas) enerzijds en het *correctiebedrag* (de marktprijs van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte of hernieuwbaar gas) anderzijds. Per technologie wordt tevens een *basis(energie)prijs* vastgesteld, die de ondergrens voor het correctiebedrag vormt. Voor een nadere toelichting op deze regeling en begrippen, zie Bijlage C.

### Onderzoekopdracht

Het ministerie van Economische Zaken (EZ) heeft aan ECN en DNV GL advies gevraagd over de hoogte van de basisbedragen in het kader van de SDE+-regeling voor 2017. ECN en DNV GL adviseren het ministerie over de hoogte van de basisbedragen voor door het ministerie voorgeschreven categorieën. Uiteindelijk zal de Minister van EZ beslissen over de openstelling van de SDE+-regeling in 2017, de open te stellen categorieën en de basisbedragen voor nieuwe SDE+-beschikkingen in 2017.

In overleg met het ministerie is ervoor gekozen om een conceptadvies aan de markt voor te leggen. Deze consultatieronde heeft in juni 2016 plaatsgevonden. Dit rapport bevat het Eindadvies over de geadviseerde basisbedragen dat tot stand gekomen is na consultatie van marktpartijen en afstemming met het ministerie van EZ in de zomerperiode. ECN en DNV GL lichten in het Consultatiedocument Basisbedragen SDE+ 2017 (ECN-E--16-030) toe hoe zij met reacties uit de marktconsultaties zijn omgegaan.

ECN en DNV GL adviseren over de hoogte van de basisbedragen in de SDE+ 2017

<sup>3</sup> De uitvoering van de SDE+ regeling ligt bij RVO. Voor meer informatie met betrekking tot de SDE+-regeling zelf, zie <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/stimulering-duurzame-energieproductie-sde>.

### **Leeswijzer**

Hoofdstuk 2 beschrijft het proces van de totstandkoming van dit rapport en de algemene uitgangspunten. Vervolgens worden de bevindingen beschreven voor waterkracht (hoofdstuk 3), zonne-energie (hoofdstuk 4), windenergie (hoofdstuk 5), geothermie (hoofdstuk 6), waterzuivering (hoofdstuk 7), thermische conversie van biomassa (hoofdstuk 8), vergisting (hoofdstuk 9) en bestaande installaties voor vergisting (hoofdstuk 10). Iedere categorie in de SDE+ kent daarbij een eigen paragraaf met technisch-economische parameters. Hoofdstuk 11 besluit met conclusies waarbij de vertaalslag naar basisbedragen gemaakt is.

In dit rapport zijn tevens de basisprijzen 2017 en (de rekenmethode voor) de voorlopige correctiebedragen 2017 bij iedere categorie opgenomen. In Bijlage B is een overzicht opgenomen van alle categorieën en bijbehorende basisprijzen 2017 en voorlopige correctiebedragen 2017. De basisprijzen zijn verder toegelicht in de notitie *Basisprijzen SDE+ 2017* (Kraan en Lensink, 2016) en de berekeningen voor de correctiebedragen staan in de notitie *Correctiebedragen t.b.v. bevoorschotting 2017 (SDE+)* (Lensink, 2016).

# 2

## Kaders

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens het gevolgde proces en de werkwijze beschreven in 2.1, waarna in 2.2 en 2.3 de algemene en financiële kaders voor dit advies worden besproken.

### 2.1 Proces en werkwijze

#### Proces

Op 1 juni 2016 is een conceptadvies over de SDE+-basisbedragen gepresenteerd ten behoeve van een openbare marktconsultatie. Hiertoe is een informatiebijeenkomst voor brancheorganisaties gehouden bij het ministerie van Economische Zaken. Naar aanleiding van dit conceptrapport zijn marktpartijen uitgenodigd om hun reacties bij ECN in te dienen. Er zijn ca. 40 gesprekken gevoerd naar aanleiding van de ingekomen reacties.

Dit rapport van ECN en DNV GL bevat het Eindadvies over de basisbedragen dat tot stand gekomen is na consultatie van marktpartijen en afstemming met het ministerie van EZ gedurende de zomerperiode. Voor geothermie is het advies opgesteld door ECN, DNV GL en TNO. ECN en DNV GL lichten in het *Consultatiedocument Basisbedragen SDE+ 2017* (ECN-E--16-030) toe hoe zij met reacties uit de marktconsultaties zijn omgegaan. Dit consultatiedocument heeft bijgedragen aan de totstandkoming van dit Eindadvies.

Op het Eindadvies is een externe review uitgevoerd door Fraunhofer ISI, Karlsruhe. De auteurs danken dhr. M. Ragwitz en G. Resch en hun collega's voor hun waardevolle commentaar. In Bijlage D is de reviewreactie opgenomen. ECN en DNV GL geven in het nawoord nog een reactie op het reviewcommentaar.

### **Werkwijze**

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 GL de productiekosten van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbaar 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.

## **2.2 Algemene uitgangspunten**

### **Kaders vanuit wet- en regelgeving**

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

In overleg tussen het ministerie van EZ en ECN en DNV GL zijn de uitgangspunten voor de berekening van de basisbedragen vastgesteld. Hierbij is rekening gehouden met de effectiviteit en efficiëntie van de SDE+-subsidieregeling. De SDE+-vergoedingen, en dus de basisbedragen, moeten voldoende hoog zijn om productie van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte en hernieuwbaar gas mogelijk te maken, maar hoeven niet toereikend te zijn voor alle geplande projecten. Als vuistregel geldt dat het merendeel van de projecten per categorie met de berekende basisbedragen doorgang moet kunnen vinden.

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 op basis van besluitvorming vaststaat dat het in 2017 van kracht is. De productiekosten hebben betrekking op projecten waarvoor in 2017 SDE+ aangevraagd kan worden en die in 2017 of begin 2018 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.

### **Referentie-installatie en systeemafbakening**

Voor iedere categorie is door ECN en DNV GL een referentie-installatie vastgesteld. De referentie-installatie bestaat uit een bepaalde techniek (of samenstelling van technieken) in combinatie met een gangbaar aantal vollasturen en voor de bio-energiecategorieën een referentiebrandstof of -substraat. De referentie-installatie toont naar inzicht van ECN en DNV GL een gangbare configuratie voor nieuwe projecten in de te onderzoeken categorie. Voor de vastgestelde technieken of biomassa-techniekcombinaties worden de technisch-economische parameters gekwantificeerd. Op basis van deze parameters worden de productiekosten en basisbedragen berekend met behulp van een vereenvoudigd kasstroommodel; dit model is te raadplegen via de ECN-website<sup>4</sup>.

De SDE+-regeling vergoedt het verschil tussen het correctiebedrag en het basisbedrag. Het correctiebedrag is een maat voor de marktprijs van de hernieuwbare elektriciteit,

<sup>4</sup> <https://www.ecn.nl/nl/samenwerking/sde/>.

warmte of gas. Het basisbedrag is een maat voor de productiekosten van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte en hernieuwbaar gas. De productiekosten zijn de (meer)kosten die gemaakt moeten worden om tot productie van hernieuwbare energie te komen.

Vooraf bij systemen waar biomassa afkomstig is van afvalstromen of restproducten kan de definitie van 'meerkosten', ofwel de systeemgrens, grote invloed hebben op de berekende biomassakosten. Bij deze systemen worden de meerkosten berekend om deze stromen of producten in te zetten voor productie van hernieuwbare elektriciteit of hernieuwbaar 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 hernieuwbaar 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 eventueel een SDE+-vergoeding ontvangen kan worden, zolang het gebruik niet voor het productieproces zelf bestemd is.

Een warmtenet hoort niet bij de subsidiabele kosten, een warmtetransportleiding wel.

In juli 2014 is een nieuwe Ministeriële Regeling Gaskwaliteit gepubliceerd. Bij de investerings- en O&M-kosten van gasopwaardering zijn voor nieuwe projecten rekening gehouden met extra gasanalyses die sinds 1 oktober 2014 nodig zijn om aan deze Ministeriële Regeling Gaskwaliteit te voldoen.

## 2.3 Financiële kaders

De financiering van hernieuwbare-energieprojecten is geen constant gegeven. Niet alleen veranderen de hernieuwbare-energie technieken door leren en innovatie; door praktijkervaringen kan ook de risico-inschatting van projecten veranderen. Meer risico betekent in beginsel hogere kapitaalslasten. Bovendien zijn de kosten van het aantrekken van vreemd vermogen afhankelijk van de grotere economische bewegingen die het hernieuwbare-energie domein overstijgen.

De financiële parameters die gebruikt zijn voor het berekenen van de basisbedragen, zijn weergegeven in Tabel 7 en worden in onderstaande tekst nader toegelicht. De resultante van deze parameters geven naar inzicht van ECN en DNV GL een generiek beeld van de kosten van kapitaal voor SDE+-projecten. Dat laat onverlet dat in de praktijk SDE+-projecten anders gefinancierd kunnen worden.

**Tabel 7:** Gehanteerde financiële parameters voor de SDE+ 2017

Financiële parameter	Gehanteerde waarde	Toelichting
Rente met groenfinanciering	2,0 %	Zon-PV, zonthermie, geothermie, vergassing, waterkracht
Rente zonder groenfinanciering	2,5 %	Overige categorieën
Verhouding vreemd vermogen (VV) / eigen vermogen (EV)	80% VV / 20% EV	Zon-PV, wind op land, wind op dijk
	75% VV / 25% EV	Wind in meer
	70% VV / 30% EV	Overige categorieën
Rendement op eigen vermogen	14,5 %	Categorieën met hoog risicoprofiel
	11,5 %	Overige categorieën
Inflatie van biomassaprijzen en O&M-kosten	1,5% / jaar	

### Rente

Projectrentes worden doorgaans opgebouwd uit drie componenten: de Euribor-rente, een commerciële rentemarge en een renteswap om de rentemarge te converteren naar een 10-jarige rente (bijvoorbeeld op basis van 10-jarige IRS). De ontwikkelingen op de financiële markten zijn van dien aard, dat ook projecten voor hernieuwbare energie tegen aanmerkelijk gunstigere voorwaarden dan voorheen kapitaal kunnen aantrekken. Waar ECN en DNV GL vorig jaar de rentedalingen nog behoedzaam volgden, omdat er signalen waren dat de rente weer aan zou trekken, blijkt uit de marktconsultatie van dit jaar dat ook voor de komende jaren de kosten van kapitaal lager blijven liggen dan voorheen. De commerciële rentemarges liggen – met aanzienlijke spreiding – iets onder de 2%, waardoor een rente op de lening van ca. 2,5 % momenteel voor veel projecten haalbaar is. De groenfinanciering kent een voordeel voor de projectontwikkelaar van ca. 0,5 %.

Dat leidt tot 2,5% rente op leningen voor projecten zonder groenfinanciering. Voor projecten met groenfinanciering wordt een 0,5 procentpunt afslag gerekend tot effectief 2,0% rente. Uit de marktconsultatie is gebleken dat er voor nieuwe projecten inderdaad mogelijkheden zijn om de voordelen van groenfinanciering te benutten. Dit geldt ook voor meeste kleinere windprojecten. Voor de grote windprojecten is het beeld uit de marktconsultatie over het gebruik van groenfinanciering gemengd.

### Verhouding vreemd/eigen vermogen

Financiële instellingen vragen een grotere inbreng van eigen vermogen dan in de jaren voor de crisis. Deze gevraagde inbreng komt voort uit beleid op risicoblootstelling en niet uit de risico-inschatting van de duurzame energieprojecten zelf. De geobserveerde aandelen eigen vermogen in recent gefinancierde of te financieren duurzame-energieprojecten in Nederland variëren van 10% tot even boven de 40%. Als richtwaarde is met 30% eigen vermogen gerekend. Uitzondering hierop zijn de categorieën windenergie en zon-PV, waar uit de marktconsultatie gebleken is dat financiering met 20% eigen vermogen gangbaar is.

### Rendement op eigen vermogen

Het benodigde rendement op eigen vermogen wordt beïnvloed door de opbrengsten van alternatieve bestedingen van het beschikbare kapitaal. Ook de dalende inflatie heeft invloed op het benodigde nominale rendement. De nominale rendementen zijn in dit advies aangepast op de verwachting van de inflatie van 1,5%. Het gehanteerde rendement op eigen vermogen is daarom verlaagd van 12% naar 11,5% nominaal. Voor enkele categorieën met een significant hoger operationeel of regelgevingstechnisch risico is het rendement op eigen vermogen verlaagd van 15% naar 14,5%. Dat zijn projecten waarbij het niet of moeilijk mogelijk is langjarige biomassacontracten af te sluiten, innovatieve categorieën en categorieën met een minder goed voorspelbare cashflow zoals windenergie. Uit het financieel rendement dienen tevens de voorbereidingskosten gedekt te worden. De voorbereidingskosten zijn niet meegenomen in het totale investeringsbedrag.

### Afschrijvingstermijn

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. Uitbetalingen van de SDE+-vergoeding na 12 respectievelijk 15 jaar ten gevolge van eventuele *banking*<sup>5</sup> in de SDE+ zijn niet meegenomen in de berekening. Bij technieken 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.

### Kosten van kapitaal

Het financiële totaalrendement wordt 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. Tabel 8 toont per thema (geclusterde categorieën) de resulterende kapitaalkosten.

De verdeling van risico's en rendementen tussen geldverstrekker en projectontwikkelaar komt niet terug in de basisbedragen.

<sup>5</sup> Het is mogelijk om subsidiabele productie die niet is benut mee te nemen naar een volgend jaar. Dit wordt *banking* genoemd. Na de reguliere subsidieperiode kan de producent van hernieuwbare energie nog één jaar de tijd krijgen om eventueel niet benutte productie in te halen.

**Tabel 8:** Kapitaalskosten (WACC) per thema voor de SDE+ 2017

Thema	Gewogen kapitaalskosten (WACC) [nominaal]	Gewogen kapitaalskosten (WACC) [reëel]
Fotovoltaïsche zonnepanelen	3,5%	2,0%
Windenergie op land	4,4%	2,9%
Windenergie op verbindende waterkeringen	4,4%	2,9%
Waterkracht	4,5%	3,0%
Vrije stromingsenergie	4,5%	3,0%
Zonthermie	4,5%	3,0%
Nieuwe of bestaande capaciteit voor meestook	4,8%	3,3%
Ketel op vaste of vloeibare biomassa	4,8%	3,3%
Allesvergisting	4,8%	3,3%
Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest	4,8%	3,3%
AWZI/RWZI	4,8%	3,3%
Windenergie in meer	5,0%	3,5%
Osmose	5,4%	3,9%
Geothermische warmte	5,4%	3,9%
Biomassavergassing	5,4%	3,9%
Vergisting en covergisting van dierlijke mest	5,7%	4,2%
Ketel industriële stoom uit houtpellets	5,7%	4,2%
Thermische conversie van biomassa	5,7%	4,2%

## 2.4 Regelings specifieke afslagen

De aard van de SDE+-regeling veroorzaakt meerkosten voor de projecteigenaren gedurende de looptijd van het project. Deze meerkosten ontstaan door keuzes in de vormgeving van de SDE+-regeling. Zo dekt de SDE+-regeling in beginsel prijsrisico's af, mits partijen hun hernieuwbare energie op een gelijksoortige beurs verkopen. Voor elektriciteit is dit de dag-vooruitmarkt (*day ahead*), voor gas de termijnmarkt (*year ahead*). De kosten om op deze beurzen te handelen zijn transactiekosten, waar 0,0007 euro/kWh voor wordt gerekend. Deze waarde is afgeleid van de handel op de APX. Daarnaast neemt de SDE+-regeling weliswaar prijsrisico van fluctuerende gas- en elektriciteitsprijzen weg, maar enkel tot een ondergrens. Bij zeer lage elektriciteits- of gasprijzen zal de SDE+-regeling niet meer de volledige onrendabele top compenseren. Het risico op zeer lage energieprijzen ligt daardoor bij de projecten zelf. De prijs van dit risico, of de kosten om dit risico te verzekeren binnen private energie-afzetcontracten, wordt in dit rapport de basisprijspremie genoemd. Zoals beschreven in (Kraan en Lensink, 2016) bedragen de basisprijspremies voor de elektriciteitsopties (incl. zon en wind) 0,002 €/kWh en voor gas en warmte 0,000 €/kWh. Deze kosten voor reëel constant meegenomen in de O&M-kosten van de individuele categorieën.



# 3

## Bevindingen waterkracht

Dit hoofdstuk beschrijft de bevindingen over de volgende categorieën gerelateerd aan waterkracht:

- Waterkracht, valhoogte  $\geq 50$  cm (3.1)
- Waterkracht, valhoogte  $\geq 50$  cm, renovatie (3.2)
- Vrije stromingsenergie, valhoogte  $< 50$  cm (3.3)
- Osmose (3.4).

### 3.1 Waterkracht, valhoogte $\geq 50$ cm

Nederland is een relatief vlak land en daardoor is het verval van rivieren in de Nederlandse delta gering. Toch zijn bestaande civiele werken (kunstwerken) in rivieren geschikt om voldoende valhoogte te creëren om te gebruiken voor elektriciteitsopwekking in waterkrachtcentrales. In de praktijk varieert deze doorgaans van drie tot zes meter, maar hij kan oplopen tot elf meter in uitzonderlijke situaties, zoals bij enkele sluizen.

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 de selectie van een referentieproject. Voor de categorie Waterkracht, valhoogte  $\geq 50$  cm is de referentie-installatie onveranderd gebaseerd op een valhoogte van minder dan vijf meter, gezien dit voor de meeste projecten van toepassing lijkt te zijn.

Het basisbedrag ligt boven de 15 €/kWh. De technisch-economische parameters waar dit basisbedrag op is gebaseerd zijn te vinden in Tabel 9. Deze zijn niet veranderd ten opzichte van het advies van vorig jaar.

**Tabel 9:** Technisch-economische parameters Waterkracht, valhoogte  $\geq 50$  cm

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	1,0	
Vollasturen	[h/a]	5700	
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	8000	€ 8,0 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	100	€ 100.000 / jaar

In Tabel 10 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 10:** Overzicht van subsidieparameters Waterkracht, valhoogte  $\geq 50$  cm

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,156
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,031
Voorlopige correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,032
Berekeningswijze correctiebedrag	APX	

## 3.2 Waterkracht, valhoogte $\geq 50$ cm, renovatie

De kosten voor elektriciteitswinning uit waterkracht omvatten niet alleen de kosten voor energie-installatie, maar ook additionele voorzieningen die geëist worden door wet- en regelgeving bij constructie van een waterkrachtinstallatie. Deze paragraaf 3.2 Waterkracht, valhoogte  $\geq 50$  cm, renovatie is van toepassing op renovatie van bestaande waterkrachtcentrales, zoals het doorvoeren van visbeschermende maatregelen, in het kader van het aansluiten aan wet- en regelgeving.

Voor de categorie Waterkracht, valhoogte  $\geq 50$  cm, renovatie wordt ervan uitgegaan dat bij de referentie-installatie de turbines vervangen zullen worden voor visvriendelijke(re) varianten. Een dergelijke innovatieve visvriendelijke turbine lijkt voornamelijk de voornaamste manier om aan de strengere eisen op het gebied van vissterfte te voldoen. 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. Het lagere aantal vollasturen, in vergelijking met de categorie Waterkracht, valhoogte  $\geq 50$  cm, is gebaseerd op het aantal vollasturen van bestaande installaties die geschikt zijn voor renovatie.

De parameters voor deze categorie zijn niet veranderd ten opzichte van het eindadvies SDE+ 2016. Een overzicht van de technisch-economische parameters voor de referentie-installatie staat in Tabel 11.

**Tabel 11:** Technisch-economische parameters Waterkracht, valhoogte  $\geq 50$  cm, renovatie

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	1,0	
Vollasturen	[h/a]	2600	
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	1600	€ 1,6 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	80	€ 80.000 / jaar

In Tabel 12 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 12:** Overzicht van subsidieparameters Waterkracht, valhoogte  $\geq 50$  cm, renovatie

Waterkracht, valhoogte $\geq 50$ cm, renovatie	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,100
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,031
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,032
Berekeningswijze correctiebedrag	APX	

### 3.3 Vrije stromingsenergie, valhoogte $< 50$ cm

Naast het plaatsen van stuwdammen in rivieren (zoals beschreven in bovenstaande paragraaf 3.1 Waterkracht, valhoogte  $\geq 50$  cm en in paragraaf 3.2 Waterkracht, valhoogte  $\geq 50$  cm, renovatie), waarbij het gecreëerde verval van water stromend in één richting zorgt voor de opwekking van elektriciteit uit water, is het ook mogelijk om in vrij stromend water energie op te wekken. De categorie Vrije stromingsenergie, valhoogte  $< 50$  cm is bedoeld voor technieken zoals energie uit getijden/onderzeese stroming en energie uit golven, waarbij de opgewekte elektriciteit niet zozeer voorkomt uit het verval, maar uit de stroming van het water. Hieronder valt ook getijdenstroming door damdoorlatingen met bidirectionele opwekking (inshore vrije-getijdenstromingsenergie), indien de valhoogte beperkt blijft tot minder dan een halve meter.

Het eindadvies is voornamelijk gebaseerd op inshore vrije-getijdenstromingsenergie: projecten die gerealiseerd worden in of nabij kunstwerken zoals zeekeringen of halfdoorlatende dammen die gebruik maken van de aanwezige getijdenwerking, omdat deze op de korte termijn de grootste realisatiekansen hebben. Zo zijn bijvoorbeeld bij de Oosterscheldekering twee vergunningen afgegeven voor de benutting van getijdenenergie uit vrije stroming. Daarnaast zijn er plannen om de Brouwersdam weer waterdoorlatend te maken vanwege de waterkwaliteit van het Grevelingenmeer. Er wordt gekeken naar de mogelijkheid om in de nieuwe constructie een getijdencentrale toe te passen.

