

# Conceptadvies basisbedragen SDE+ 2017 voor marktconsultatie

S.M. Lensink (ECN) (ed)  
C.L. van Zijlen (ECN) (ed)

Mei 2016  
ECN-E--16-014



# 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 Peter Reffeltrath.

Naast de editors Sander Lensink en Christine van Zuijlen hebben de volgende personen meegeschreven aan dit rapport:

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

Aan het onderzoeksproject is tevens meegewerkt door Hans Cleijne (DNV GL), Jamilja van der Meulen, Manuela Loos en Kim Stutvoet-Mulder (ECN). De auteurs danken hen voor hun inbreng.

Eventuele vragen over dit conceptadvies 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+. This report contains a draft advice on the cost of projects in the Netherlands targeted for realization in 2017 or 2018. The options in the advice cover installation technologies for the production of green gas, biogas, renewable electricity and renewable heat. This draft advice has been written to facilitate the market consultation on the 2017 base rates. The open market consultation is to be held in June 2016.

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 Inleiding</b>	<b>8</b>
<b>2 Proces en uitgangspunten</b>	<b>10</b>
<b>3 Bevindingen waterkracht</b>	<b>16</b>
<b>4 Bevindingen zonne-energie</b>	<b>21</b>
<b>5 Bevindingen windenergie</b>	<b>26</b>
<b>6 Bevindingen geothermie</b>	<b>34</b>
<b>7 Bevindingen waterzuivering</b>	<b>38</b>
<b>8 Bevindingen verbranding en vergassing van biomassa</b>	<b>43</b>
<b>9 Bevindingen vergisting van biomassa</b>	<b>59</b>
<b>10 Bevindingen bestaande installaties</b>	<b>72</b>
<b>11 Overzicht basisbedragen</b>	<b>78</b>
<b>Afkortingen</b>	<b>82</b>
<b>Referenties</b>	<b>83</b>
<b>Bijlage A. Overzicht van basisprijzen en correctie-bedragen</b>	<b>85</b>
<b>Bijlage B. Basisinformatie SDE+</b>	<b>87</b>



# Samenvatting

Het ministerie van Economische Zaken (EZ) heeft advies gevraagd aan ECN en DNV GL over de basisbedragen voor de SDE+ 2017. Dit rapport bevat een conceptadvies. ECN en DNV GL nodigen belanghebbenden uit om een reactie op dit concept te geven. 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 concept basisbedragen SDE+ 2017 voor de verschillende categorieën staan in Tabel 1 tot en met Tabel 6. Voor de naamgeving van de categorieën is op verzoek van het ministerie van EZ aangesloten bij de naamgeving van de categorieën in de regeling SDE+ 2016.

De basisbedragen zijn weergegeven in euro per kWh. Met de aanduidingen E, G, W, WKK, wordt aangegeven of de categorie respectievelijk hernieuwbare elektriciteit, gas, warmte of gecombineerde opwekking betreft. In de tabel zijn ter vergelijking ook de basisbedragen uit het Eindadvies basisbedragen SDE+ 2016<sup>1</sup> opgenomen.

De categorieën waarbij de basisbedragen met een vraagteken zijn geïndiceerd, betreft categorieën waar ECN en DNV GL eerst additionele informatie uit de markt wensen te verzamelen, alvorens een advies uit te brengen.



<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)

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2017