Het basisbedrag voor deze categorie ligt net onder de 20 ct/kWh. In Tabel 13 staan de gebruikte technisch-economische parameters voor energie uit vrije stroming. Deze zijn niet veranderd ten opzichte van het eindadvies van vorig jaar.

**Tabel 13:** Technisch-economische parameters Vrije stromingsenergie, valhoogte < 50 cm

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	1,5	
Vollasturen	[h/a]	3700	
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	5100	€ 7,7 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	155	€ 233.000 / jaar

In Tabel 14 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 14:** Overzicht van subsidieparameters Vrije stromingsenergie, valhoogte < 50 cm

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,192
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,031
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,032
Berekeningswijze correctiebedrag	APX	

### 3.4 Osmose

Voor deze categorie wordt een basisbedrag berekend voor een osmosecentrale, waarbij elektriciteit wordt opgewekt door het verschil in zoutconcentratie tussen zout en zoet water. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van zouthoudend industrieel proceswater of zeewater. De onzekerheid in de kosten van deze categorie is vanwege het stadium van de ontwikkeling nog zeer groot. Gezien het innovatietraject dat nog doorlopen moet worden voordat toepassingen op commerciële schaal beschikbaar komen, is ten behoeve van de berekening van het basisbedrag de bovenkant van deze brandbreedte gekozen. Het geadviseerde basisbedrag is integraal overgenomen uit het eindadvies SDE+ 2016 en dus op dezelfde technisch-economische parameterwaardes gebaseerd.

In Tabel 15 zijn de technisch-economische parameters voor osmose weergegeven.

**Tabel 15:** Technisch-economische parameters Osmose

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	1,0	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	37000	€ 37,0 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	213	€ 213.000 / jaar

In Tabel 16 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 16:** Overzicht van subsidieparameters Osmose

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	> 0,200
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,031
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,032
Berekeningswijze correctiebedrag	APX	

# 4

## Bevindingen zonne-energie

Dit hoofdstuk beschrijft de bevindingen voor de volgende categorieën gerelateerd aan zonne-energie:

- Fotovoltaïsche zonnepanelen,  $\geq 15$  kWp en aansluiting  $> 3 \times 80A$  (4.1)
- Zonthermie, apertuuroppervlakte  $\geq 200$  m<sup>2</sup> of  $> 140$  kW (4.2).

### 4.1 Fotovoltaïsche zonnepanelen, $\geq 15$ kW<sub>p</sub> en aansluiting $> 3 \times 80A$

#### Referentie-installatie

De referentie-installatie voor fotovoltaïsche systemen (PV-systemen)  $\geq 15$  kWp betreft een dakgebonden systeem van 250 kilowattpiek (kWp), gelijk aan het eindadvies voor de SDE+ 2016.

PV-systemen hebben een modulair karakter en kunnen daardoor in zeer uiteenlopende systeemgrootten worden opgesteld, van enkele kWp tot meerdere MWp. Het totale piekvermogen is afhankelijk van de capaciteit per paneel en het aantal zonnepanelen dat op de beschikbare oppervlakte wordt opgesteld. Het modulaire karakter van de technologie biedt kansen voor schaalvoordelen bij de inkoop van componenten en installatiewerkzaamheden. Echter bij grotere PV-systemen spelen specifieke kosten voor bijvoorbeeld netwerkaansluiting en opstalkosten een grotere rol dan bij kleinere systemen. Voor dit advies zijn ook systemen van 2 MWp en 5 MWp geanalyseerd en de resultaten geven geen aanleiding om de categorie zon-PV te splitsen in twee categorieën.

In dit advies wordt verondersteld dat een locatie wordt gekozen waarop panelen in optimale stand kunnen worden opgesteld, zonder negatieve productie-effecten van bijvoorbeeld schaduwwerking. Er wordt uitgegaan van een systeem met een initiële jaarlijkse productie van 990 kWh/kWp bij start van het project als gangbaar gemiddelde voor huidige nieuwe systemen. Tevens wordt gerekend met een jaarlijkse vermogensafname van 0,7%, met een sterkere afname in het eerste bedrijfsjaar. Deze

vermogensafname is verwerkt in een afnemend aantal vollasturen per jaar wat een gewogen opbrengst oplevert van 950 kWh/kWp per jaar.

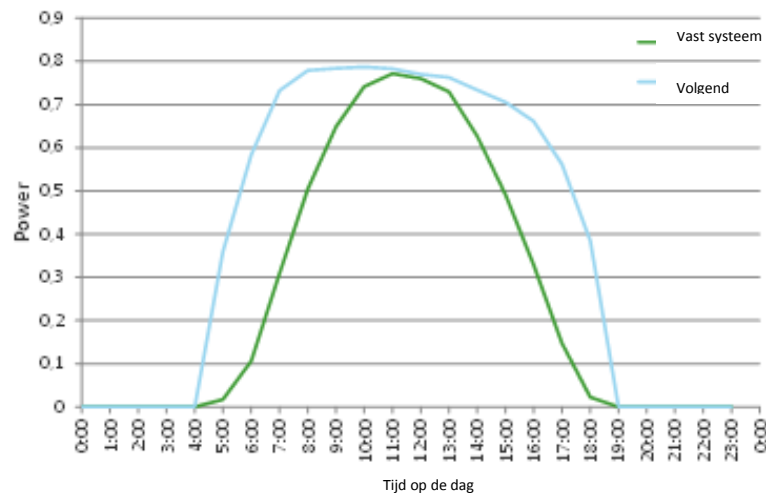
### **Veldsystemen**

In Nederland neemt de ervaring met grote veldsystemen geleidelijk toe, maar relevante data zijn slechts beperkt beschikbaar. In dit advies wordt er van uitgegaan dat de gekozen referentie-installatie ook voor veldsystemen representatief is. In vergelijking met daksystemen kennen veldsystemen zowel kostenvoordelen als -nadelen. Doordat het beschikbare oppervlak bij veldsystemen vaak groter is dan bij daksystemen, hebben veldsystemen in het algemeen een groter vermogen, met bijbehorend kostenvoordeel. Veldsystemen zijn echter soms ook in het nadeel door extra kostenposten rond bevestiging, opstalkosten, netwerkaansluiting en beveiliging.

### **PV-systemen op water**

De technologie om PV-systemen drijvend op water te realiseren is in ontwikkeling en op verschillende plaatsen in Nederland (en daarbuiten) wordt de toepassing onderzocht. Door het gebruik van een eenvoudig zonvolgsysteem, eventueel in combinatie met tweezijdig werkende panelen en door mogelijk lagere werktemperaturen kan de opbrengst tot 25% hoger zijn dan die van standaardssystemen op land of (platte) daken met een vaste oriëntatie, zie Figuur 1. Een systeem met tweezijdig werkende panelen en met zonvolgsysteem kent ook hogere kosten. Gezien het innovatieve karakter van de technologie, de vooralsnog onzekere kostenstructuur en de tot nu toe beperkte toepassing in Nederland worden de kosten van deze technologie in dit advies niet apart gekwantificeerd. Om er voor te zorgen dat het aantal vollasturen voor dergelijke systemen niet gelimiteerd wordt door de SDE+-regeling (waardoor ontwerpkeuzes beïnvloed zouden kunnen worden) wordt geadviseerd om een opslag van ca. 25% toe te passen ten opzichte van het maximum aantal vollasturen voor systemen met een vaste oriëntatie. Om drijvende PV-systemen optimaal op kWh-prijs te kunnen laten concurreren met de gangbare PV-systemen, adviseren ECN en DNV GL om het maximum aantal subsidiabele vollasturen voor drijvende PV-systemen op 1190 vollasturen in te stellen.

**Figuur 1:** Zon-PV systemen die met de zon meedraaien kunnen op jaarbasis tot 25% meer opbrengst hebben (éénassig volgsysteem). De figuur geeft aan dat de meeropbrengst ten opzichte van een vast systeem met zuidoriëntatie vooral in de ochtend en in de avond valt (figuur geldt voor een onbewolkte dag in juni).



### Netwerkaansluiting

Bij de gekozen referentie wordt er van uitgegaan dat het project kan worden aangesloten op een bestaande netwerkaansluiting en dat geen kosten hoeven te worden gemaakt voor het gebruik van het dakoppervlak. Voor grotere systemen bevindt een geschikte aansluiting zich niet altijd direct in het pand of op het terrein waarop het systeem gebouwd is. In deze gevallen wordt ervan uitgegaan dat een geschikte aansluiting in de nabijheid van het systeem wordt gebruikt. Wanneer dit uitgangspunt niet geldt, zullen hiervoor wel extra kosten moeten worden gemaakt. Uit de marktconsultatie volgt dat deze bij grote systemen in Nederland aanzienlijk kunnen zijn, ofschoon internationale ervaringen hierover een wisselend beeld opleveren. Deze kosten zijn niet meegenomen in het basisbedrag.

### Prijsontwikkeling

Voor een subsidietoekenning in de SDE+ 2017 geldt dat door de aanvrager binnen één jaar na beschikking de opdrachten voor de levering van onderdelen en voor de bouw van de productie-installatie moeten worden verstrekt. Omdat de opdrachtverlening voor zon-PV-systemen een beperkte doorlooptijd heeft, wordt in deze berekening uitgegaan van het verwachte prijsniveau bij opdrachtverlening in 2018.

De prijsontwikkeling van PV-systemen in de komende jaren is onzeker. In 2011 en 2012 was sprake van een zeer sterke prijsdaling van PV-modules, maar sindsdien is er sprake van een gematigdere daling van de prijzen. Voor het bepalen van de huidige prijzen van modules en omvormers wordt gebruik gemaakt van recente informatie, deels uit openbare bronnen en deels tijdens de marktconsultatie ontvangen. Op grond van een analyse van de historische groei en bijbehorende kostenniveaus wordt een leereffect van bijna 21% per verdubbeling van de wereldwijde productie van zonnepanelen verondersteld (Fraunhofer ISE, 2015). Deze leercurve op basis van wereldwijd geïnstalleerd vermogen wordt gebruikt voor de prijsprojectie van de moduleprijzen in 2018. Voor omvormers is de veronderstelde kostenreductie iets minder (20%).



Medio 2013 heeft de Europese Unie met Chinese PV-producenten een minimumprijs en een maximum handelsvolume afgesproken voor zonnepanelen uit China. Partijen die niet meedoen met deze afspraak krijgen een anti-dumpingimportheffing opgelegd. De prijzen van modules uit Europa en Japan komen sinds de heffing steeds dichterbij de Chinese moduleprijzen te liggen. De minimumprijs is per 1 april 2014 aangepast op basis van prijsontwikkelingen in de markt, van 0,56 €/Wp naar 0,53 €/Wp. Per 1 april 2015 is de minimumprijs daarentegen juist verhoogd naar 0,56 €/Wp, in verband met de zwakke koers van de euro. Op 5 december 2015 is de Europese Commissie een evaluatie gestart. Dit proces kan ruim een jaar duren en de uitkomst ervan is ongewis. PV-moduleprijzen in 2016 variëren wereldwijd van minder dan 0,5 €/Wp tot meer dan 0,6 €/Wp. Deze prijzen in acht nemend wordt voor dit SDE+-advies voor 2017 een moduleprijs van 0,55 €/Wp in 2016 aangenomen waarbij het leereffect toegepast wordt om de prijs voor 2018 te bepalen.

Prijzen van andere componenten zoals de omvormer zijn de afgelopen jaren eveneens gedaald. De prijs van de omvormer is zeer afhankelijk van de grootte van het systeem; bij de gekozen referentie grootte ligt de prijs in 2018 rond 0,09 €/Wp. Voor de omvormer wordt een leereffect van bijna 20% per verdubbeling waargenomen. De prijs van overige componenten, zoals montagemateriaal, bekabeling en arbeid wordt verondersteld te dalen door toename van de efficiëntie van zonnepanelen. In dit conceptadvies wordt aangenomen dat de prijzen voor de verschillende componenten, ten opzichte van het advies van vorig jaar, verder dalen langs een berekende leercurve. Dit betekent een prijsdaling van ongeveer 6% per jaar voor modules en omvormers en bijna 2,5% voor installatiemateriaal en arbeidskosten.

#### **Kostenparameters**

De totale investeringskosten van dakgebonden *turn key*-systemen met een omvang van ongeveer 250 kWp bedroegen in 2015 ongeveer 1,1 €/Wp. Rekening houdend met gematigde verdere prijsdaling en inflatie, gaat dit advies uit van een prijsniveau in 2018 van 1,025 €/Wp, oftewel 1025 €/kWp.

In de regel wordt voor onderhouds- en beheerkosten (O&M) voor zonnepanelen een bedrag van 1 tot 2% van de investeringssom gehanteerd. Dit advies gaat voor O&M uit van een bedrag van 17 €/kWp. Dit bedrag zou toereikend moeten zijn voor alle onderhoud, schoonmaak, verzekering van de installatie, verlenging van de garantieduur van de omvormer, beheer en overige operationele kosten van de installatie. Zoals hierboven al beschreven worden opstal- en beveiligingskosten, mogelijk relevant voor grondgebonden systemen, niet expliciet meegenomen. Kosten gerelateerd aan de (bestaande) aansluiting worden geacht niet te veranderen.

De technisch-economische parameters zijn samengevat in Tabel 17.

**Tabel 17:** Technisch-economische parameters dakgebonden zon-PV

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW <sub>p</sub> ]	0,25	
Vollasturen	[MWh/MW <sub>p</sub> per jaar]	950 (1190 voor drijvende PV)	
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	1025	€ 256.250
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	17	€ 4.250 / jaar

In Tabel 18 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven. De basisprijs is berekend aan de hand van verwachte elektriciteitsprijzen (basislast), waarop gecorrigeerd is voor profiel- en onbalanskosten.

**Tabel 18:** Overzicht subsidieparameters fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kWp en aansluiting >3\*80A

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag	[€/kWh]	0,125
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,026
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,033
Berekeningswijze correctiebedrag	APX x "profiel- en onbalansfactor"	

## 4.2 Zonthermie, apertuuroppervlakte van 200 m<sup>2</sup> of ≥ 140 kW

De ondergrens van de systeemgrootte voor zonthermische systemen voor SDE+ ligt bij een apertuuroppervlakte van 200 m<sup>2</sup>. Beneden deze ondergrens kunnen systemen in aanmerking komen voor een investeringssubsidie via de ISDE. De SDE+ stimuleert de hernieuwbare energieproductie via een jaarlijks uit te keren productievergoeding in euro per kWh warmte; de ISDE keert eenmalig een subsidiebedrag uit afhankelijk van de jaaropbrengst van het zonneboilersysteem. De grens van 200 m<sup>2</sup> moet identiek zijn in beide regelingen zodat er in alle gevallen subsidie is en geen overlap bestaat tussen de regelingen.

Voor de categorie zonthermie in de SDE+ wordt uitgegaan van een systeem voor tapwaterverwarming voor grote verbruikers, uitgerust met (door een lichtdoorlatende laag) afgedekte zonnecollectoren. Systemen die zonthermische collectoren uitsluitend gebruiken voor het regenereren van warmte-koudeopslag (WKO) zijn niet beoogd voor subsidie vanuit de SDE+. Dat is de reden om onafgedekte collectoren niet in aanmerking te laten komen.

Voor het eindadvies SDE+ 2017 is gekeken naar of het noodzakelijk is om nieuwe categorieën voor zonthermie te definiëren, dan wel om de minimale oppervlakte-eis voor sommige types collector (met name vacuümbuiscollectoren met een in vergelijking

tot de bruto afmetingen van de collector relatief klein apertuuroppervlak) aan te passen. Deze analyse heeft niet geleid tot wijzigingen in de categorisering of in de oppervlakte-eis. Hiermee blijft het tweespan ISDE/SDE+ naar inzicht van ECN en DNV GL in beginsel een coherent en solide stimuleringspakket voor hernieuwbare warmte uit zonthermische collectoren.

Sommige hoogrendementscollectoren (zoals bijvoorbeeld vacuümbuis of -plaatcollectoren) kunnen mogelijk benadeeld worden omdat de subsidiabele productie hoger kan worden dan 700 kWh/kW, het maximale aantal te claimen vollasturen. Vanaf 1 januari 2015 is het in SDE+ mogelijk om overproductie in het ene jaar (tot een maximum van 25% van de maximale subsidiabele jaarproductie, dus 175 kWh/kW in het geval van zonthermie) in het volgende jaar (backward banking) op te voeren, mits de subsidiabele jaarproductie in dat jaar niet reeds bereikt is. Onderproductie was al langere tijd te compenseren via forward banking. Na de reguliere subsidieperiode van 15 jaar krijgt de producent van zonnewarmte nog één jaar de tijd om eventueel niet benutte productie in te halen. Deze mechanismen zorgen voor extra zekerheid dat de beoogde subsidiabele jaarproductie over de gehele looptijd van het project geclaimd kan worden, maar het is geen oplossing voor structureel beter presterende collector-systemen. De overproductie kan wel beperkt worden via keuzes in het ontwerp van het zonthermische systeem; over het algemeen geldt namelijk bij warmtapwatersystemen dat het aantal vollasturen afneemt bij een hogere dekkingsgraad. Anders gezegd: bij een lage zonnedeckingsgraad is het aantal vollasturen eerder beperkend; de SDE+ geeft dan een prikkel om te opteren voor een hogere dekkingsgraad.

Tabel 19 geeft de technisch-economische parameters voor een systeem van 200 m<sup>2</sup> collectoroppervlak of 140 kW, dat inhoudelijk ongewijzigd is ten opzichte van vorige jaar.

**Tabel 19:** Technisch-economische parameters energie uit zonthermie, apertuuroppervlakte van 200 m<sup>2</sup> of ≥ 140 kW

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	0,14	
Vollasturen	[h/a]	700	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	600	€ 84 duizend
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output/a</sub> ]	1,9	€ 268 / jaar

In Tabel 20 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 20:** Overzicht subsidieparameters zonthermie, apertuuroppervlakte ≥ 200 m<sup>2</sup> of > 140 kW

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,095
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,028
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,029
Berekeningswijze correctiebedrag	(TTF + energiebelasting) / gasketelrendement	

# 5

## Bevindingen windenergie

Dit hoofdstuk beschrijft de bevindingen voor de volgende categorieën gerelateerd aan windenergie:

- Wind op land (5.1)
- Wind op primaire waterkeringen (5.2)
- Wind in meer, water  $\geq 1 \text{ km}^2$  (5.3).

### 5.1 Wind op land

#### 5.1.1 Uitgangspunten en rekenmethode

##### **Uitgangspunten van het ministerie van Economische Zaken**

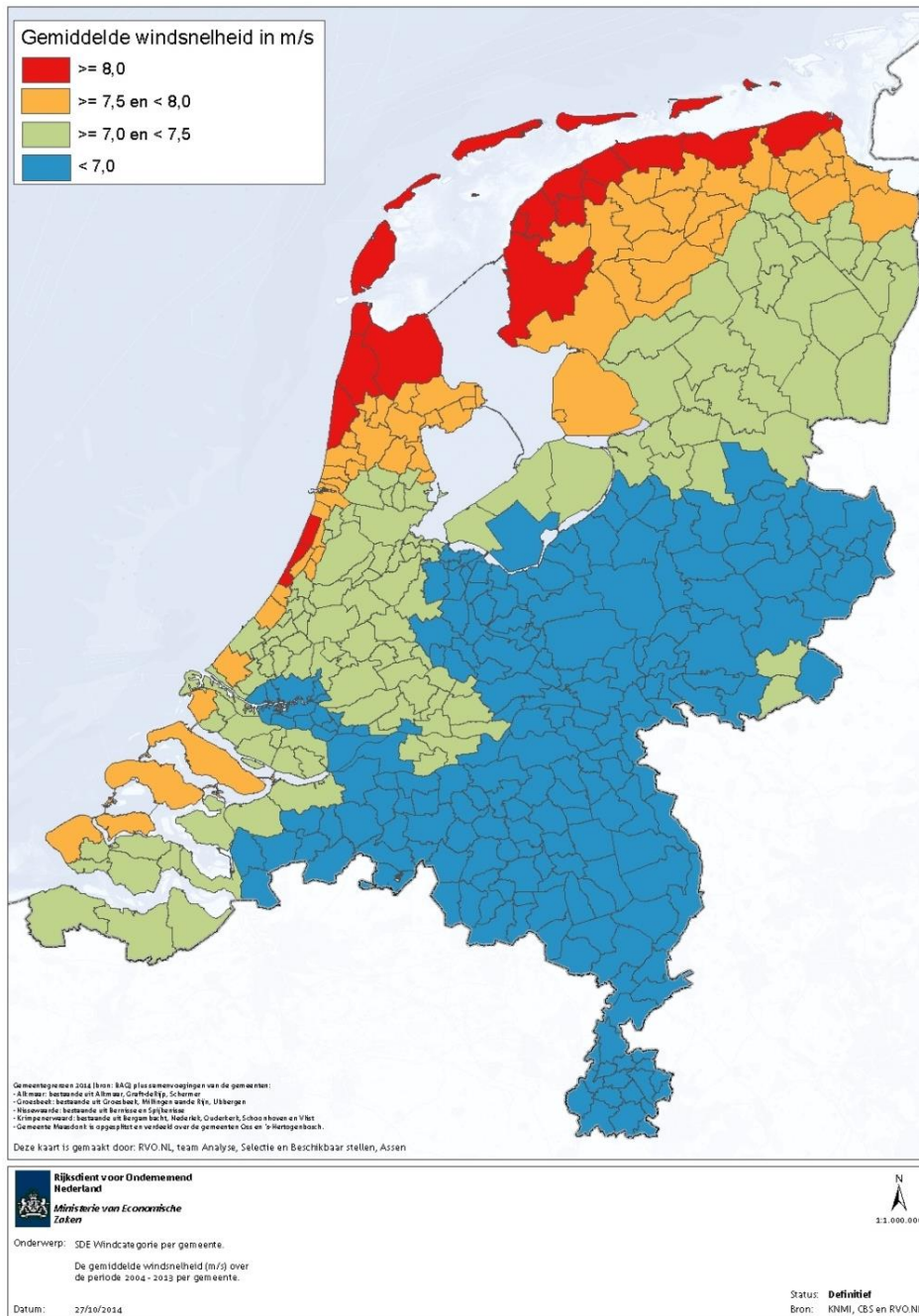
Het ministerie van Economische Zaken heeft voor de SDE+ 2017 de volgende algemene uitgangspunten meegegeven voor de categorieën gerelateerd aan windenergie:

- Winddifferentiatie naar gemeentegrenzen, zoals geïntroduceerd voor de SDE+ 2015;
- Geen generieke vollasturencap;
- Wederom 10% verlaging van de grondkosten ten opzichte van het advies ten behoeve van de SDE+ 2016;
- Participatiekosten en voorbereidingskosten worden niet meegerekend in de berekening van het basisbedrag.

De winddifferentiatie is gebaseerd op de windkaart die het KNMI voor de SDE+ heeft gegenereerd in 2014 (Geertsema en Van den Brink, 2014). Op basis van de windkaart van het KNMI zijn vier windsnelheidscategorieën gedefinieerd voor gemeenten zoals weergegeven in Figuur 2.

Figuur 2: Indeling van gemeenten naar windsnelheid<sup>6</sup>

## Windsnelheid per gemeente in Nederland



Bron: KNMI, CBS, RVO.NL (2014).

<sup>6</sup> *Uitzondering: opknip gemeente Rotterdam*

Op basis van grote windsnelheidsverschillen voor de gemeente Rotterdam is bij uitzondering deze gemeente opgeknipt in twee gebieden op basis van wijknummers: A) wijken 1323, 1318 en 1327; B) overige wijken in Rotterdam.

**Tabel 21:** Onderverdeling windsnelheidscategorieën voor windenergie

Categorie	Windsnelheid op 100 meter [m/s]
I	≥ 8,0
II	7,5 – 8,0
III	7,0 - 7,5
IV	< 7,0

**Rekenmethode en aannames**

Voor de berekeningen van de SDE+ 2017 voor windenergie zijn verschillende uitgangspunten gehanteerd en aannames gedaan. De hieruit resulterende technisch-economische parameters staan in Tabel 22. De parameters worden in de onderstaande tekst nader toegelicht.

**Tabel 22:** Technisch-economische parameters voor windenergie op land

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Grootte van het referentiepark	[MW]	50,0	
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	1290	64,5 miljoen euro
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	12,4	620.000 euro/jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0166	

**Algemene uitgangspunten**

Voor de berekeningen voor wind op land wordt evenals vorig jaar voor alle vier de windsnelheidscategorieën uitgegaan van een gemiddeld windpark van 50 MW. ECN en DNV GL hebben een referentie grootte berekend, die zowel recht doet aan kleinere (15MW) parken als aan de grote RCR-projecten (>100MW).

**Investeringskosten: 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 kranen). ECN en DNV GL zien dit jaar wederom een daling in de turbineprijzen van enkele procenten.

Bovenop de turbineprijs komen kosten voor fundering (inclusief heipalen), elektrische infrastructuur in het park, netaansluiting, civiele infrastructuur, bouwrente en CAR-verzekering tijdens de bouw. De absolute meerkosten zijn dit jaar gelijk gehouden aan de absolute meerkosten van vorig jaar. Dit komt dit jaar uit op een percentage van 33% van de turbinekosten. De totale investeringskosten komen hiermee uit op een totaalbedrag van 1290 €/kW.

**O&M-kosten: variabele en vaste operationele kosten**

De variabele kosten, behoudens grondkosten, bestaan uit onder meer garantie- en onderhoudscontracten en zijn dit jaar eveneens gedaald. De variabele kosten liggen op ongeveer 0,0095 €/kWh. Turbinefabrikanten bieden de onderhoudscontracten naar keuze ook steeds vaker op basis van een vaste prijs per turbine aan. Deze prijzen liggen gemiddeld in een range van 20-30 €/kW. Zowel de variabele als de vaste kosten voor garantie- en onderhoudscontracten zijn turbine-afhankelijk doorgerekend in het model.

Bovenop de genoemde variabele kosten komen de grondkosten. Sinds de SDE+ 2014 rekenen ECN en DNV GL op aangeven van EZ met een jaarlijkse verlaging van 10% op de grondkosten. Hierdoor is voor de SDE+ 2017 gerekend met grondkosten die op 0,0035 €/kWh liggen. Hiermee komen de totale variabele O&M-kosten voor deze categorie op 0,0166 €/kWh.

De vaste jaarlijkse kosten betreffen kosten voor WA-verzekering, machinebreukverzekering, stilstandverzekering, netinstandhoudingskosten, eigenverbruik, OZB, beheer en land- en wegenonderhoud. ECN en DNV GL hebben in dit advies gerekend met dezelfde jaarlijkse kosten als in de SDE+ 2016, zijnde 12,4 €/kW.

Verder wordt voor de totale onderhoudskosten, inclusief grondkosten, gerekend met een inflatie van 1,5% per jaar.

### **Overige kosten**

Vorig jaar hebben ECN en DNV GL nader gekeken naar de participatiekosten. Het is de bedoeling dat met de NWEA-gedragscode, waarin een richtbedrag van 0,4-0,5 €/kWh is opgenomen, participatiekosten bij alle projecten een rol gaan spelen. ECN en DNV GL hebben echter opnieuw het uitgangspunt meegekregen om deze kosten niet mee te rekenen in het basisbedrag omdat het ministerie van EZ participatie beschouwt als het mee laten delen in het rendement op de investering en deze kosten daarmee onderdeel zijn van het rendement op het (eigen) vermogen.

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

### **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 afzonderlijke turbines berekend met behulp van de specifieke vermogenskromme per windturbine bij de jaargemiddelde windsnelheden uit Figuur 2. In het model wordt de windsnelheid (op een hoogte van 100 meter) uit de tabel gecorrigeerd voor de daadwerkelijke ashoogte van de betreffende turbine. Daarnaast wordt in het model alleen gerekend met de turbines die volgens de IEC-classificering ook daadwerkelijk bij de betreffende windsnelheid geplaatst mogen worden.

Evenals vorig jaar hebben ECN en DNV GL gerekend met 13% opbrengstverliezen voor een referentiepark van 50 MW. Deze verliezen worden onder andere veroorzaakt door zogverliezen, niet-beschikbaarheid, elektrische verliezen, *turbine performance*, *environmental losses* en *curtailment*.

## 5.1.2 Overzicht basisbedragen

De resulterende basisbedragen staan in Tabel 23 en moeten gelezen worden in combinatie met Figuur 2, waarin de Nederlandse gemeenten gedifferentieerd zijn naar windsnelheidscategorieën. De kaart bepaalt voor een project tot welk basisbedrag maximaal mag worden ingediend in een bepaalde gemeente.

Bijvoorbeeld: een project in een gemeente met een rode kleur mag indienen voor de categorie 'Wind op land,  $\geq 8,0$  m/s' (met een basisbedrag van 0,064 €/kWh) tegen een projectspecifiek maximum aantal vollasturen.

**Tabel 23:** Basisbedragen voor Wind op land

Categorie	Basisbedrag (€/kWh)	Kleur gemeenten die mogen indienen
Wind op land, $\geq 8,0$ m/s	0,064	Rood
Wind op land, $\geq 7,5$ en $< 8,0$ m/s	0,070	Oranje
Wind op land, $\geq 7,0$ en $< 7,5$ m/s	0,075	Groen
Wind op land, $< 7,0$ m/s	0,085	Blauw

In Tabel 24 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 24:** Overzicht subsidieparameters Wind op land

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	€/kWh	0,064-0,085
Basisprijs SDE+ 2017	€/kWh	0,025
Voorlopig correctiebedrag 2017	€/kWh	0,028
Berekeningswijze correctiebedrag	APX x "profiel- en onbalansfactor"	



## 5.2 Wind op primaire waterkeringen

### 5.2.1 Uitgangspunten en rekenmethode

Voor de categorie Wind op primaire waterkeringen zijn ECN en DNV GL uitgegaan van windturbines die geplaatst worden binnen de beschermingszones van een primaire waterkering als bedoeld in paragraaf 2.7 van bijlage 1 van de Regeling veiligheid primaire waterkeringen dan wel binnen de kernzone of binnen de beschermingszone aan de waterkant van een primaire waterkering grenzend aan de Noordzee, de Westerschelde, de Oosterschelde, de Waddenzee, de Dollard of de Eems.

Tabel 25 toont de technisch-economische parameters voor Wind op primaire waterkeringen. Deze parameters zijn, op de investeringskosten na, gelijk aan die van de categorie wind op land. Een toelichting hierop volgt in onderstaande tekst. Voor een toelichting op de overige parameters (en de rekenmethode) wordt verwezen naar paragraaf 5.1 over windenergie op land.

**Tabel 25:** Technisch-economische parameters voor Wind op primaire waterkering

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	50,0	
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	1460	€ 73 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	12,4	€ 620.000 / jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0166	

#### Hogere investeringskosten voor Wind op primaire waterkering

Het plaatsen van een windturbine in de categorie Wind op primaire waterkering leidt ten opzichte van de normale categorie Windenergie op land tot de volgende extra kosten:

- Funderingskosten: het plaatsen van een windturbine mag geen dijkverzwakking tot gevolg hebben. Hiervoor moeten in sommige gevallen extra damwanden geplaatst worden.
- Civiele werken: voor de kraanopstelplaatsen en toegangswegen kunnen eveneens damwanden nodig zijn.
- Netaansluitingen: de aansluitingsmogelijkheden voor wind op primaire waterkeringen bevinden zich vaak op grotere afstand. Bovendien moeten vaak extra boringen onder het wateroppervlak gedaan worden.

Voor Wind op primaire waterkering zijn de absolute meerkosten gelijk gehouden aan de absolute meerkosten van vorig jaar. Dit komt overeen met 50% van de turbineprijzen. Door de daling in de turbineprijzen (zie paragraaf 5.1) is evenals voor Wind op land ook een aanpassing in de totale investeringskosten gedaan. De investeringskosten zijn gedaald naar 1460 €/kW.

## 5.2.2 Overzicht basisbedragen

De resulterende basisbedragen voor Wind op primaire waterkering staan in Tabel 26 en moeten gelezen worden in combinatie met Figuur 2, waarin de Nederlandse gemeenten gedifferentieerd zijn naar windsnelheidscategorieën. Voor deze categorie is namelijk, evenals voor wind op land, winddifferentiatie van toepassing. De windkaart bepaalt tot welk basisbedrag mag worden ingediend voor een project in een bepaalde gemeente.

Bijvoorbeeld: een project in een gemeente met een rode kleur mag indienen voor categorie 'Wind op primaire waterkering,  $\geq 8,0$  m/s' (met een basisbedrag van 0,069 €/kWh) tegen een projectspecifiek maximum aantal vollasturen.

**Tabel 26:** Basisbedragen Wind op primaire waterkering

Categorie	Basisbedrag [€/kWh]	Kleur gemeenten die mogen indienen
Wind op primaire waterkering, $\geq 8,0$ m/s	0,069	Rood
Wind op primaire waterkering, $\geq 7,5$ en $< 8,0$ m/s	0,075	Oranje
Wind op primaire waterkering, $\geq 7,0$ en $< 7,5$ m/s	0,080	Groen
Wind op primaire waterkering, $< 7,0$ m/s	0,091	Blauw

In Tabel 27 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 27:** Overzicht subsidieparameters Wind op primaire waterkering

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,069-0,091
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,025
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,028
Berekeningswijze correctiebedrag	APX x "profiel- en onbalansfactor"	

## 5.3 Wind in meer, water $\geq 1$ km<sup>2</sup>

### 5.3.1 Uitgangspunten en rekenmethode

Tabel 28 toont de technisch-economische parameters voor Wind in meer. Deze parameters (behalve de vaste O&M-kosten) wijken af van de parameters gehanteerd voor Wind op land. Een toelichting op de afwijkende parameters is te vinden in onderstaande tekst. Voor een toelichting op de vaste O&M-kosten wordt verwezen naar paragraaf 5.1 over Wind op land.

**Tabel 28:** Technisch-economische parameters Wind in meer

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	150,0	
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	2510	€ 381 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	12,4	€ 1.860.000 / jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0236	

Voor Wind in meer is gerekend met een parkgrootte van 150 MW. Door de grootte van het park zijn de zogverliezen hoger dan bij het referentiepark van 50 MW. In deze categorie wordt gerekend met een totaal van 17% projectverliezen in plaats van de 13% die geldt voor de categorie Wind op land. Er is gerekend met een windsnelheid van 8,5 m/s, omdat aangenomen is dat Wind in meer projecten geplaatst worden in water waarboven een hoge windsnelheid heerst.

Door de daling in de turbineprijzen (zie paragraaf 5.1) is evenals voor Wind op land ook een aanpassing in de totale investeringskosten gedaan; deze zijn gedaald naar 2510 €/kW. In tegenstelling tot Wind op land en Wind op primaire waterkeringen zijn de onderhoudskosten voor Wind in meer niet gedaald. Evenals voorgaande jaren is daarom voor deze categorie gerekend met variabele O&M-kosten van 0,0201 €/kWh. Hier bovenop komen de grondkosten van 0,0035€/kWh, conform de beschrijving in 5.1.1., zodat de totale variabele O&M-kosten op 0,0236 €/kWh uit komen.

### 5.3.2 Overzicht basisbedragen

Het resulterende basisbedrag voor Wind in meer en enkele andere subsidieparameters staan in Tabel 29. Evenals voor de andere windenergiecategorieën is voor wind in meer de vollasturencap afgeschaft, maar geldt een projectspecifieke vollasturencap. Voor wind in meer is géén winddifferentiatie van toepassing. Verwacht wordt dat wind-in-meerprojecten alleen in de windrijkere delen van Nederland ontwikkeld worden.

**Tabel 29:** Overzicht subsidieparameters Wind in meer

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,104
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,025
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,028
Berekeningswijze correctiebedrag	APX x "profiel- en onbalansfactor"	

# 6

## Bevindingen geothermie

Dit hoofdstuk beschrijft de bevindingen over de categorieën gerelateerd aan geothermie. Achtereenvolgens worden in de volgende paragrafen besproken:

- Geothermie warmte  $\geq$  500 meter (6.1)
- Geothermie warmte  $\geq$  3500 meter (6.2)

Dit jaar wordt op verzoek van het ministerie van Economische Zaken geen advies uitgebracht over:

- de SDE+ categorie Geothermie, gecombineerde opwekking diepte  $\geq$  500 meter,
- mogelijkheden tot uitbreiding van geothermiebronnen,
- geothermiebronnen die gebruik maken van bestaande olie- en gasputten.

De door het ministerie van Economische Zaken opgestelde onderzoeksvraag aan ECN, DNV GL en TNO beperkt zich tot de categorieën voor geothermische warmte op dieptes van meer dan 500 meter en meer dan 3500 meter.

### 6.1 Geothermie warmte $\geq$ 500 meter

In deze paragraaf wordt het advies voor de categorie voor geothermie ten behoeve van lagetemperatuurwarmte nader toegelicht. Hiermee is deze categorie representatief voor het toepassingsgebied van een groot aantal geothermische warmteprojecten, met name in de glastuinbouw.

Stadsverwarmingsprojecten zijn afwijkend van glastuinbouwprojecten en passen daardoor minder goed in deze categorie; een hogere retourtemperatuur en minder vollasturen zijn vaak kenmerkend voor een project dat zich met name richt op stadsverwarming. Geothermieprojecten met als enkel doel het voeden van stadsverwarmingsnetten zullen daardoor vaak duurder uitvallen dan de referentie-installatie.

Voor de geothermie projecten in deze categorie zijn parameters met een grote invloed op het thermisch bronvermogen van onder andere de brontemperatuur (gerelateerd aan onder andere de boordiepte van het doublet) en het debiet van de vloeistofstromen (gerelateerd aan onder andere de aquifereigenschappen en de diameter van de productie- en injectiebron). Zowel boordiepte als ook de putdiameter hebben een grote invloed op het investeringsbedrag voor geothermische projecten.

Voor de berekening van het basisbedrag zijn vier verschillende vergelijkingsprojecten geconfigureerd voor laagtemperatuurwarmte afkomstig uit geothermie, waarbij verschillende boordieptes en verschillende putdiameters zijn aangenomen. De brondiepte voor de vergelijkingsprojecten is hierbij bepaald op 2300 en 3000 meter. Hiernaast is gerekend met twee boorgatdiameters: 5,5 en 8,5 inch. Het bronvermogen voor de verschillende cases varieert hierdoor tussen 7 en 22 MW, maar voor een SDE+ aanvraag is de diepte leidend en mogen projecten met zowel kleinere als grotere vermogens aanvragen in deze categorie. Voor deze vier vergelijkingsprojecten is een warmtetransportleiding meegenomen, waarvan de lengte varieert van één kilometer voor de kleinere projecten tot 4 kilometer voor het project met het hoogste bronvermogen.

Voor deze vergelijkingsprojecten zijn voor ieder van de configuraties de kostprijsbedragen uitgerekend. Het basisbedrag voor deze categorie is vastgesteld aan de hand van de referentiecasse zoals weergegeven in Tabel 30 en Tabel 31, waarbij ook de volgende kenmerken van belang zijn:

- De bouwrente voor een constructieperiode van twee jaar is verdisconteerd in de investeringskosten;
- Er is een restwaarde meegenomen van 20% van de investeringskosten aan het eind van de SDE+-looptijd van 15 jaar. Ervaring uit het buitenland leert namelijk dat geothermiebronnen veelal langer kunnen blijven produceren dan de 15-jarige looptijd van de SDE+.
- Er worden kosten gereserveerd voor installaties ter afvangst van olie en gas;
- De door de SDE+ regeling gevraagde geologische rapportage valt onder de projectvoorbereidingskosten en is derhalve niet meegenomen in de referentiecasse.

Tabel 30 geeft de technisch-economische parameters weer voor de referentiecasse van deze categorie, met een boordiepte van 3000 meter en een bronvermogen van 12 MW.

**Tabel 30:** Technisch-economische parameters voor Geothermie warmte  $\geq 500$  meter

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Thermisch outputvermogen	[MW]	12	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	5500	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	1622	€ 19,5 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output/a</sub> ]	59	€ 708.000 / jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	0,0080	

In Tabel 31 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 31:** Overzicht subsidieparameters Geothermie warmte  $\geq$  500 meter

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,053
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,012
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,012
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF x 70%	

## 6.2 Geothermie warmte $\geq$ 3500 meter

Deze categorie richt zich op hogere temperatuurtoepassingen voor met name industriële processen en wordt gekenmerkt door de grotere boordiepte van het doublet. Ook voor deze categorie zijn meerdere configuraties doorgerekend. Drie vergelijkingsprojecten zijn hierbij nader bekeken, waarbij de boordiepte 3700, 4000 en 6000 meter bedraagt en de diameter van de put van 8½ inch. Het bronvermogen voor de verschillende cases varieert hierdoor tussen de 15 en 27 MW, maar voor een SDE+ aanvraag is de diepte leidend en mogen projecten met zowel kleinere als grotere vermogens aanvragen in deze categorie. Voor deze drie vergelijkingsprojecten is een warmtetransportleiding meegenomen, waarvan de lengte varieert van 0,5 kilometer voor de kleinste project tot 4 kilometer voor het project met het hoogste bronvermogen. Vanwege de grotere boordiepte zijn ook kosten voor reservoirstimulatie meegenomen ter hoogte van 4 miljoen euro per doublet.

Voor deze vergelijkingsprojecten zijn voor ieder van de configuraties de kostprijsbedragen uitgerekend. Deze laten vrijwel eenzelfde kostprijs per kWh zien. Het basisbedrag voor deze categorie is vastgesteld op de referentiecasse, zoals weergegeven in Tabel 32 en Tabel 33, waarbij de volgende kenmerken van belang zijn:

- De bouwrente van een constructieperiode van twee jaar is verdisconteerd in de investeringskosten;
- Er is een restwaarde meegenomen van 20% van de investeringskosten aan het eind van de SDE+-looptijd van 15 jaar. Ervaring uit het buitenland leert dat geothermiebronnen veelal langer kunnen blijven produceren.
- Er worden kosten gereserveerd voor installaties ter afvangst van olie en gas;
- De door de SDE+ regeling gevraagde geologische rapportage valt onder de projectvoorbereidingskosten en is derhalve niet meegenomen in de referentiecasse.

Tabel 32 geeft de technisch-economische parameters weer voor de referentiecasse van deze categorie, met een boordiepte van 3700 meter en een bronvermogen van 15 MW. Zie ook Tabel 33 voor overige subsidieparameters.

**Tabel 32:** Technisch-economische parameters Geothermie warmte  $\geq$  3500 meter

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Thermisch outputvermogen	[MW]	15	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	2393	€ 35,9 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> /a]	86	€ 1.290.000 / jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	0,0057	

In Tabel 33 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 33:** Overzicht subsidieparameters Geothermie warmte  $\geq$  3500 meter

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,057
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,012
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,012
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF x 70%	



# 7

## Bevindingen waterzuivering

Dit hoofdstuk beschrijft de bevindingen over de volgende categorieën gerelateerd aan waterzuivering (AWZI/RWZI):

- RWZI, centrale thermofiele vergisting van secundair slib (7.1)
- AWZI/RWZI WKK - thermische drukhydrolyse (7.2)
- AWZI/RWZI – hernieuwbaar gas (7.3)

De typering van de categorieën is ongewijzigd ten opzichte van de SDE+ 2016. De reacties uit de marktconsultatie voor een meer technologie-neutrale benadering van de waterzuivering worden separaat van dit advies uitgewerkt.

### 7.1 RWZI, centrale thermofiele vergisting van secundair slib

Voor deze categorie wordt een basisbedrag berekend voor thermofiele vergistingsinstallaties waarin secundair slib, afkomstig van meerdere RWZI's, centraal wordt verwerkt en het geproduceerde biogas door middel van een WKK-installatie wordt omgezet in warmte en elektriciteit. Het geadviseerde basisbedrag is op dezelfde technisch-economische parameterwaardes gebaseerd als het advies voor 2016. De case is berekend op basis van een slibverwerkingsprijs van 64 €/ton die wordt uitgespaard bij nuttige toepassing door vergisting. Deze waarde is gekozen als laagste prijs: indien gerekend wordt met nog lagere slibverwerkingsprijzen zal het basisbedrag zeer sterk toenemen, terwijl het gehele waterzuiveringproces goedkoper wordt. Voor deze case is uitgegaan van informatie verstrekt door waterschappen. Door de afbraak van secundair slib van diverse RWZI's op basis van deze techniek worden slibverwerkingskosten bespaard. Dit wordt berekend ten opzichte van de referentiesituatie waarin alle slib verwerkt moet worden. Dit komt terug als negatief bedrag bij de O&M-kosten. Daarnaast zijn de kosten voor de gasmotor-WKK in de case meegenomen.

Extra biogasproductie leidt tot grotere afbraak van slib, waardoor bespaard wordt op de slibverwerkingskosten.

**Tabel 34:** Technisch-economische parameters voor RWZI, centrale thermofiele vergisting van secundair slib

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	1,90	
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	0,70	
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	0,92	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	37%	
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	6485	€ 10,5 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	-493	-€ 798.000 / jaar

In Tabel 35 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 35:** Overzicht subsidieparameters RWZI, centrale thermofiele vergisting van secundair slib

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,048
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,023
Warmtekrachtverhouding	E:W	0,66
Samengesteld aantal vollasturen	uur/jaar	5729
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,024
Berekeningswijze correctiebedrag	$(APX + TTF \times 70\% \times WK) / (1 + WK)$	

## 7.2 AWZI/RWZI WKK - thermische drukhydrolyse

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

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 de vergistingsinstallatie met een installatie voor thermische drukhydrolyse. Hierdoor wordt een hogere gasopbrengst per ton slib bereikt. Door de voorgeschakelde hydrolyse neemt ook de slibverwerkingscapaciteit van de bestaande installatie toe. Een bijkomend voordeel is dat het slibdigestaat, dat ontstaat na vergisting van slib dat is voorbehandeld met een thermische drukhydrolyse, nog verder ontwaterd kan worden, wat leidt tot lagere transportkosten.

In de referentie-installatie zijn alleen de investeringskosten in de thermische drukhydrolyse opgenomen. De kosten voor de ontwatering en modificaties aan de

bestaande vergistingstank zijn verondersteld te worden gecompenseerd door de lagere transportkosten van de afvoer van het slib.

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

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

De hydrolyse kent een eigen warmtevraag. Aan deze warmtevraag kan voldaan worden door de WKK met behulp van de gehele gasopbrengst van de vergister (ca. 360 Nm<sup>3</sup>/uur ruw biogas). Bij ruwbiogaslevering 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 GL dat een WKK-optie hier meestal nuttig zal zijn, waarbij een WKK van ca. 720 kW<sub>e</sub> de benodigde warmte kan leveren. In deze configuratie wordt alle warmte voor het interne proces gebruikt en blijft alleen hernieuwbare elektriciteit als geleverd product over waarover een SDE+-vergoeding ontvangen kan worden.

Deze configuratie zal waarschijnlijk voor het merendeel van de RWZI's van toepassing zijn, omdat externe warmte meestal niet beschikbaar is voor een RWZI. Voor die situaties waar dat wel zo is, wordt een nieuwe categorie 'AWZI/RWZI Groen Gas - thermische drukhydrolyse' geadviseerd.

**Tabel 36:** Technisch-economische parameters voor AWZI/RWZI – thermische drukhydrolyse

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Totaalbedrag voor referentie
Doorzet slib	[ton droge stof/jaar]	16079	
Vollasturen	[uur/jaar]	8000	
WKK-vermogen (netto)	[kW <sub>e</sub> ]	723	
Totale investering	[€/kW <sub>e</sub> ]	6100	€ 4,4 miljoen
Totale variabele kosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	800	€ 578.000 / jaar

In Tabel 37 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 37:** Overzicht subsidieparameters AWZI/RWZI - thermische drukhydrolyse

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,084
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,031
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,032
Berekeningswijze correctiebedrag	APX	

## 7.3 AWZI/RWZI – hernieuwbaar gas

Het basisbedrag voor de categorie Hernieuwbaar gas uit RWZI-vergisting is berekend voor een grotere vergistingseenheid, op basis van gegevens uit (STOWA, 2011). Gezien de beperkte toepassing van biogas uit RWZI's voor hernieuwbaar gas en grootschalige toepassing van WKK bij RWZI's (CBS, 2013) en de benodigde warmte voor thermische drukhydrolyse en thermofiele vergisting, lijkt het produceren van hernieuwbaar gas in plaats van inzet in een WKK vanuit het oogpunt van efficiëntie van de SDE+-regeling maar beperkt zinvol. Daarnaast is er een tendens om op centrale locaties RWZI-slib door middel van vergisting te verwerken en ook daarom is een basisbedrag op basis van een grote installatie realistisch.

**Tabel 38:** Technisch-economische parameters voor AWZI/RWZI - hernieuwbaar gas

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Totaalbedrag voor referentie
Referentie grootte	[Nm <sup>3</sup> /h groen gas]	164,2	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[%]	25%	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> ruw biogas (netto)]	0,15	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten	[€/Nm <sup>3</sup> /uur ruw biogas (bruto)]	4896	€ 1,5 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/Nm <sup>3</sup> /uur ruw biogas (bruto)]	504	€ 158.000 / jaar
Energie-inhoud substraat	[GJ/ton]	22,0	
Rendement gaszuivering	[%]	99,9%	

In Tabel 39 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 39:** Overzicht subsidieparameters AWZI/RWZI - hernieuwbaar gas

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,031
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,015
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,016
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF	

# 8

## Bevindingen verbranding en vergassing van biomassa

Dit hoofdstuk beschrijft de bevindingen over de categorieën gerelateerd aan de verbranding en vergassing van biomassa. Voorafgaand aan de bevindingen van de verschillende categorieën wordt in paragraaf 8.1 een overzicht gegeven van de gehanteerde biomassaprijzen. Daarna worden in de achtereenvolgende paragrafen de onderstaande categorieën besproken:

- Gehanteerde prijzen voor biomassaverbranding en -vergassing (8.1)
- Biomassavergassing ( $\geq 95\%$  biogeen) (8.2)
- Bestaande capaciteit voor bij- en meestook (8.3)
- Nieuwe capaciteit voor meestook (8.4)
- Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,1 - 5 MWth (8.5)
- Ketel op vaste of vloeibare biomassa,  $\geq 5$  MWth (8.6)
- Ketel op vloeibare biomassa (8.7)
- Ketel industriële stoom uit houtpellets (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**)
- Thermische conversie van biomassa,  $< 100$  MW<sub>e</sub> (8.9).

### 8.1 Gehanteerde prijzen voor biomassa-verbranding en -vergassing

Biomassa als brandstof is er in verschillende kwaliteiten. In dit rapport is een aantal referentiebrandstoffen gebruikt. Voor vaste biomassa worden zowel snoei- en dunningshout als houtpellets als referentie gebruikt. Voor vloeibare biomassa wordt dierlijk vet als referentie aangehouden.

Tabel 40 toont een overzicht van deze verschillende referenties voor biomassa als brandstof. Een nadere toelichting op de componenten in de tabel is in de volgende subparagrafen weergegeven.

**Tabel 40:** Gehanteerde biomassaprijzen voor installaties die SDE+ in 2017 aanvragen

Biomassa voor verbranding en vergassing	Energie-inhoud	Prijs	Referentieprijs
	[GJ/ton]	[€/ton]	[€/GJ]
<b>Vaste biomassa</b>			
Snoei- en dunningshout	9	50	5,6
Houtpellets, meestook	17	145	8,5
Houtpellets, ketels	17	155	9,1
B-hout	13	25	1,9
<b>Vloeibare biomassa</b>			
Dierlijk vet	39	600	15,4

### 8.1.1 Snoei- en dunningshout

De referentiebrandstof voor nieuwe installaties voor thermische conversie van vaste biomassa en voor ketels op vaste biomassa is snoei- en dunningshout. De biomassa bestaat uit vers hout (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 50 €/ton aangenomen ofwel 5,6 €/GJ. De prijs zit aan de bovenkant van marktprijzen voor grootschalige inkoop en aan de onderkant van marktprijzen voor kleinschalige inkoop<sup>7</sup>. Ten opzichte van het advies van vorig jaar wordt een prijsverhoging van 2% gehanteerd, volgend op de marktontwikkeling van de (internationale) prijzen van houtsnippers<sup>8</sup>.

- Brandstofprijs snoei- en dunningshout: 50 €/ton.
- Energie-inhoud: 9 GJ/ton.
- Geen brandstofprijsoverlap.

### 8.1.2 Houtpellets

Voor de categorieën Meestook en Ketel industriële stoom uit houtpellets wordt voor de biomassabrandstof uitgegaan van schone, witte houtpellets met een stookwaarde van 17,0 MJ/kg conform de handelsdefinitie. Voor de kosten van de biomassabrandstof wordt uitgegaan van 145 €/ton voor de categorie Meestook (afgeleverd aan de centrale) en 155 €/ton voor de categorie Ketel industriële stoom uit houtpellets. Deze prijs is gebaseerd op input verkregen vanuit de markt (zowel van pelletproducenten als energiebedrijven) en openbare bronnen zoals de Argus-index (actuele spotprijzen en *forwards*). De afgelopen twee jaar laat de sportmarkt een dalende trend in de pelletprijzen (in Amerikaanse dollar per ton) zien. Deze dalende trend werd echter in 2015 volledig gecompenseerd door een stijging van de dollarkoers (zowel actueel als in de termijnmarkt voor euro-dollar-*futures*), waardoor de prijzen in euro per ton per

<sup>7</sup> Op basis van een groot aantal (vertrouwelijke) bronnen.

<sup>8</sup> Referenties: EUWID, Kaminholz-wissen.de.

saldo vrij stabiel bleven. Het afgelopen jaar zijn de spotprijzen in dollar/ton voor pellets verder gedaald, maar de termijnverwachting in euro/ton ligt niet fundamenteel anders dan voorgaande jaren.

De prijs is opgebouwd uit:

- Voor de categorie Meestook: 145 €/ton voor levering bij de centrale, bestaande uit 135 €/ton voor de prijs CIF ARA en 10 €/ton voor de logistieke kosten voor het vervoer van haven naar centrale
- Voor de categorie Ketel industriële stoom uit houtpellets: 155 €/ton voor levering bij de industriële gebruiker, bestaande uit 135 €/ton voor de prijs CIF ARA en 20 €/ton voor de logistieke kosten voor het vervoer van haven naar centrale. Deze kosten bevatten aanvullende opslagkosten (silo's), een extra overslagstap en vervoer per vrachtauto (max 150 km).
- Voor de bovengenoemde categorieën: 15 €/ton brandstofprijsoverslag (voor langetermijncontractering en valutarisico's).

Hierbij is rekening gehouden met een risicopremie, omdat deze prijs gedurende de subsidieperiode van 8 jaar wordt vastgelegd en alleen wordt gecorrigeerd voor inflatie, niet voor eventuele structurele prijsstijgingen. Op basis van de informatie ontvangen tijdens de marktconsultatie blijkt dat de prijzen voor kleinschaliger partijen voor pelletketels binnen de onzekerheidsmarge van de hier gehanteerde prijzen te vallen.

De keuze voor de biomassa-brandstof en het bijbehorende prijsniveau kan nog worden beïnvloed door de duurzaamheidscriteria voor biomassa bij meestook. Begin 2016 zijn overheid, industrie en NGO's tot een overeenkomst gekomen over deze duurzaamheidscriteria. De huidige inzichten van de effecten van de duurzaamheidscriteria zijn verwerkt in het advies.

- Brandstofprijs houtpellets (incl. overslag en logistiek): 145 of 155 €/ton
- Energie-inhoud: 17 GJ/ton
- Brandstofprijsoverslag: 15 €/ton.

### 8.1.3 B-hout

De brandstofprijs voor B-hout is verondersteld te liggen op 25 €/ton, met een bijbehorende energie-inhoud van 13 GJ/ton. Deze prijs is lager dan de prijs die gehanteerd is in advies SDE+ 2016 en volgt de huidige marktontwikkelingen.

- Brandstofprijs B-hout: 25 €/ton
- Energie-inhoud: 13 GJ/ton
- Geen brandstofprijsoverslag.

### 8.1.4 Vloeibare biomassa

De prijs van zowel plantaardige oliën als dierlijke vetten laat sinds de piekjaren in 2011 en 2012 een dalende tendens zien. Uit recente data lijkt de daling door te zetten, maar op basis van het vijfjarig gemiddelde is deze gering. Voor 2017 wordt net zoals vorig jaar

een gemiddelde prijs voor vloeibare biomassa van 600 €/ton bij een stookwaarde van 39 GJ/ton aangehouden. 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.

- Brandstofprijs dierlijk vet: 600 €/ton.
- Energie-inhoud: 39 GJ/ton.
- Geen brandstofprijsoverlap.

## 8.2 Biomassavergassing ( $\geq 95\%$ biogeen)

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

De referentie-installatie heeft een productievermogen van circa 1479 Nm<sup>3</sup> groengas/ uur. Het energetisch rendement van vergassing naar bio-SNG is 65%. Dit rendement is iets verlaagd ten opzichte van eerdere adviezen, vanwege het nog altijd innovatieve karakter. Hogere rendementen lijken op langere termijn wel haalbaar. 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 41 voor de technisch-economische parameters.

**Tabel 41:** Technisch-economische parameters vergassing van biomassa ( $\geq 95\%$  biogeen)

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> /h]	1479	
Vollasturen	[h/a]	7500	
Investeringskosten	[€/kW <sub>output</sub> ]	5248	€ 68,2 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>output</sub> ]	262	€ 3,4 mln / jaar
Energie-inhoud substraat	[GJ/ton]	9	
Grondstofkosten	[€/ton]	50	

In Tabel 42 is het basisbedrag weergegeven. Daarnaast staan in deze tabel ook de basisprijs, de contractkosten, het correctiebedrag.

**Tabel 42:** Overzicht subsidieparameters Biomassavergassing ( $\geq 95\%$  biogeen)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,150
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,015
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,016
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF	



## 8.3 Bestaande capaciteit voor bij- en meestook van biomassa

### 8.3.1 Algemene uitgangspunten

Een deel van de Nederlandse elektriciteits- en warmteproductie vindt plaats in kolencentrales. Deze centrales kunnen, naast kolen, ook gebruik maken van biomassa als brandstof. Dat kan in principe op twee manieren:

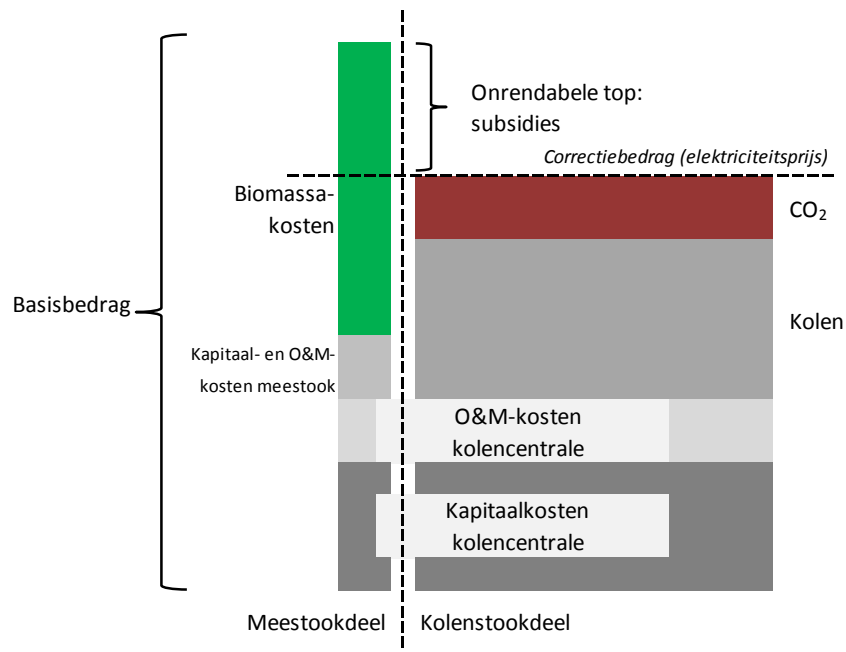
- Door directe vervanging van kolen door biomassa, die als vaste brandstof de ketel in gaat. Dit wordt *meestook* van biomassa genoemd.
- Door inzet van biomassa na een thermische voorbehandeling, bijvoorbeeld vergassing. De biomassa wordt dan via een tussenproduct ingezet. Dit wordt *bijstook* van biomassa genoemd.

Voor alle categorieën van meestook wordt uitgegaan van schone, witte houtpellets. Voor bijstook is de referentiebrandstof B-hout. De toelichting op de gehanteerde biomassaprijzen staat in paragraaf 8.1.2 (houtpellets) respectievelijk 8.1.3 (B-hout).

#### **Afbakening bij- of meestook deel in de kolentrale**

Voor de berekening van het basisbedrag voor inzet van biomassa worden de kosten van de kolentrale (kapitaalslasten en O&M) toegerekend naar rato van het percentage biomassainzet. In theoretische zin wordt er gerekend met een virtuele biomassacentrale ter grootte van dit percentage. Een illustratie van deze methode staat in Figuur 3. Ook rendementsverliezen van de centrale als geheel die door de inzet van biomassa worden veroorzaakt worden doorberekend aan het biomassadeel. Als bijvoorbeeld bij 25% meestook het rendement van de centrale als geheel met een half procent daalt, wordt in de berekeningen aan het meestookdeel gerekend met een rendementsdaling van 2%.

**Figuur 3:** Illustratie van de SDE-methode bij meestook van biomassa in een kolencentrale. Kosten in €/kWh<sub>e</sub>. Gestileerde figuur, de hoogtes van de kostenbalken komen niet exact overeen met de gegevens in dit rapport.



### Kapitaalslasten

Voor de berekening van de kapitaalslasten van de kolencentrale wordt rekening gehouden met het verschil in economische levensduur van de kolencentrale en de looptijd van de SDE+-beschikking voor inzet van biomassa (8 jaar). De kapitaalslasten en operationele kosten van de kolencentrale worden hierbij proportioneel toegerekend aan het deel van de centrale dat biomassa inzet. Bij een economische levensduur van 30 jaar worden de specifieke kapitaalslasten (EUR/kW<sub>e</sub>) van de kolencentrale voor een factor 8/30 meegerekend. Voor specifieke investeringen die nodig zijn om de inzet van biomassa mogelijk te maken wordt gerekend met een economische levensduur van 8 jaar.

### Warmtelevering

In de MEP- regeling werd de productie van warmte bij inzet van biomassa in kolencentrales niet apart gesubsidieerd. Als subsidiegrondslag wordt het deel van de elektriciteitsproductie genomen dat uit biomassa zou worden geproduceerd wanneer er geen sprake zou zijn van warmte-uitkoppeling.

In dit SDE+ 2017-advies is het uitgangspunt dat de kern van deze benadering gehandhaafd blijft: er komt geen aparte vergoeding voor warmte maar de subsidiegrondslag blijft gelijk aan de elektriciteitsproductie uit biomassa die zonder warmte-uitkoppeling zou worden gerealiseerd.

## 8.3.2 Beschrijving van de referentie-installatie

In de onderstaande tekst zijn voor de categorie bestaande capaciteit voor bij- of meestook de referentiecentrales beschreven en de hierbij gehanteerde parameters vermeld.

### **Kolencentrale uit de jaren '90 met bestaande capaciteit voor het meestoken van biomassa**

Als referentie voor deze categorie wordt uitgegaan van een superkritische kolencentrale van 600-650 MW<sub>e</sub>, gebouwd in de 90' er jaren, met een netto rendement van 41 %, die is uitgerust met een ROI, DeNO<sub>x</sub> en stofafvanginstallatie. Er wordt uitgegaan van 6000 vollasturen elektriciteitslevering.

Aangenomen wordt dat het rendement van het verstoken van biomassa 2% lager is dan bij kolenstook. Gezien het feit dat de meestookinstallatie al aanwezig is worden hier slechts beperkte vervangingsinvesteringen in rekening gebracht.

Voor het uitvoeren van de meestookactiviteiten wordt een evenredig deel van de kapitaals- en onderhoudskosten van de kolencentrale toegerekend aan de meestookactiviteiten. Hierbij worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De totale investeringskosten van de 90' er jaren kolencentrale zijn gesteld op 1100 €/kW<sub>e</sub>. Hiervan wordt over de looptijd van de regeling (8 jaar) en met inachtneming van de economische levensduur van de kolencentrale (30 jaar) een percentage gelijk aan het meestookpercentage (op energiebasis) in het basisbedrag verdisconteerd.
- De vervangingsinvesteringen om de bestaande meestookinstallatie 8 jaar langer te kunnen laten draaien zijn geraamd op 30 €/kW<sub>e</sub> (alleen gerekend over het aantal kW<sub>e</sub> meestook).
- De O&M-kosten van de kolencentrale bedragen 30 €/kW<sub>e</sub>. Hierbij wordt dezelfde rekenmethodiek toegepast als bij de investeringskosten.
- De extra O&M-kosten ten gevolge van het meestoken van biomassa bedragen 5,7€/MWh<sub>e</sub> (alleen doorberekend voor de met biomassa opgewekte kilowatturen). Hierin zijn ook de basisprijspremie en de contractkosten opgenomen.

### **Kolencentrale uit de jaren '90 met bestaande capaciteit voor bijstook van biomassa**

Als referentie voor deze categorie wordt uitgegaan van een superkritische kolencentrale, gebouwd in de 90' er jaren met een netto rendement van 41%, die is uitgerust met een ROI, DeNO<sub>x</sub> en stofafvanginstallatie. Bij de centrale staat een biomassavergasser welke productgas levert dat in de kolencentrale wordt bijgestookt. Er wordt uitgegaan van 5000 vollasturen voor de biomassavergasser.

Voor de biomassavergasser wordt een thermisch rendement van 95% aangenomen. Aangenomen wordt dat het rendement van het verstoken van het productgas 1% lager is dan bij kolenstook.

Voor de bijstook van biomassa wordt een evenredig deel van de kapitaals- en onderhoudskosten van de kolencentrale toegerekend aan de bijstookactiviteiten. Hierbij worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De totale investeringskosten van de 90' er jaren kolencentrale zijn gesteld op 1100 €/kW<sub>e</sub>. Hiervan wordt over de looptijd van de regeling (8 jaar) en met inachtneming

van de economische levensduur van de kolencentrale (30 jaar) een percentage gelijk aan het bijstookpercentage (op energiebasis) in het basisbedrag verdisconteerd.

- De kosten voor vervangingsinvesteringen om de biomassavergasser 8 jaar langer te kunnen laten draaien zijn gesteld op 75 €/kW<sub>e</sub> (alleen gerekend over het aantal kW<sub>e</sub> meestook).
- De O&M-kosten van de kolencentrale bedragen 30 €/kW<sub>e</sub>. Hierbij wordt dezelfde rekenmethodiek toegepast als bij de investeringskosten.
- De extra vaste O&M-kosten voor de biomassavergasser bedragen € 190/kW<sub>e</sub> (alleen gerekend over het aantal kW<sub>e</sub> meestook). Dit bevat ook extra kosten voor het geheel metaal-vrij maken van de biomassa.
- Daarnaast zijn er variabele O&M-kosten voor de vergasser ter grootte van 10,2 €/MWh<sub>e</sub> (alleen doorberekend voor de met biomassa opgewekte kilowatturen). Hierin zijn ook de basisprijspremie en de contractkosten opgenomen.

Tabel 43 toont de technische economische parameters voor de twee referentie-installaties.

**Tabel 43:** Technisch-economische parameters bestaande capaciteit voor bij- en meestook van biomassa

Parameters referentie installaties	Eenheid	Waarde meestook	Waarde bijstook
Netto elektrisch vermogen van de centrale	[MW <sub>e</sub> ]	600-650	600-650
Bij- of meestookpercentage	[e/e %]	27	5
Thermisch vollaastrendement kolen	[%]	41	41
Vollasturen elektriciteitsproductie	[h/a]	6000	5000
Rendement biomassavergasser	[%]	-	95
Rendement biomassadeel centrale	[%]	39*	38 <sup>*/**</sup>
Kosten biomassa	[€/ton]	160	25
Looptijd subsidieregeling	[a]	8	8
Specifieke investering biomassa-inzet (levensduurverlenging)	[€/kW <sub>e</sub> ]	30	75
Investeringskosten kolencentrale	[€/kW <sub>e</sub> ]	1100	1100
Economische levensduur kolencentrale	[a]	30	30
O&M-kosten kolencentrale	[€/kW <sub>e</sub> ]	30	30
Extra O&M kosten biomassa meestoken (op biomassa MWh)	[€/MWh <sub>e</sub> ]	5,7	-
Extra vaste O&M-kosten biomassavergasser	[€/kW <sub>e</sub> ]	-	190
Extra variabele O&M-kosten biomassavergasser	[€/MWh <sub>e</sub> ]	-	10,2

\*: Rendementsverlies van de centrale als geheel door biomassa bij- of meestook wordt hierbij volledig toegerekend aan het biomassadeel.

\*\* : Inclusief het rendement van de vergasser.

In Tabel 44 is het basisbedrag weergegeven. Dit is gebaseerd op een naar vermogen gewogen gemiddelde tussen meestook en bijstook. Daarnaast staan in deze tabel ook de basisprijs, de basisprijspremie, (de rekenmethode van) het correctiebedrag.

**Tabel 44:** Overzicht subsidieparameters Bestaande capaciteit voor bij- en meestook

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2016	[€/kWh]	0,108
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,031
Gewogen aantal vollasturen	[uur/jaar]	5839
Voorlopig correctiebedrag 2016	[€/kWh]	0,032
Berekeningswijze correctiebedrag	APX	

## 8.4 Nieuwe capaciteit voor meestook

In de onderstaande tekst is voor de categorie Nieuwe capaciteit voor meestook de referentiecentrale beschreven en zijn de hierbij gehanteerde parameters vermeld.

### Kolencentrale met nieuwe capaciteit voor meestook van biomassa

Als referentie voor deze categorie wordt uitgegaan van een superkritische kolencentrale met een verbrandingseenheid in de range van 700 tot 1100 MW<sub>e</sub> met een netto vollastrendement van 46%, die is uitgerust met een ROI, DeNO<sub>x</sub> en stofafvanginstallatie. Er wordt uitgegaan van 7000 vollasturen elektriciteitslevering.

Aangenomen wordt dat het rendement van het verstoppen van biomassa 2% lager is dan bij kolenstook. Voor de realisatie van de nieuwe meestookinstallatie wordt een investeringsbedrag van 350 €/kW<sub>e</sub> aangehouden (alleen gerekend over het aantal kW<sub>e</sub> meestook). Dit bedrag is verlaagd ten opzichte van vorig jaar, omdat de markt aangeeft bestaande kolenmolens te gaan ombouwen voor flexibel gebruik in plaats van additionele hamermolens bij te plaatsen. Dit leidt tot lagere investeringskosten.

Voor het uitvoeren van de meestookactiviteiten wordt een evenredig deel van de kapitaals- en onderhoudskosten van de kolencentrale toegerekend aan de meestookactiviteiten. Hierbij worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De totale investeringskosten van de kolencentrale bedragen 2000 €/kW<sub>e</sub>. Hiervan wordt over de looptijd van de regeling (8 jaar) en met inachtneming van de economische levensduur van de kolencentrale (30 jaar) een percentage gelijk aan het meestookpercentage (op energiebasis) in het basisbedrag verdisconteerd.
- De O&M-kosten van de kolencentrale bedragen 30 €/kW<sub>e</sub>. Ook dit wordt naar rato van het vermogen voor meestook meegerekend.
- De extra O&M-kosten ten gevolge van het meestoken van biomassa bedragen 4 €/MWh<sub>e</sub> (alleen doorberekend voor de met biomassa opgewekte kilowatturen). Gegeven de bovengenoemde wijziging in de strategie voor de ombouw om meestoken mogelijk te maken (zie investeringskosten biomassameestook) is de toerekening van variabele O&M verlaagd van 3 naar 2 €/MWh. Tegelijk is in dit bedrag de basisprijspremie van 2 €/MWh meegenomen en de contractkosten van 0,7 €/MWh. Het totaalbedrag voor de extra O&M-kosten komt hiermee op 4,7 €/MWh.

De economische levensduur van de biomassameestookinstallatie is gelijk aan de looptijd van de regeling (uitgangspunt SDE-systematiek).

**Tabel 45:** Technisch-economische parameters nieuwe capaciteit voor meestook van biomassa in een kolencentrale

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Netto elektrisch vermogen van de centrale	[MW <sub>e</sub> ]	700-1100
Thermisch vollaastrendement kolen	[%]	46%
Meestookpercentage	[e/e %]	20%
Vollasturen elektriciteitsproductie	[h/a]	7000
Thermisch vollaastrendement	[%]	44%
Kosten biomassa	[€/ton ]	160
Looptijd subsidieregeling	[a]	8
Specifieke investering biomassameestook	[€/kW <sub>e</sub> ]	350
Investeringskosten kolencentrale	[€/kW <sub>e</sub> ]	2000
Economische levensduur kolencentrale	[a]	30
O&M-kosten kolencentrale	[€/kW <sub>e</sub> ]	30
Extra O&M-kosten biomassa meestoken (incl. basisprijspremie)	[€/MWh <sub>e</sub> ]	4,7

\*: Rendementsverlies van de centrale als geheel door biomassameestook wordt hierbij volledig toegerekend aan het biomassadeel.

In Tabel 46 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 46:** Overzicht subsidieparameters Nieuwe capaciteit voor meestook.

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,111
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,031
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,032
Berekeningswijze correctiebedrag	APX	

## 8.5 Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5 - 5 MW<sub>th</sub> en 0,1 – 0,5 MW<sub>th</sub>

De referentie-installatie voor de categorie 0,5 - 5 MW<sub>th</sub> is een heetwaterketel met een verbrandingsrooster waar snoei- en dunningshout ingezet wordt als referentie-brandstof. In aanvulling op deze referentie-installatie is rekening gehouden met investeringen voor rookgasreiniging in het kader van het Activiteitenbesluit. Zo is er voor deze installaties een stoffilter meegenomen. Uitgaande van de verruiming van de NO<sub>x</sub>-emissie-eis voor vermogens tussen 1 en 5 MW<sub>th</sub> in het activiteitenbesluit is er geen DeNO<sub>x</sub>-installatie benodigd voor deze categorie. Om de categorie goed aan te laten sluiten bij het merendeel van de projecten is het aantal veronderstelde vollasturen verlaagd van 4000 naar 3000 uur per jaar. 4000 vollasturen bleek in de praktijk niet haalbaar voor de dienstensector, waar 3000 vollasturen dat wel zou moeten zijn. De investeringskosten voor de ketels in de vermogensklasse 0,1 – 0,5 MW<sub>th</sub> zijn gesteld op 510 EUR/kW<sub>th,output</sub> en voor de ketels in de vermogensklasse 0,5 – 5 MW<sub>th</sub> gesteld op 480 EUR/kW<sub>th,output</sub>. Het verschil tussen de twee categorieën is te wijten aan de verschillende schaalgrootten. Door verlaging van het aantal vollasturen, nemen de O&M-kosten af van 45 EUR/kW<sub>th,output</sub> naar 34 EUR/kW<sub>th,output</sub>.

Tabel 47 geeft de technisch-economische parameters voor ketels op vaste biomassa.

**Tabel 47:** Ketels op vaste biomassa 0,5-5 MW<sub>th</sub> en 0,1-0,5 MW<sub>th</sub>

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017 0,5-5 MW <sub>th</sub>	Advies SDE+ 2017 0,1-0,5 MW <sub>th</sub>
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th,output</sub> ]	0,75	0,30
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	3000	3000
Investeringskosten	[€/kW <sub>th,output</sub> ]	480	510
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th,output</sub> ]	34	34
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9,0	9,0
Brandstofprijs	[€/ton]	50	50

In Tabel 48 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven. Voor de kleinere ketels wordt geadviseerd een hoger correctiebedrag te hanteren, vanwege een groter mogelijk voordeel uit vermeden energiebelasting.

**Tabel 48:** Overzicht Subsidieparameters Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5-5 MW<sub>th</sub> en 0,1-0,5 MW<sub>th</sub>

	Eenheid	Advies SDE+ 2017 0,5-5 MW <sub>th</sub>	Advies SDE+ 2017 0,1-0,5 MW <sub>th</sub>
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,056	0,057
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,028	0,052
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,029	0,053
Berekeningswijze correctiebedrag	( TTF + energiebelasting ) / gasketelrendement		

## 8.6 Ketel op vaste of vloeibare biomassa, $\geq 5 \text{ MW}_{\text{th}}$

Voorgaande jaren was de referentie-installatie gebaseerd op een heetwaterketel voor warmtelevering. In de praktijk worden installaties vaak als stoomketel uitgevoerd. De referentie-installatie voor het advies SDE+ 2017 is daarom een stoomketel met een verbrandingsrooster waar snoei- en dunningshout ingezet wordt als referentie-brandstof. In aanvulling op deze referentie-installatie is rekening gehouden met investeringen in het kader van het Activiteitenbesluit. De rookgasreiniging voor deze categorie vraagt hogere investeringen dan voor de categorie 0,5 - 5  $\text{MW}_{\text{th}}$ . Hierbij wordt ervan uitgegaan dat door toepassing van een SNCR installatie de  $\text{NO}_x$  voldoende gereduceerd kan worden. Daarnaast is rekening gehouden met hogere investeringen ten opzichte van de referentie-installatie voor de categorie 0,5-5  $\text{MW}_{\text{th}}$  betreffende aanvullende biomassaopslag en stoffilters. De investeringskosten zijn verhoogd ten opzichte van het eindadvies SDE+ 2016 naar 580 €/kW<sub>th,output</sub>.

In deze categorie is het mogelijk om warmtelevering of stoomlevering te realiseren met een ketel op vaste biomassa ter vervanging van een gasgestookte WKK. Daarom is voor deze categorie het aantal vollasturen op 7000 uur per jaar gesteld.

Een overzicht van de technisch-economische parameters voor ketels op vaste biomassa ( $\geq 5 \text{ MW}$ ) is weergegeven in Tabel 49.

**Tabel 49:** Technisch-economische parameters voor Ketel op vaste of vloeibare biomassa,  $\geq 5 \text{ MW}_{\text{th}}$

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Thermisch outputvermogen	[ $\text{MW}_{\text{th,output}}$ ]	10	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th,output</sub> ]	580	€ 5,8 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th,output</sub> ]	62	€ 620.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9,0	
Brandstofprijs	[€/ton]	50	

In Tabel 50 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 50:** Overzicht subsidieparameters Ketel op vaste of vloeibare biomassa,  $\geq 5 \text{ MW}_{\text{th}}$

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,044
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,012
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,012
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF x 70%	



## 8.7 Ketel op vloeibare biomassa

In sommige gevallen zijn gasgestookte ketels relatief snel en eenvoudig te vervangen door ketels op vloeibare biomassa, zoals bijvoorbeeld pyrolyseolie of dierlijk vet. Als referentie-brandstof is gekozen voor dierlijk vet. Voor 2017 wordt er nog interesse in de markt verwacht voor ketels op dierlijke of plantaardige vetten (residuen). 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 op vloeibare biomassa ontworpen ketels als inzet van vloeibare biomassa in aangepaste bestaande gasketels. In Tabel 51 staan de parameters met betrekking op een ketel op vloeibare biomassa.

**Tabel 51:** Technisch-economische parameters voor Ketel op vloeibare biomassa

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	10	
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	€ 240.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	39,0	
Brandstofprijs	[€/ton]	600	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	0	

In Tabel 52 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 52:** Overzicht subsidieparameters Ketel op vloeibare biomassa

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,070
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,022
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,023
Berekeningswijze correctiebedrag	( TTF + energiebelasting ) / gasketelrendement	

## 8.8 Ketel industriële stoom uit houtpellets > 5

### $MW_{th}$

Voor deze categorie is de referentie-installatie een waterpijpketel met rooster die stoom levert van 35 bar en waarbij houtpellets ingezet worden als referentiebrandstof. De opslag vindt plaats in silo's.

Uit de marktconsultatieronde in 2016 bleek dat er naast ketels met vermogens van ca. 30  $MW_{th}$  er tevens belangstelling is voor vermogens kleiner dan 10  $MW_{th}$ . Er zijn vanuit de marktconsultatie twee analyses verkregen, beide op basis van de ETS-data van diverse industriële sectoren. De conclusie uit deze analyse is dat het bij een ondergrens van 10  $MW_{th}$  mogelijk is ongeveer 80% van de potentiële energieproductie in de industrie te bereiken, en bij een ondergrens van 5  $MW_{th}$  ongeveer 90% van de potentiële energieproductie in de industrie bereikt kan worden. Vanuit dit oogpunt adviseren wij om de ondergrens op 5  $MW_{th}$  te zetten.

Er wordt verondersteld dat de installatie autonoom kan draaien en op afstand bestuurd wordt. De output van de referentieketel is 30  $MW_{th}$  en de ketel wordt verondersteld een rendement van 90% te hebben. Het aantal vollasturen warmteafzet bedraagt 7000 uur per jaar, overeenkomstig de categorie Ketel vaste of vloeibare biomassa > 5  $MW_{th}$ . De investeringskosten van de referentie-installatie bedragen 560 €/kW<sub>th, output</sub> met bijbehorende O&M-kosten van 36 €/kW<sub>th, output</sub>. De investeringskosten zijn daarmee bij benadering gelijk aan een ketel voor dunnings- en snoeihout. De duurdere stoomketel en stoom-appendages van de pellet-categorie worden gecompenseerd door de eenvoudigere brandstofopslag en -transport van deze installatie. De O&M-kosten bij deze categorie zijn lager dan die van de categorie op basis van snoeihout. Dit komt doordat de opslag en transport van brandstof kleiner en eenvoudiger uitgevoerd kan worden, waardoor er minder personeel en vervangingsonderdelen nodig zijn om de installatie te bedienen en onderhouden.

De technisch-economische parameters zijn weergegeven in Tabel 53. In verband met looptijden van pelletcontracten wordt geadviseerd voor deze categorie, net als voor meestookcategorieën, te rekenen met een subsidieduur van 8 jaar.

**Tabel 53:** Technisch-economische parameters voor Ketel industriële stoom uit houtpellets

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Thermisch outputvermogen	[ $MW_{th, output}$ ]	30	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th, output</sub> ]	560	16,8 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th, output</sub> ]	36	1080 euro/jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	17,0	
Brandstofprijs	[€/ton]	155	
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	15	

In Tabel 54 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 54:** Overzicht subsidieparameters Ketel industriële stoom uit houtpellets

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,062
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,012
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,012
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF x 70%	

## 8.9 Thermische conversie van biomassa, <100 MW<sub>e</sub>

Naar aanleiding van diverse marktconsultaties is besloten te adviseren de referentie-installatie voor thermische conversie (WKK) kleinschaliger, eenvoudiger en flexibeler in te richten. De referentie-installatie is een met snoei- en dunningshout gestookte installatie met een geïnstalleerd thermisch vermogen van 9,6 MW<sub>th, output</sub> en geïnstalleerd elektrisch vermogen van 1,6 MW<sub>e, output</sub>, en thermische belasting (biomassa input) van 10 MW<sub>th, input</sub>. De referentie-installatie is ontworpen om flexibel warmte en elektriciteit te leveren. De warmte is hiermee toegankelijk voor een centraal of decentraal stadsverwarmingsnet. De ketel kan via een condenserende stoomturbine elektriciteit genereren. Voor de schaalgrootte is leidend dat de stoomturbine een elektrisch vermogen van 1,6 MW<sub>e</sub> kan leveren. De installatie is voorzien van SNCR en cycloon+doekenfilter.

De installatie wordt uitgelegd met een condenserende stoomturbine met een elektrisch rendement van 16%. Daarnaast kunnen andere technologieën die elektriciteit uit warmte produceren (zoals een tegendrukturbine of ORC) met een minimaal rendement van 10% worden toegestaan. Deze hebben dan mogelijk een lagere capaciteit (typisch 1 MW<sub>e</sub>), maar hebben meestal in tegenstelling tot een condenserende stoomturbine een continue elektriciteitslevering, en kunnen dus jaarlijks eenzelfde elektriciteitsproductie hebben. Door deze relatief eenvoudige en flexibele opstelling worden de investeringskosten verlaagd naar 1250 €/kW<sub>th, input</sub>. Voor het aantal vollasturen warmtelevering is 8000 uur (bij 8 MW<sub>th, output</sub>) aangenomen. Voor het aantal vollasturen elektriciteitslevering is 5000 vollasturen (bij 1,6 MW<sub>e</sub>) aangenomen.

De technisch-economische data die horen bij deze referentie-installaties zijn samengevat in Tabel 55.

**Tabel 55:** Technisch-economische parameters voor Thermische conversie van biomassa, <100 MW<sub>e</sub>

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	10	
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	1,6	
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	8	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	5000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	8000	
Maximaal elektrisch rendement		16%	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	1250	12,5 miljoen euro
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	100	1 mln euro/jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9,0	
Brandstofprijs	[€/ton]	50	

In Tabel 56 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven. In paragraaf 11.1 wordt het basisbedrag berekend, indien de meerkosten van elektriciteit niet hoger mogen liggen dan 0,150 €/kWh.

**Tabel 56:** Overzicht subsidieparameters Thermische conversie van biomassa, <100 MW<sub>e</sub>

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,062
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,014
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	8,00
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	7500
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,015
Berekeningswijze correctiebedrag	$( APX + TTF \times 70\% * WK ) / ( 1 + WK )$	

# 9

## Bevindingen vergisting van biomassa

Dit hoofdstuk beschrijft de bevindingen voor de categorieën gerelateerd aan de vergisting van biomassa. Voorafgaand aan de bevindingen van de verschillende categorieën wordt in paragraaf 9.1 een overzicht gegeven van de gehanteerde biomassaprijzen. Daarna worden in de achtereenvolgende paragrafen de onderstaande categorieën besproken:

- Gehanteerde prijzen voor biomassavergisting (9.1)
- Allesvergisting (9.2)
- Allesvergisting (hernieuwbaar gas) (9.2.1)
- Gecombineerde opwekking allesvergisting (9.2.2)
- Warmte allesvergisting (9.2.3)
- Vergisting en covergisting van dierlijke mest (9.3)
- Vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas) (9.3.1)
- Gecombineerde opwekking vergisting en covergisting van dierlijke mest (9.3.2)
- Warmte vergisting en covergisting van dierlijke mest (9.3.3)
- Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (9.4)
- Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW (hernieuwbaar gas) (9.4.1)
- Gecombineerde opwekking vergisting van meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW (9.4.2)
- Warmte vergisting van meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW (9.4.3).
- Grootschalige vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (9.4.4)

Naast de technisch-economische parameters vermelden deze paragrafen per categorie ook het basisbedrag, de basisprijs, het correctiebedrag 2017 en de rekenmethode voor het correctiebedrag.

## 9.1 Gehanteerde prijzen voor biomassavergisting

Biomassa als brandstof is er in verschillende kwaliteiten. In dit rapport worden twee referentiebrandstoffen gebruikt voor vergisting: biomassa voor allesvergisters en biomassa voor mestcovergisters. Tabel 57 toont een overzicht van deze verschillende referenties voor biomassa als brandstof. Een nadere toelichting op de componenten in de tabel is in de volgende subparagrafen weergegeven. In paragraaf 11.1 worden basisbedragen uitgerekend met biomassaprijzen die zijn gehanteerd ten behoeve van het advies voor de SDE+ 2014.

**Tabel 57:** Gehanteerde biomassaprijzen voor vergistingsinstallaties die SDE+ in 2017 aanvragen

Biomassa voor vergisting*	Energie-inhoud	Prijs (range)	Referentieprij
	[GJ/ton]	[€/ton]	[€/GJ]
Allesvergistingsinput	3,4	27,8	8,2
Covergistingsinput	3,4	35,4	10,5

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

### 9.1.1 Vergisting: biomassa voor allesvergisters

In de categorie 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. Bij de bepaling van de referentieprij wordt gebruik gemaakt van de 5-jarig gemiddelde trend van veevoerders, op basis van gegevens van het LEI. De referentieprij voor de SDE+ 2017 is bepaald op 27,8 €/ton bij een biogasproductie van 3,4 GJ/ton.

### 9.1.2 Vergisting: biomassa voor mestcovergisters

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

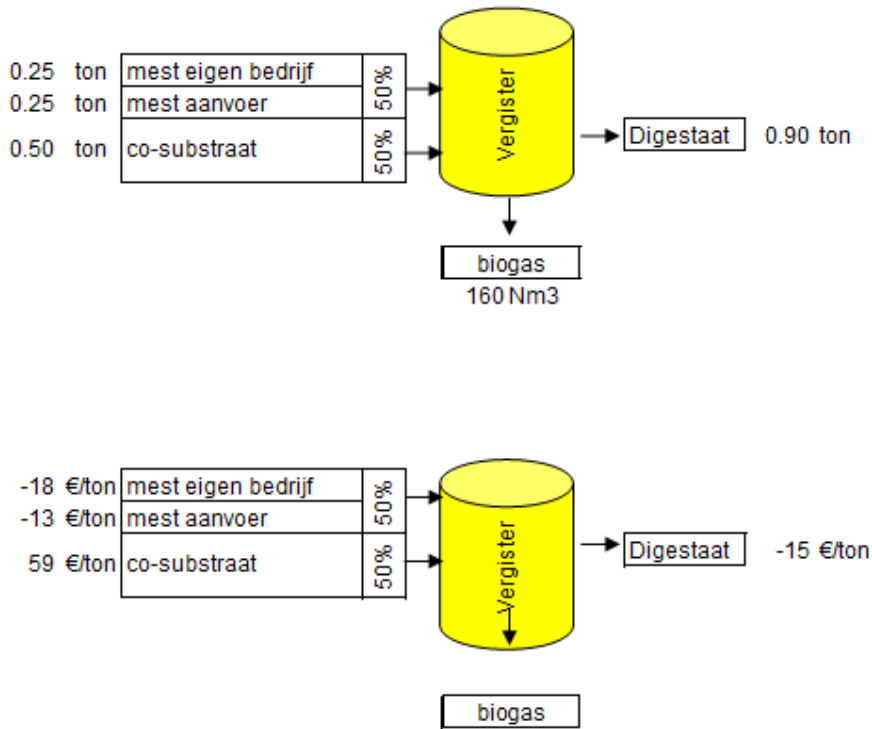
De prijs voor drijfmest kent regionale verschillen en loopt van € 0 tot -5 per ton in mesttekortgebieden tot maximaal € -15 tot -25 per ton in mestoverschotgebieden. Als referentieprij wordt uitgegaan van € -18 per ton voor mest van het eigen bedrijf. Rekening houdend met transportkosten is de referentieprij voor externe aanvoer -13 €/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 die kunnen dienen als cosubstraat. 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 heeft de druk op de markt voor coproducten echter niet kunnen verlichten.

Uit de marktconsultatie van 2010 is naar voren gekomen dat, om te voorkomen dat jaarlijkse schommelingen grote invloed krijgen op de berekende basisbedragen, 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). Deze lijn zetten ECN en DNV GL ook voort in de advisering over de SDE+ 2017. Figuur 4 geeft een schematische weergave van de aangenomen grondstofstromen in de covergister.

**Figuur 4:** Stromen en kosten voor vergistingsinputs en -outputs<sup>9</sup>



Als referentiegasopbrengst van cosubstraat is 291 Nm<sup>3</sup>/ton aangenomen. De gemiddelde prijs voor cosubstraat (inclusief maïs) is 9,7 €/GJ of 59 €/ton bij de start van het project, met een netto energie-inhoud van 6,1 GJ/ton. De totale aangenomen grondstofkosten, bestaande uit aankoop van cosubstraat (inclusief maïs) en verwerkingskosten voor mest en digestaat, komen in de huidige mix uit op 35,4 €/ton oftewel 23 cent/Nm<sup>3</sup> ruw biogas, gerekend met een gasopbrengst van de totale input, mest en cosubstraat van 3,4 GJ/ton (exclusief 0,5 €/ton brandstofprijsoverlag). Een overzicht is weergegeven in Tabel 58.

<sup>9</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 58:** Prijzen van mest en cosubstraat

	Energie-inhoud	Prijs (range)	Referentieprijs
	[GJ/ton]	[€/ton]	[€/GJ]
<i>Aanvoer dierlijke mest</i>	0,63	-13 (-25 tot 0)	-21
<i>Afvoer dierlijke mest</i>	0,63	-18 (-30 tot -5)	-29
<i>Cosubstraat</i>	6,1	59,4	9,7
Covergistinginput	3,4	35,4	10,5

## 9.2 Allesvergisting

### 9.2.1 Allesvergisting (hernieuwbaar gas)

Als referentie voor deze categorie wordt uitgegaan van een vergister met een productiecapaciteit aan ruw biogas van 950 Nm<sup>3</sup>/h ofwel 590 Nm<sup>3</sup>/h hernieuwbaar gas. Het geproduceerde biogas wordt opgewerkt tot hernieuwbaar gas. Als referentie-gaszuiveringstechniek is gekozen voor membraantechnologie, aangezien deze technologie voor meerdere recente hernieuwbaar-gasprojecten is toegepast. Deze technologie werkt bij hoge drukken om de scheiding tussen CH<sub>4</sub> en CO<sub>2</sub> te kunnen bereiken. Daarom wordt er aangenomen dat invoeding van het geproduceerde hernieuwbaar gas op het lokale net van 8 bar mogelijk is. De CO<sub>2</sub>-stroom kan m.b.v. deze technologie verder worden gekoeld tot het bijproduct vloeibaar CO<sub>2</sub>. Bij de berekening van het basisbedrag is echter geen rekening gehouden met de additionele investerings- en O&M-kosten van deze stap.

De warmte die nodig is voor het verwarmen van de vergister wordt opgewekt door een deel van het ruwe biogas in een ketel te verstoffen. De vereiste elektriciteit wordt afgenomen van het net. Zie Tabel 59 voor de technisch-economische parameters van productie van hernieuwbaar gas bij allesvergisters. Merk op dat de basisbedragen zijn berekend op basis van een zelfstandige installatie en niet op basis van een hubaansluiting.



**Tabel 59:** Technisch-economische parameters energie uit Allesvergisting (hernieuwbaar gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> bruto ruw biogas/h]	950	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5%	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> bruto ruw biogas/h]	3900	€ 6 miljoen
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> netto ruw biogas/h]	2327	gezamenlijk
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> bruto ruw biogas/h]	232	€ 0,33 mln / jaar
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> netto ruw biogas/h]	122	gezamenlijk
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	27,8	

In Tabel 60 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 60:** Overzicht subsidieparameters Allesvergisting (hernieuwbaar gas)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,061
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,015
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,016
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF	

## 9.2.2 Gecombineerde opwekking allesvergisting

Bij de vergistingsoptie van allesvergisting naar elektriciteit en warmte wordt een bestaande industriële 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 bestaande installatie in de vorm van warmte en kracht.

Voor de referentie-installatie is een schaal aangenomen van 3 MW<sub>e</sub> (8,1 MW<sub>th\_input</sub>). Het aantal vollasturen warmte is verhoogd van 4000 naar 7000. Hierbij is het aantal vollasturen warmte gelijkgetrokken met de categorie warmte uit allesvergisting en met de categorieën voor mestvergisting.

In Tabel 61 staan de technisch-economische parameters van allesvergisting voor gecombineerde opwekking (WKK).

**Tabel 61:** Technisch-economische parameters energie uit Gecombineerde opwekking allesvergisting

Parameter	Eenheid	Advies 2017	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> ]	3,888	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Maximaal elektrisch rendement		37%	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	994	€ 8,1 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	57	€ 462.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	27,8	

In Tabel 62 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 62:** Overzicht subsidieparameters Gecombineerde opwekking allesvergisting

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,069
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,021
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	1,13
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	7436
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,022
Berekeningswijze correctiebedrag	$(APX + TTF \times 70\% \times WK) / (1 + WK)$	

## 9.2.3 Warmte allesvergisting

Bij de vergistingsoptie van allesvergisting naar warmte wordt een bestaande installatie aangepast, waarbij een productie-installatie voor 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 bestaande installatie in de vorm van warmte.

In Tabel 63 staan de technisch-economische parameters van allesvergistings voor hernieuwbare warmte.

**Tabel 63:** Technisch-economische parameters energie uit Warmte allesvergistings

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	8,1	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne warmtevraag	[%]	5	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	850	€ 5,9 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	47	€ 324.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	27,8	

In Tabel 64 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 64:** Overzicht subsidieparameters Warmte allesvergistings

	Eenheid	Advies 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,062
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,022
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,023
Berekeningswijze correctiebedrag	( TTF + energiebelasting ) / gasketelrendement	

## 9.3 Vergisting en covergisting van dierlijke mest

### 9.3.1 Vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)

Voor de referentie-installatie voor de vergisting van dierlijke mest is een productiecapaciteit aangenomen van 505 Nm<sup>3</sup>/h ruw biogas (of 315 Nm<sup>3</sup>/h hernieuwbaar 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 membraantechnologie, aangezien deze technologie voor meerdere recente hernieuwbaar-gasprojecten is toegepast. Deze technologie werkt bij hoge drukken om de scheiding tussen CH<sub>4</sub> en CO<sub>2</sub> te kunnen bereiken. Daarom wordt er aangenomen dat invoeding van het geproduceerde hernieuwbaar gas op het lokale net van 8 bar mogelijk is. De CO<sub>2</sub>-stroom kan m.b.v. deze technologie verder worden gekoeld tot het bijproduct vloeibaar CO<sub>2</sub>. Bij de

berekening van het basisbedrag is echter geen rekening gehouden met de additionele investerings- en O&M-kosten van deze stap.

De warmte die nodig is voor het verwarmen van de vergister wordt opgewekt door een deel van het ruwe biogas in een ketel te verstopen. De vereiste elektriciteit wordt afgenomen van het net. Zie Tabel 65 voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van hernieuwbaar gas. Merk op dat de basisbedragen zijn berekend op basis van een zelfstandige installatie en niet op basis van een hubaansluiting.

**Tabel 65:** Technisch-economische parameters energie uit Mestcovergisting (hernieuwbaar gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Totaalbedrag voor referentie
Referentie grootte	[Nm <sup>3</sup> bruto ruw biogas/h]	505	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5%	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> bruto ruw biogas/h]	4515	€ 4 miljoen
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> netto ruw biogas/h]	2876	gezamenlijk
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> bruto ruw biogas/h]	366	€ 0,26 mln / jaar
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> netto ruw biogas/h]	154	gezamenlijk
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	35,4	

In Tabel 66 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 66:** Overzicht subsidieparameters Mestcovergisting (hernieuwbaar gas)

	Eenheid	Advies 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,077
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,015
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,016
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF	

### 9.3.2 Gecombineerde opwekking vergisting en covergisting van dierlijke mest

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 schaal grootte 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 1145 €/kW<sub>th\_input</sub>.

Voor de SDE+-basisbedragen wordt gerekend met een elektrisch rendement bij de omzetting van het biogas naar netto elektriciteitslevering van 37%. Voor de warmte is

aangenomen dat alle beschikbare warmte (na aftrek van de interne warmtebehoefte voor de vergister) beschikbaar is voor hygiënisering van het digestaat. De mogelijkheid om de warmte te benutten in de droging en hygiënisering van digestaat maakt dat het aantal vollasturen warmte is verhoogd van 4000 naar 7000.

In Tabel 67 staan de technisch-economische parameters van mestcovergisting voor WKK.

**Tabel 67:** Technisch-economische parameters energie uit uit Gecombineerde opwekking vergisting en covergisting van dierlijke mest

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	3,0	
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	1,1	
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	1,44	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Maximaal elektrisch rendement		37%	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	1145	€ 3 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	85	€ 255.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	35,4	

In Tabel 68 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 68:** Overzicht subsidieparameters Gecombineerde opwekking vergisting en covergisting van dierlijke mest

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,090
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,21
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	1,15
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	7433
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,22
Berekeningswijze correctiebedrag	( APX + TTF x 70% x WK ) / ( 1 + WK )	

### 9.3.3 Warmte vergisting en covergisting van dierlijke mest

Bij mestcovergisting ten behoeve van duurzame warmte is uitgegaan van investeringskosten van 963 €/kW<sub>th\_output</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.

In Tabel 69 staan de technisch-economische parameters van mestcovergisting voor warmte.

**Tabel 69:** Technisch-economische parameters energie uit mestcovergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	3,0	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne warmtevraag	[%]	5	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ <sub>output</sub> ]	5,41	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	963	€ 2,5 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	74	€ 189.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	35,4	

In Tabel 70 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 70:** Overzicht subsidieparameters mestcovergisting (warmte)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,079
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,022
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,022
Berekeningswijze correctiebedrag	( TTF + energiebelasting ) / gasketelrendement	

## 9.4 Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest

Recente initiatieven voor de productie van hernieuwbaar gas via mestmonovergisting hebben grotere tot veel grotere schalen dan de SDE+ referentie voor 2016. Daarom is voor 2017 gekeken naar twee subcategorieën:

- Een kleinschalige mestmonovergisting vergelijkbaar met het referentiesysteem van SDE+ in 2016 voor de productie van hernieuwbaar gas;
- Een grootschalige mestmonovergisting met een productiecapaciteit voor ruw biogas van circa 2 miljoen m<sup>3</sup> per jaar.

### 9.4.1 Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW (hernieuwbaar gas)

Het referentiesysteem voor deze categorie heeft een ruwbiogasproductie van 20,5 Nm<sup>3</sup>/h (of 11 Nm<sup>3</sup>/h hernieuwbaar 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 referentiegaszuiveringstechniek 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 verstoffen. De vereiste elektriciteit wordt afgenomen van het net.

Zie Tabel 71 voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van hernieuwbaar gas.

**Tabel 71:** Technisch-economische parameters energie uit mestmonovergisting (hernieuwbaar gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2017
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>bruto ruw biogas</sub> /h]	20,5
Vollasturen	[h/a]	8000
Interne warmtevraag	[% biogas]	18%
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>bruto ruw biogas</sub> /h]	16900
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>netto ruw biogas</sub> /h]	19557
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>bruto ruw biogas</sub> /h]	807
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>netto ruw biogas</sub> /h]	1892
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	0,63
Grondstofkosten	[€/ton]	0

In Tabel 72 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 72:** Overzicht subsidieparameters Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (hernieuwbaar gas)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,171
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,015
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,016
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF	

## 9.4.2 Gecombineerde opwekking vergisting van meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW

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 nagenoeg geheel gebruikt wordt voor het interne vergistingsproces. Hoewel een gering deel van de warmteproductie desondanks afgezet kan worden buiten de installatie zelf, is voor een representatief basisbedrag alleen gerekend met elektriciteitsproductie als basis waarover de SDE+ een vergoeding biedt.

In Tabel 73 staan de technisch-economische parameters van mestmonovergisting voor elektriciteit en warmte.

**Tabel 73:** Technisch-economische parameters energie uit mestmonovergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2017	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]	1000	
Maximaal elektrisch rendement		32%	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	3348	€ 0,4 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	198	€ 24.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	0,63	
Grondstofkosten	[€/ton]	0	

In Tabel 74 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 74:** Overzicht subsidieparameters Gecombineerde opwekking vergisting van meer dan 95% dierlijke mest

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	>0,200
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,030
Warmtekrachtverhouding (WK)	W:K	0,08
Samengesteld aantal vollasturen	uur/jaar	5200
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,031
Berekeningswijze correctiebedrag	$(APX + TTF \times 70\% \times WK) / (1 + WK)$	

### 9.4.3 Warmte vergisting van meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW

De referentie-installatie voor de productie van hernieuwbare warmte is gebaseerd op mest uit eigen bedrijf. In Tabel 75 staan de technisch-economische parameters van mestmonovergisting voor warmte.

**Tabel 75:** Technisch-economische parameters energie uit mestmonovergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	0,123	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	3916	€ 0,4 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	193	€ 18.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	0,63	
Grondstofkosten	[€/ton]	0	

In Tabel 76 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.



**Tabel 76:** Overzicht subsidieparameters Warmte vergisting van meer dan 95% dierlijke mest

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,102
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,022
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,023
Berekeningswijze correctiebedrag	( TTF + energiebelasting ) / gasketelrendement	

#### 9.4.4 Grootschalige vergisting van meer dan 95% dierlijke mest

Er zijn weinig grootschalige mestvergisters operationeel, wel lijkt de interesse in deze installaties toe te nemen. De eerste verkenningen van ECN en DNV GL geven indicaties dat de productiekosten van hernieuwbare energie uit grootschalige monovergisters significant lager liggen dan de productiekosten uit kleinschalige monovergisting. De productiekosten van hernieuwbare energie uit monovergisters liggen eerder in de buurt van de productiekosten van hernieuwbare energie uit mestcovergisters. In zekere zin kunnen monovergisters en covergisters uit uitersten van hetzelfde spectrum gezien worden: installaties die technisch grote gelijkenissen vertonen, maar waarbij er in meer of mindere mate cosubstraat wordt toegevoegd bij de te vergisten mest. In plaats van aparte categorieën voor mestcovergisting, kleinschalige mestmonovergisting en grootschalige mestmonovergisting, adviseren ECN en DNV GL om een bredere beschouwing los te laten om de productie van hernieuwbare energie uit mestvergisting, alvorens tot meer of minder extra categorieën te besluiten. Op basis van de beschikbare informatie adviseren ECN en DNV GL om een aparte categorie voor kleinschalige vergisting van mest (zonder cosubstraat) open te stellen en geven ECN en DNV GL ter overweging om grootschalige vergisting van mest (zonder substraat), hangende de bovengenoemde bredere beschouwing, te ondersteunen via de categorieën voor covergisting van mest.

# 10

## Bevindingen bestaande installaties

Dit hoofdstuk beschrijft de bevindingen over de volgende categorieën gerelateerd aan bestaande installaties:

- Verlengde levensduur allesvergisting (WKK) (10.1)
- Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (WKK) (10.2)
- Verlengde levensduur allesvergisting (hernieuwbaar gas en warmte) (10.3)
- Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas en warmte) (10.4).

De gehanteerde biomassaprijzen in deze categorieën zijn reeds weergegeven in paragraaf 9.1.

### 10.1 Verlengde levensduur allesvergisting (WKK)

De categorie van verlengde levensduur van allesvergisting heeft betrekking op vergistingsinstallaties waarvan de MEP-beschikking is afgelopen. Er is gerekend met een warmteafzet van 7000 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 GL 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 77 toont de technisch-economische parameters van verlengde levensduur allesvergisting (WKK).

**Tabel 77:** Technisch-economische parameters energie uit verlengde levensduur allesvergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	2,2	
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	0,8	
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	0,925	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Maximaal elektrisch rendement		37%	
Electriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	0	€ 0 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	158	€ 0,3 mln / jaar
Energie-inhoud substraat	[GJ/ton]	3,4	
Grondstofprijs	[€/ton]	27,8	

In Tabel 78 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 78:** Overzicht subsidieparameters Verlengde levensduur allesvergisting (WKK)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,071
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,021
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	1,01
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	7464
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,022
Berekeningswijze correctiebedrag	$(APX + TTF \times 70\% \times WK) / (1 + WK)$	

## 10.2 Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (WKK)

De categorie van verlengde levensduur van vergisting en covergisting van dierlijke mest heeft betrekking op vergistingsinstallaties waarvan de MEP-beschikking is afgelopen. Er is gerekend met een warmteafzet van 7000 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 GL 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 79 toont de technisch-economische parameters verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest.

**Tabel 79:** Technisch-economische parameters energie uit verlengde levensduur mestcovergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	2,2	
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	0,8	
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	0,925	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Maximaal elektrisch rendement		37%	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	0	€ 0 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	158	€ 0,3 mln / jaar
Energie-inhoud substraat	[GJ/ton]	3,4	
Grondstofprijs	[€/ton]	35,4	

In Tabel 80 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 80:** Overzicht subsidieparameters Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (WKK)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,082
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,021
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	1,01
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	7464
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,022
Berekeningswijze correctiebedrag	$(APX + TTF \times 70\% \times WK) / (1 + WK)$	

## 10.3 Verlengde levensduur allesvergisting (hernieuwbaar gas en warmte)

Installaties voor allesvergisting kunnen er ook voor kiezen om niet de gasmotor te vervangen, maar om de installatie aan te sluiten op een groengas- of warmtehub, zodat niet langer elektriciteit maar hernieuwbaar gas geproduceerd wordt of warmte geleverd wordt.

### 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, wel de kosten voor beperkte gasreiniging voor verwijdering van zwavelwaterstof of ammoniak. Daarnaast is aangenomen dat in een ketel een deel van het ruwe biogas wordt verbrand om warmte voor de vergister te leveren. 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.

In Tabel 81 staan de technisch-economische parameters van productie ten behoeve van een groengas- of warmtehub gebaseerd op bestaande allesvergisters. In geval van levering aan de warmtehub (zie bijlage A), is het aantal vollasturen begrensd door de vollasturen van de warmtelevering door de hub à 7000 uur/jaar.

**Tabel 81:** Technisch-economische parameters energie uit verlengde levensduur allesvergisting (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> bruto ruw biogas/h]	370	
Vollasturen	[h/a]	8000*	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5%	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> bruto ruw biogas/h]	0	€ 0 miljoen
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> netto ruw biogas/h]	385	gezamenlijk
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> bruto ruw biogas/h]	480	€ 0,19 mln / jaar
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> netto ruw biogas/h]	38	gezamenlijk
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	27,8	

\* 7000 vollasturen bij levering aan een warmtehub.

In Tabel 82 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven. Hierin zijn de kosten van de ruwbiogasproductie en de kosten van de leveringshub (zie bijlage A) meegenomen.

**Tabel 82:** Overzicht subsidieparameters Verlengde levensduur allesvergisting (hernieuwbaar gas en warmte)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017 hernieuwbaar gas	Advies SDE+ 2017 warmte
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,058	0,059
Basisprijs SDE+2017	[€/kWh]	0,015	0,012
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,016	0,012
Berekeningswijze correctiebedrag		TTF	TTF x 70%

## 10.4 Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas en warmte)

Installaties voor vergisting en covergisting van mest kunnen er ook voor kiezen om niet de gasmotor te vervangen, maar om de installatie aan te sluiten op een hub, zodat niet langer elektriciteit maar hernieuwbaar gas geproduceerd wordt of warmte geleverd wordt.

### 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, wel de kosten voor beperkte gasreiniging voor verwijdering van zwavelwaterstof of ammoniak. Daarnaast is aangenomen dat in een ketel een deel van het ruwe biogas wordt verbrand om warmte voor de vergister te leveren. 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.

In Tabel 83 staan de technisch-economische parameters van productie ten behoeve van een groengas- of warmtehub gebaseerd op bestaande mestcovergisters. In geval van levering aan de warmtehub, is het aantal vollasturen begrensd door de vollasturen van de warmtelevering door de hub à 7000 uur/jaar.

**Tabel 83:** Technisch-economische parameters energie uit verlengde levensduur vergisting en covergisting van mest (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>bruto ruw biogas</sub> /h]	370	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5%	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>bruto ruw biogas</sub> /h]	0	€ 0 miljoen gezamenlijk
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>netto ruw biogas</sub> /h]	385	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>bruto ruw biogas</sub> /h]	480	€ 0,19 mln / jaar gezamenlijk
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>netto ruw biogas</sub> /h]	38	
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	35,4	

In Tabel 84 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven. Hierin zijn de kosten van de ruwbiogasproductie en de kosten van de leveringshub (zie bijlage A) meegenomen.

**Tabel 84:** Overzicht subsidieparameters Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas en warmte)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017 hernieuwbaar gas	Advies SDE+ 2017 warmte
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,066	0,069
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,015	0,012
Voorlopig correctiebedrag 2017	[€/kWh]	0,016	0,012
Berekeningswijze correctiebedrag		TTF	TTF x 70%

# 11

## Aanvullende kaders

De technisch-economische parameters uit de voorgaande hoofdstukken 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:

<https://www.ecn.nl/nl/samenwerking/sde/>.

De basisbedragen die ECN en DNV GL adviseren, zijn berekend op basis van de inzichten in marktprijzen onder de randvoorwaarde dat het merendeel van de projecten uit moet kunnen. Deze basisbedragen staan in de tabellen in de samenvatting en binnen de paragrafen waarin de categorieën besproken worden. Daarnaast heeft het ministerie van Economische Zaken gevraagd om basisbedragen te berekenen onder additionele randvoorwaarden. Deze staan in dit hoofdstuk.

### 11.1 Basisbedragen bij aanvullende kaders

Om de stijging van biomassaprijzen niet verder aan te moedigen vanuit de SDE+, heeft het ministerie gevraagd ook basisbedragen te berekenen, bij de biomassaprijzen zoals die gehanteerd zijn ten behoeve van de SDE+ 2014. Tabel 85 toont deze biomassaprijzen en Tabel 86 toont de basisbedragen op basis van deze biomassaprijzen.

**Tabel 85:** Biomassaprijzen als aanvullend kader

Biomassa	Prijs advies SDE+ 2017	Prijs advies SDE+ 2014
Snoei- en dunningshout	5,6 €/GJ	5,3 €/GJ
Dierlijk vet	15,4 €/GJ	15,4 €/GJ
Allesvergistingsinput	8,2 €/GJ	7,4 €/GJ
Covergistingsinput	10,5 €/GJ	9,5 €/GJ

**Tabel 86:** Basisbedragen bij aanvullende kaders

Categorie	Advies SDE+ 2017 [€/kWh]	SDE+ 2017 bij aanvullende kaders [€/kWh]
Biomassa-vergassing (≥ 95% biogeen)	0,150	0,149
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,1-0,5 MW <sub>th</sub>	0,057	0,056
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5-5 MW <sub>th</sub>	0,056	0,055
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, ≥5 MW <sub>th</sub>	0,044	0,043
Ketel op vloeibare biomassa	0,070	0,070
Thermische conversie van biomassa, < 100 MW <sub>e</sub>	0,062	0,061
Allesvergisting (hernieuwbaar gas)	0,061	0,058
Gecombineerde opwekking allesvergisting	0,069	0,065
Warmte allesvergisting	0,062	0,058
Vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	0,077	0,074
Gecombineerde opwekking vergisting, covergisting van dierlijke mest	0,090	0,085
Warmte vergisting en covergisting van dierlijke mest	0,079	0,075
Verlengde levensduur allesvergisting, gecombineerde opwekking	0,071	0,067
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest, gecombineerde opwekking	0,082	0,077
Verlengde levensduur allesvergisting (hernieuwbaar gas)	0,058	0,055
Verlengde levensduur allesvergisting (warmte)	0,059	0,055
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	0,066	0,063
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (warmte)	0,069	0,064

Ook heeft het ministerie vanuit kostenoptimalisatie gevraagd om de basisbedragen bij bio-WKK te berekenen onder de randvoorwaarde dat de meerkosten voor elektriciteitsproductie bij WKK ten opzichte van een warmteketel, niet meer mogen bedragen dan 0,13 €/kWh of 0,15 €/kWh bij de biomassaprijzen van de SDE+ 2014. De resulterende basisbedragen staan in Tabel 87.

**Tabel 87:** Basisbedragen [€/kWh] gecombineerde opwekking bij maximale meerprijs elektriciteit van 0,013 €/kWh of 0,015 €/kWh. De basisbedragen zijn berekend met biomassaprijzen van de SDE+ 2014.

Categorie	Warmte-referentie	Basis-bedrag WKK	Basis-bedrag warmte	Meer-prijs elek-triciteit	Basisbedrag SDE+ 2017 bij meerprijs van € 0,015 /kWh	Basisbedrag SDE+ 2017 bij meerprijs van € 0,013 /kWh
Thermische conversie van biomassa, < 100 MW <sub>e</sub>	Ketel op vaste of vloeibare biomassa, ≥5 MW <sub>th</sub>	0,061	0,043	0,205	0,055	0,053
Gecombineerde opwekking allesvergisting	Warmte allesvergisting	0,065	0,058	0,073	0,065	0,065
Gecombineerde opwekking vergisting, covergisting van dierlijke mest	Warmte vergisting en covergisting van dierlijke mest	0,085	0,075	0,096	0,085	0,085
Gecombineerde opwekking van meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW	Warmte vergisting meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW	0,227	0,102	0,237	0,146	0,128



# Afkortingen

APX	<i>Amsterdam Power eXchange</i> , marktindex voor elektriciteit (day ahead)
AWZI	Afvalwaterzuiveringsinstallatie
BEC	BioEnergieCentrale
CAPEX	<i>Capital Expenditures</i> , investeringskosten
CAR	<i>Construction all risk</i> , bouwverzekering
EZ	ministerie van Economische Zaken
IRS	Interest Rate Swap
LEI	Landbouw Economische Instituut
MEP	Milieukwaliteit elektriciteitsproductie
O&M	<i>Operation&amp;Maintenance</i> , onderhoud en beheer
OPEX	<i>Operating Expenditures</i> , onderhoudskosten
ORC	Organische Rankine cyclus
RED	<i>Reversed Electrodialysis</i> , omgekeerde elektrolyse
ROI	Rookgasontzwavelingsinstallatie
RVB	Rijksvastgoedbedrijf
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
SDE	Stimuleringsregeling duurzame energieproductie
SNCR	Selectieve non-katalytische reductie-installatie
SNG	<i>Substitute Natural Gas of Synthetic Natural Gas</i>
TTF	<i>Title Transfer Facility</i> , marktindex voor gas (termijnmarkt)
WACC	Weighted Average Costs of Capital, ofwel 'Kapitaalskosten'
WKK	Warmtekrachtkoppeling

# Referenties

- CBS (2013): *Hernieuwbare energie in Nederland 2013*. CBS, 2013. ISBN: 978-90-357-1857-9.
- Fraunhofer ISE (2015): *Current and Future Cost of Photovoltaics. Long-term Scenarios for Market Development, System Prices and LCOE of Utility-Scale PV Systems*. Study on behalf of Agora Energiewende.
- Geertsema, G.T., H.W. van den Brink (2014): *Windkaart van Nederland op 100 meter hoogte*. TR-351, De Bilt, december 2014.
- KNMI, CBS, RVO.NL. (2014). *Windsnelheid per gemeente in Nederland*. 27 oktober 2014. <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/brochures/2014/10/27/windsnelheid-per-gemeente-in-nederland.html>
- Kraan, C., Lensink, S.M. (2016): *Basisprijzen SDE+ 2017*. ECN, Amsterdam, ECN-N--16-018, 2016.
- Lensink, S.M. (2016): *Correctiebedragen t.b.v. bevoorschotting 2017 (SDE+)*. ECN, Amsterdam, ECN-N--16-015, 2016.
- Lensink, S.M., van Zuijlen, C.L. (2014): *Eindadvies basisbedragen SDE+ 2015*. ECN, Petten, ECN-E--14-035, 2014.
- Lensink, S.M., van Zuijlen, C.L. (2015): *Consultatiedocument basisbedragen SDE+ 2016*. ECN, Petten, ECN-E--15-035, 2015.
- Rijksoverheid (2010): *Nationaal actieplan voor energie uit hernieuwbare bronnen. Richtlijn 2009/28/EG*. <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2010/06/23/rapport-nationaal-actieplan-voor-energie-uit-hernieuwbare-bronnen.html>
- RVO.nl (2015): *SDE+ 2015. Zo vraagt u subsidie aan voor de productie van duurzame energie*. <http://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/02/Digitale%20Brochure%20SDE%2B%202015%20kleur.pdf>
- STOWA (2011): *Optimalisatie WKK en biogasbenutting*. STOWA 2011-33, ISBN 978.90.5773.549.3. Rapport opgesteld door Grontmij.

# Bijlage A. Hubs en productie van ruw biogas

## A.1. Inleiding

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

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

## A.2. Beschrijving referentie-warmtehub

De technisch-economische parameters voor de referentie-warmtehub inclusief biogasleiding zijn weergegeven in Tabel 88. Deze parameters leiden tot een kostprijs van een warmtehub van 0,003 €/kWh.

**Tabel 88:** Technisch-economische parameters warmtehub

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	12,7	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne warmtevraag	[%]	0	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	60	€ 0,7 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	1,3	€ 15.000 / jaar

## A.3. Beschrijving referentie-groengashub

Het referentiesysteem voor een groengashub heeft een ruwbiogasininput van 2200 Nm<sup>3</sup>/h (of 1440 Nm<sup>3</sup>/h aan hernieuwbaar gas). Als referentie-gaszuiveringstechniek is gekozen voor membraantechnologie, aangezien deze technologie voor meerdere recente hernieuwbaar gas projecten is toegepast. Deze technologie werkt bij hoge drukken om de scheiding tussen CH<sub>4</sub> en CO<sub>2</sub> te kunnen bereiken. De CO<sub>2</sub>-stroom kan m.b.v. deze technologie verder worden gekoeld tot het bijproduct vloeibaar CO<sub>2</sub>. Bij de berekening van het basisbedrag is echter geen rekening gehouden met de additionele investerings- en O&M-kosten van deze stap. De vereiste elektriciteit wordt ingekocht.

De technisch-economische parameters voor de referentie-groengashub, inclusief biogasleiding en groengascompressie tot 40 bar, zijn weergegeven in Tabel 89. Deze parameters leiden tot een kostprijs van een groengashub van 0,017 €/kWh.

**Tabel 89:** Technisch-economische parameters groengashub

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Totaalbedrag voor referentie
Referentie grootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>bruto ruw biogas</sub> /h]	2200	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>bruto ruw biogas</sub> /h]	0	€ 4 miljoen
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>netto ruw biogas</sub> /h]	1750	gezamenlijk
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>bruto ruw biogas</sub> /h]	0	€ 0,187 mln / jaar
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>netto ruw biogas</sub> /h]	85	gezamenlijk

# Bijlage B. Overzicht van basisprijzen en correctiebedragen

De basisprijzen en voorlopige correctiebedragen 2017 staan in de onderstaande tabellen. De berekeningswijze achter de basisprijzen staat in (Kraan en Lensink, 2016) en die van de correctiebedragen in (Lensink, 2016). Voor de warmtecategorieën wordt de warmteproductie van de referentie-installatie in de meeste gevallen als maatgevend beschouwd voor het te behalen voordeel uit vermeden energiebelasting en opslag duurzame energie (EB en ODE). Op nader benoemde uitzonderingen na, wordt bij de bepaling van het correctiebedrag uitgegaan van een installatie die zelfstandig draait. Tabel 90 toont de bepaling van het energiebelastingvoordeel ten behoeve van de berekening van de correctiebedragen.

Voor installaties die minder dan 170.000 m<sup>3</sup> aardgasequivalent aan warmte produceren per jaar, wordt verondersteld dat deze ook het energiebelastingtarief van de schijf 0-170.000 m<sup>3</sup> aardgas/jaar besparen. Het correctiebedrag wordt bepaald op basis van vermeden aardgasinzet in een gasketel met een rendement van 90% en een vermeden energiebelasting (en vermeden opslag van duurzame energie) uit de schaf van 0 tot 170.000 m<sup>3</sup>/jaar. Dit correctiebedrag wordt aangeduid als correctiebedrag 'klein'.

Voor installaties die minder dan 1 miljoen, maar meer dan 170.000 m<sup>3</sup>, aardgasequivalent aan warmte produceren per jaar, wordt verondersteld dat deze ook het energiebelastingtarief van de schijf 170.000-1 miljoen m<sup>3</sup> aardgas/jaar besparen. Het correctiebedrag wordt bepaald op basis van vermeden aardgasinzet in een gasketel met een rendement van 90% en een vermeden energiebelasting (en vermeden opslag van duurzame energie) uit de schaf van 170.000- 1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Dit correctiebedrag wordt aangeduid als correctiebedrag 'middelklein'. De categorie voor een ketel op vaste biomassa < 5 MW viel in het advies voor de SDE+ 2016 in de categorie 'middel', maar de SDE+ 2017 wordt geadviseerd deze in de categorie 'middelklein' in te delen.

Voor installaties die minder dan 10 miljoen, maar meer dan 1 miljoen m<sup>3</sup> aardgasequivalent aan warmte produceren per jaar, wordt verondersteld dat deze ook het energiebelastingtarief van de schijf 1-10 miljoen m<sup>3</sup> aardgas/jaar besparen. Het correctiebedrag wordt bepaald op basis van vermeden aardgasinzet in een gasketel met een rendement van 90% en een vermeden energiebelasting (en vermeden opslag van duurzame energie) uit de schaf van 1-10 miljoen m<sup>3</sup>/jaar. Dit correctiebedrag wordt aangeduid als correctiebedrag 'middel'.

Voor installaties die meer dan 10 miljoen aardgasequivalent aan warmte produceren wordt aangenomen dat zij een WKK vervangen. Daarvoor wordt een gemiddelde netto

warmteprijs voor de producent van 70% van de TTF-gasprijs verondersteld. Voor alle categorieën met gecombineerde opwek wordt ook aangenomen dat zij een gas-WKK vervangen. Dit correctiebedrag wordt aangeduid als 'groot'.

**Tabel 90:** Energiebelastingvoordeel ten behoeve van de berekening van de correctiebedragen

Categorie	Energiedrager	Warmte-output vermogen	Warmte vollast- uren	Hoeveelheid vervangen aardgas	Berekende energiebelasting- schijf	Advies correctiebedrag
		[kW]	[h/a]	[m <sup>3</sup> /jaar]	[m <sup>3</sup> /jaar]	
Zonthermie ≥ 140 kW	W	140	700	<b>11.147</b>	0-170.000	Middel- klein
Geothermische warmte, diepte ≥ 500 m	W	12000	5500	<b>7.507.109</b>	1-10 miljoen	Groot
Geothermische warmte, diepte ≥ 3500 m	W	15000	7000	<b>11.943.128</b>	>10 miljoen	Groot
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,1- 0,5 MWth	W	300	3000	<b>102.370</b>	0-170.000	Klein
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5- 5 MWth	W	750	3000	<b>255.924</b>	170.000-1 miljoen	Middel- klein
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, ≥5 MWth	W	10000	7000	<b>7.962.085</b>	1-10 miljoen	Groot
Ketel op vloeibare biomassa	W	10000	7000	<b>7.962.085</b>	1-10 miljoen	Middel
Ketel industriële stoom uit houtpellets	W	30000	7000	<b>23.886.256</b>	>10 miljoen	Groot
Warmte allesvergisting	W	6885	7000	<b>5.481.896</b>	1-10 miljoen	Middel
Warmte vergisting en covergisting van dierlijke mest	W	2550	7000	<b>2.030.332</b>	1-10 miljoen	Middel
Warmte vergisting van meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW	W	91	7000	<b>72.455</b>	0-170.000	Middel
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (warmte)	W	2025	7000	<b>1.612.598</b>	1-10 miljoen	Groot
Verlengde levensduur allesvergisting (warmte)	W	2025	7000	<b>1.612.598</b>	1-10 miljoen	Groot
RWZI - Thermofiele gisting van secundair slib	E+W	919	4000	<b>418.123</b>	170.000-1 miljoen	Groot
Thermische conversie van biomassa, < 100 MWe	E+W	8000	8000	<b>7.279.621</b>	1-10 miljoen	Groot
Gecombineerde opwekking allesvergisting	E+W	3888	7000	<b>3.095.659</b>	1-10 miljoen	Groot
Gecombineerde opwekking vergisting en covergisting van dierlijke mest	E+W	1440	7000	<b>1.146.540</b>	1-10 miljoen	Groot
Gecombineerde opwekking vergisting van meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW	E+W	26	1000	<b>2.957</b>	0-170.000	Groot
Verlengde levensduur allesvergisting, gecombineerde opwekking	E+W	925	7000	<b>736.493</b>	170.000-1 miljoen	Groot
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest, gecombineerde opwekking	E+W	925	7000	<b>736.493</b>	170.000-1 miljoen	Groot

Er zijn enkele uitzonderingen op de bovenbeschreven systematiek. Voor zonthermieprojecten geldt dat het zonthermieproject doorgaans in combinatie met een andere (aardgas-) warmtevoorziening werkt, waardoor de effectief vermeden energiebelasting op aardgas in een hogere schijf ligt. Voor geothermische energie geldt dat het merendeel van de projecten in de tuinbouw wordt gerealiseerd, waarbij het doorgaans een gas-WKK vervangt. Voor de ketel op vaste biomassa > 5 MW geldt dat de referentie-installatie aan de bovenkant van de belastingschijf zit, waarbij de installatie – in tegenstelling tot de ketel op vloeibare biomassa – zoveel mogelijk in basislast ingezet wordt, al dan niet bij stadsverwarming. Grote ketels vervangen in de regel ook een WKK. Uitzondering op de beschreven systematiek betreft ook de verlengde levensduur bij vergisting, waarbij voor warmte uitgegaan wordt van aansluiting op een grootschalige hub, waardoor het correctiebedrag ‘groot’ hierop van toepassing is, en vergisting van meer dan 95% dierlijke mest, waarbij voor warmte uitgegaan wordt van en aansluiting op een middelgrote hub, waardoor het correctiebedrag ‘middel’ hierop van toepassing is.

**Tabel 91:** Basisprijs en voorlopig correctiebedrag SDE+ 2017: waterkracht, wind- en zonne-energie.

Categorie	Basisprijs [€/kWh]	Correctiebedrag [€/kWh]
Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm	0,031	0,032
Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm, renovatie	0,031	0,032
Vrije stromingsenergie, valhoogte < 50 cm	0,031	0,032
Osmose	0,031	0,032
Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kWp en aansluiting >3*80A	0,026	0,033
Zonthermie, apertuuroppervlakte ≥ 200 m <sup>2</sup> of > 140 kW	0,028	0,029
Wind op land, ≥ 8 m/s	0,025	0,028
Wind op land, ≥ 7,5 en < 8 m/s	0,025	0,028
Wind op land, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	0,025	0,028
Wind op land, < 7,0 m/s	0,025	0,028
Wind op primaire waterkeringen, ≥ 8 m/s	0,025	0,028
Wind op primaire, ≥ 7,5 en < 8 m/s	0,025	0,028
Wind op primaire, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	0,025	0,028
Wind op primaire, < 7,0 m/s	0,025	0,028
Wind in meer, water ≥ 1 km <sup>2</sup>	0,025	0,028

**Tabel 92:** Basisprijs en voorlopig correctiebedrag SDE+ 2017: geothermie

Categorie	Basisprijs [€/kWh]	Correctiebedrag [€/kWh]
Geothermische warmte, diepte ≥ 500 m	0,012	0,012
Geothermische warmte, diepte ≥ 3500 m	0,012	0,012

**Tabel 93:** Basisprijs en voorlopig correctiebedrag SDE+ 2017: waterzuiveringsinstallaties

Categorie	Basisprijs [€/kWh]	Correctiebedrag [€/kWh]
RWZI - Thermofiele gisting van secundair slib	0,023	0,024
AWZI/RWZI - thermische drukhydrolyse	0,031	0,032
AWZI/RWZI (hernieuwbaar gas)	0,015	0,016



**Tabel 94:** Basisprijs en voorlopig correctiebedrag SDE+ 2017: verbranding en vergassing van biomassa

Categorie	Basisprijs [€/kWh]	Correctiebedrag [€/kWh]
Biomassavergassing (≥95% biogeen)	0,015	0,016
Bestaande capaciteit voor bij- en meestook	0,031	0,032
Nieuwe capaciteit voor meestook	0,031	0,032
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,1-0,5 MW <sub>th</sub>	0,052	0,053
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5-5 MW <sub>th</sub>	0,028	0,029
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, ≥5 MW <sub>th</sub>	0,012	0,012
Ketel op vloeibare biomassa	0,022	0,023
Ketel industriële stoom uit houtpellets	0,012	0,012
Thermische conversie van biomassa, < 100 MW <sub>e</sub>	0,014	0,015

**Tabel 95:** Basisprijs en voorlopig correctiebedrag SDE+ 2017: vergisting van biomassa

Categorie	Basisprijs [€/kWh]	Correctiebedrag [€/kWh]
Allesvergisting (hernieuwbaar gas)	0,015	0,016
Gecombineerde opwekking allesvergisting	0,021	0,022
Warmte allesvergisting	0,022	0,023
Vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	0,015	0,016
Gecombineerde opwekking vergisting en covergisting van dierlijke mest	0,021	0,022
Warmte vergisting en covergisting van dierlijke mest	0,022	0,023
Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW (hernieuwbaar gas)	0,015	0,016
Gecombineerde opwekking vergisting van meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW	0,030	0,031
Warmte vergisting van meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW	0,022	0,023

**Tabel 96:** Basisprijs en voorlopig correctiebedrag SDE+ 2017: bestaande installaties

Categorie	Basisprijs [€/kWh]	Correctiebedrag [€/kWh]
Verlengde levensduur allesvergisting, gecombineerde opwekking	0,021	0,022
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest, gecombineerde opwekking	0,021	0,022
Verlengde levensduur allesvergisting (hernieuwbaar gas)	0,015	0,016
Verlengde levensduur allesvergisting (warmte)	0,012	0,012
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	0,015	0,016
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (warmte)	0,012	0,012

# Bijlage C. Basisinformatie SDE+

Onderstaande tekst is nagenoeg letterlijk overgenomen van de website van RVO.nl (2015) en het document Nationaal actieplan voor energie uit hernieuwbare bronnen NREAP (Rijksoverheid, 2010).

## Box 1: Basisinformatie SDE+

### Algemeen

De SDE+ stimuleert de productie van duurzame energie. Duurzame energie wordt opgewekt uit schone, onuitputtelijke bronnen en heet daarom ook wel 'hernieuwbare energie'.

### Wat is de SDE+?

De SDE+ is een exploitatiesubsidie. Dat wil zeggen: producenten ontvangen subsidie voor de opgewekte duurzame energie en niet voor aanschaf van de productie-installatie, zoals bij een investeringssubsidie. De SDE+ richt zich op bedrijven en instellingen die duurzame energie willen produceren. De Rijksoverheid is uitgesloten van deelname aan de SDE+. De kostprijs van duurzame energie is hoger dan die van grijze energie. De productie van duurzame energie is dan ook niet altijd rendabel.

De SDE+ vergoedt het verschil tussen de kostprijs van grijze energie en die van duurzame energie over een periode van 5, 8, 12 of 15 jaar, afhankelijk van de technologie. Hoeveel subsidie u kunt krijgen is afhankelijk van de technologie en de hoeveelheid duurzame energie die u produceert. De SDE+ heeft één budget voor alle categorieën en wordt gefaseerd opengesteld. In de eerste fase kunnen de 'goedkopere' technieken subsidie aanvragen. De subsidie loopt per fase op. Daarnaast is het in bepaalde gevallen mogelijk in een zogenoemde vrije categorie aan te vragen.

### Waarvoor geldt de SDE+?

In 2015 is de SDE+ opengesteld voor de productie van:

- Hernieuwbare elektriciteit;
- Hernieuwbaar gas;
- Hernieuwbare warmte of een combinatie van hernieuwbare warmte én elektriciteit (WKK).

Voor energie uit:

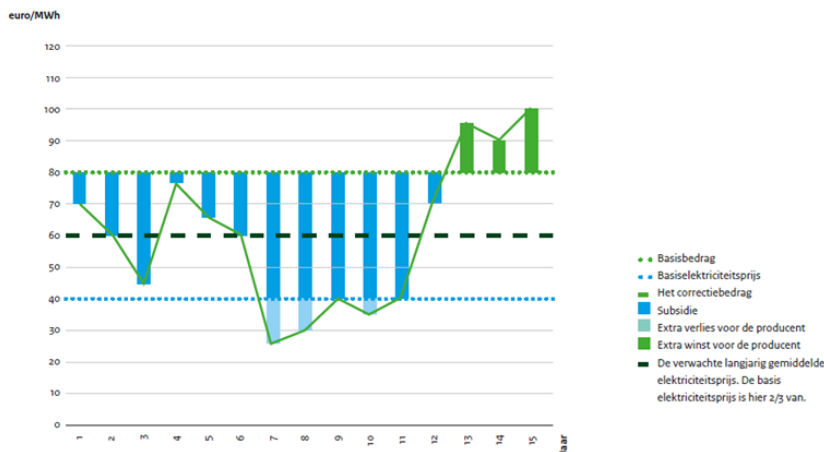
- Biomassa
- Geothermie
- Water
- Wind
- Zon

## De SDE+-bijdrage

De kostprijs voor de productie van groene energie is vastgelegd in het basisbedrag voor de technologie. De opbrengst van de (grijze) energie is vastgelegd in het correctiebedrag. De SDE+ vergoedt het verschil tussen de kostprijs van groene energie en de opbrengst van de (grijze) energie:  $SDE\text{-bijdrage} = \text{basisbedrag} - \text{correctiebedrag}$ . De hoogte van de SDE+-bijdrage is daarmee afhankelijk van de ontwikkeling van de energieprijzen. Bij een hogere energieprijs krijgt u minder SDE+, maar ontvangt u meer van uw energie-afnemer. Bij een lagere energieprijs krijgt u meer SDE+ en minder van uw energieafnemer. De subsidie die Rijksdienst voor Ondernemend Nederland u toewijst in de beschikking, is een maximumbedrag over de gehele looptijd van de subsidie (5, 8, 12 of 15 jaar). Dit maximum wordt bepaald aan de hand van het opgegeven vermogen en het maximale aantal vollasturen voor de technologie. Voor het bepalen van het beschikkingsbedrag wordt uitgegaan van de basisenergieprijs. De basisenergieprijs is de ondergrens voor het correctiebedrag. Het correctiebedrag kan hier niet onder komen. Als het correctiebedrag gelijk is aan de basisenergieprijs is de maximale subsidie bereikt. De uiteindelijke hoogte wordt per jaar berekend op basis van de hoeveelheid energie die u produceert en de hoogte van de energie-prijs. De subsidie geldt tot een maximum aantal vollasturen en heeft een maximale looptijd, afhankelijk van de technologie.

Bron: RVO, 2015.

**Figuur 5:** SDE+-bijdrage = basisbedrag – correctiebedrag



Bron: Rijksoverheid, 2010.

## Pijlers van de SDE+

### 1 Eén integraal budgetplafond

Er is één subsidieplafond vastgesteld voor alle categorieën samen. In 2015 is 3,5 miljard euro beschikbaar om projecten te ondersteunen. Als op een dag meer aanvragen

binnenkomen dan er nog budget beschikbaar is, worden de aanvragen gerangschikt op volgorde van basisbedrag. De aanvraag met het laagste basisbedrag is als eerste in de rangschikking. Als de budgetgrens valt tussen aanvragen met een gelijk basisbedrag, wordt onder deze aanvragen geloot.

### *2 Een gefaseerde openstelling*

De SDE+ gaat gefaseerd open. In 2015 worden negen fases opengesteld in de periode 31 maart, 9:00 uur tot 17 december 2015, 17:00 uur. Iedere fase heeft een maximum basisbedrag dat oploopt van 0,070 €/kWh (0,055 €/kWh voor hernieuwbaar gas) in fase 1 tot 0,150 €/kWh (0,118 €/kWh voor hernieuwbaar gas) in fase 9. Voor iedere technologie geldt een maximum basisbedrag waarboven geen subsidie wordt uitgekeerd. In fase 1 kunnen kosteneffectieve technologieën met een basisbedrag lager of gelijk aan 0,070 €/kWh een aanvraag indienen. Ten opzichte van technologieën met een hoger maximum basisbedrag hebben aanvragers in fase 1 een grotere kans dat er voldoende budget beschikbaar is.

### *3 Een maximum basisbedrag*

De SDE+ 2015 gaat uit van een maximum basisbedrag van 0,150 €/kWh (0,118 €/kWh voor hernieuwbaar gas). Technologieën die duurzame energie kunnen produceren voor dit bedrag of voor minder kunnen in aanmerking komen voor subsidie.

### *4 Een vrije categorie*

In iedere fase is een vrije categorie. Zo kunnen innovatieve ondernemers, die goedkoper kunnen produceren dan het berekende basisbedrag voor de betreffende technologie, toegang krijgen tot de SDE+. Voor projecten in de vrije categorie geldt een basisbedrag dat gelijk is aan de bovengrens van de betreffende fase waarin men subsidie heeft aangevraagd. Voorwaarde is dat dit bedrag lager is dan het basisbedrag van de betreffende technologie. De vrije categorie biedt op deze manier ook ruimte voor een aantal technologieën waarvan de kosten gemiddeld hoger zijn dan 0,150 €/kWh (omgerekend 0,118 €/kWh voor hernieuwbaar gas).

Bron: RVO, 2015.

# Bijlage D. Externe review



Fraunhofer ISI | Breslauer Strasse 48 | 76139 Karlsruhe

Har van Himbergen  
Directie Energieuitdagingen 2020  
Directoraat-Generaal Energie, Telecom &  
Mededinging  
Ministerie van Economische Zaken  
Bezuidenhoutseweg 73 | 2594 AC | Den Haag  
Postbus 20401 | 2500 EK | Den Haag  
The Netherlands

Fraunhofer Institute for  
Systems and Innovation Research  
| Visions for Decisions

Directors  
Univ.-Prof. Dr. Marion A. Weissenberger-Eibl  
Dr.-Ing. Harald Hiessl (Deputy)

Breslauer Strasse 48  
76139 Karlsruhe, Germany

Prof. Dr. Mario Ragwitz  
Coordinator of Business Unit  
Renewable Energies  
Phone + 49 721/6809-157 | Fax + 49 721/6809-272  
Mario.Ragwitz@isi.fraunhofer.de  
www.isi.fraunhofer.de

Your Reference

Your Letter of

Our Reference  
MR/bka

Karlsruhe, 23 September 2016

## Review on the draft advice of SDE+

Dear Mr. Himbergen,

Fraunhofer ISI and TU Vienna has reviewed the advice of ECNDNV GL on the Dutch renewable energy tariffs as proposed in the draft advice of 2016. The review included the following activities: discuss with ECN the results of the draft advice, give suggestion for further research where applicable, reflect whether ECNDNV GL have addressed adequately the issues that were raised by market parties during the consultation round and give a limited review on the overall advisory process.

Fraunhofer ISI and TU Vienna have concluded the following. The research process by ECNDNV GL was conducted in a manner that was sound and correct. Suggestions for improvements can be summarized as follows:

### Financing

Although the interest rates assumed by ECNDNV GL seem generally adequate, they could be moderately lowered taking into account currently low interest rates. This could be done by reducing WACC values by approximately 1% point for all technologies. The comparison with the results of the EU project DIA-CORE, which assessed country specific financing costs in detail is in line with such a slight reduction of WACC values.

At least a  $\pm 1\%$  WACC sensitivity analyses should be included in the analysis. One should also keep in mind that other forms of financing are possible, such as intermediate loans and refinancing on the consumer market through wind shares.

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., München  
Executive Board  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. e.h. mult. Dr. h.c. mult. Hans Jörg Bullinger, President  
Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Buller  
Dr. rer. pol. Alfred Gossner  
Prof. Dr. phil. Marion Schick

Cheques and transfers payable to:  
Deutsche Bank, München  
Account 752193300 BLZ 700 700 10  
IBAN DE86 7007 0010 0752 1933 00  
BIC (SWIFT-Code) DEUTDE33  
VAT Identification Number DE129515865  
Tax Number 143/215/20392

#### Biomass incineration

A first impression was that the prices of wood pellet (30 €/MWh) have tended being on the high side. A comparison with an assessment taken by Utrecht University in the course of the DIA-CORE project confirms however that assumptions reflect recent trends: Despite a recent decline in spot prices of industrial pellets in US\$, CIF ARA prices of industrial wood pellets have increased as a result of the weakening euro against the US dollar. To sum up, the combination of the weak euro, low CO<sub>2</sub> price and low coal price results in comparatively high cost of biomass, weakening its competitiveness. Therefore we consider the current assumptions adequate.

For steam boilers and heat boilers, a comparison with experience from Austria indicates that cost assumptions appear being within the range of market observations. There are however tendencies for slightly higher costs / prices in recent year(s) under Austrian circumstances. How far this represents the impact of market power due to concentration effects is currently for example under discussion.

Pyrolysis oil, being an intermediate product (pretreatment), appears a promising fuel and technology option to be supported within the SDE+. As done by ECNDNV GL the price of oil can be used as proxy for fuel price developments, if the fuel input is restricted to pyrolysis oil. It has been however discussed that this might cause some tension between indirectly subsidizing technological learning through the higher prices of pyrolysis oil.

As a general remark concerning the question whether production or investment-based support appears more useful in the case of biomass heating, specifically concerning small-scale installations, there are clear pros for remaining with a simple approach of providing up-front investment support instead of a more complicated generation-based support scheme. For example also the UK approach (Renewable Heat Incentive) despite the general impression that support is generation-based offers in practical terms investment-based up-front support in the case of small-scale installations.

#### PV

Large scale green-field systems receive the same base rate as all other systems > 15 kW due to a tradeoff regarding cost reductions caused by economies of scale and other costs for land lease etc. occurring for large scale systems. We think, however, that the impact of economies of scale should be stronger, which would justify a reduced base rate for MW-scale plants.

#### Wind-in-lake

These projects are very specific and individual. Therefore it is very difficult to estimate the specific investment and hence the generation costs for these plants. Therefore we would propose in the future to tender such projects in a central regime similar to the case of offshore wind, i.e. a public institution performs the pre-development of the project and the company assigned with the actual construction and operation of the plant is awarded based on competitive bidding.

Besides the issues listed above we do not have any additional suggestions for improvements and did not find any incorrect assumptions or calculations.

Kind regards,



Prof. Dr. Mario Ragwitz  
(Fraunhofer ISI)



Dr. Gustav Resch  
(TU Wien, EEG)

# Nawoord

De auteurs van dit rapport danken de reviewers van Fraunhofer ISI en TU Wien voor de constructieve en kritische discussies. In dit nawoord geven de auteurs nadere toelichting hoe met het reviewcommentaar is omgegaan.

In de daling van financieringskosten hebben ECN en DNV GL nader geconsulteerd in augustus 2016. Het daaruit rijzende beeld is dat er voldoende mogelijkheden lijken te bestaan om nog scherpere financiering af te sluiten dan voorgesteld door de reviewers. Tegelijk kan echter geen zekerheid worden geboden dat de rentes in de komende jaren niet weer gaan stijgen. Bij stijgende rente is de kans reëel dat ook de basisbedragen weer zullen moeten stijgen, om alsnog kostendekkende subsidies in te stellen. Om het effect van veranderende rentestanden duidelijk te maken, toont Tabel 8 de basisbedragen bij een rente (op vreemd vermogen) van -2%-punt en +2%-punt ten opzichte van het advies van ECN en DNV GL.

**Tabel 97:** Gevoeligheid van de geadviseerde basisbedragen voor rente op vreemd vermogen

Categorie	-2%-punt	Advies SDE+ 2017	+2%-punt
Waterkracht, valhoogte $\geq$ 50 cm	0,146	0,156	0,167
Waterkracht, valhoogte $\geq$ 50 cm, renovatie	0,096	0,100	0,105
Vrije stromingsenergie, valhoogte < 50 cm	0,182	0,192	>0,20
Osmose	>0,20	>0,20	>0,20
Fotovoltaïsche zonnepanelen, $\geq$ 15 kWp en aansluiting >3*80A	0,116	0,125	0,135
Zonthermie $\geq$ 140 kW	0,089	0,095	0,102
Wind op land, $\geq$ 8 m/s	0,061	0,064	0,068
Wind op land, $\geq$ 7,5 en < 8 m/s	0,066	0,070	0,074
Wind op land, $\geq$ 7,0 en < 7,5 m/s	0,071	0,075	0,080
Wind op land, < 7,0 m/s	0,080	0,085	0,090
Wind op primaire waterkeringen, $\geq$ 8 m/s	0,065	0,069	0,073
Wind op primaire waterkeringen, $\geq$ 7,5 en < 8 m/s	0,071	0,075	0,080
Wind op primaire waterkeringen, $\geq$ 7,0 en < 7,5 m/s	0,076	0,080	0,085
Wind op primaire waterkeringen, < 7,0 m/s	0,085	0,091	0,097
Wind in meer, water $\geq$ 1 km <sup>2</sup>	0,099	0,104	0,110
Geothermische warmte, diepte $\geq$ 500 m	0,050	0,053	0,055
Geothermische warmte, diepte $\geq$ 3500 m	0,054	0,057	0,060
RWZI - Thermofiele gisting van secundair slib	0,039	0,048	0,057
AWZI/RWZI - thermische drukhydrolyse	0,079	0,084	0,090
AWZI/RWZI (hernieuwbaar gas)	0,030	0,031	0,032
Biomassavergassing ( $\geq$ 95% biogeen)	0,145	0,150	0,155

Categorie	-2%-punt	Advies SDE+ 2017	+2%-punt
Bestaande capaciteit voor bij- en meestook	0,107	0,108	0,108
Nieuwe capaciteit voor meestook	0,110	0,111	0,112
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,1-0,5 MWth	0,056	0,057	0,058
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5-5 MWth	0,055	0,056	0,057
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, ≥5 MWth	0,043	0,044	0,045
Ketel op vloeibare biomassa	0,070	0,070	0,070
Ketel industriële stoom uit houtpellets	0,061	0,062	0,062
Thermische conversie van biomassa, < 100 Mwe	0,061	0,062	0,063
Allesvergisting (hernieuwbaar gas)	0,060	0,061	0,062
Vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	0,076	0,077	0,078
Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest < 300 kW (hernieuwbaar gas)	0,165	0,171	0,177

De kosten voor inzet van vaste biomassa in ketels lijkt ook in Nederland iets gestegen te zijn ten opzichte van vorig jaar, evenals in Oostenrijk. De review heeft de auteurs er mede toe aangezet om de referentie-installaties van verschillende biomassaketel-categorieën te herzien. Hoewel biomassaketels die gebruik maken van pyrolyseolie ondersteund kunnen worden via de SDE+, is pyrolyseolie geen referentiebrandstof omwille van redenen die door de reviewers zijn aangehaald. Pyrolyseolie heeft naar inzicht van ECN en DNV GL een iets hogere prijs dan de gehanteerde referentie-brandstof van dierlijk vet.

Het onderscheid tussen grote en kleine zonneprojecten (zon-PV) kan niet eenduidig op prijs gemaakt worden. Uit de marktconsultatie is informatie aangereikt die aanleiding geeft te veronderstellen dat grote projecten duurder zijn dan kleine projecten. Tegelijk schets de internationale literatuur eerder het beeld dat de reviewers ook noemen: door schaalvoordelen zullen grote parken juist goedkoper zijn dan kleine parken. Op dit moment, wellicht deels veroorzaakt door beperktere ervaring in Nederland met grote zonneprojecten, is voor Nederland niet eenduidig te stellen dat grote projecten duurder of goedkoper zijn dan kleine projecten, zie ook hoofdstuk 4.



**ECN**

Westerduinweg 3  
1755 LE Petten

Postbus 1  
1755 ZG Petten

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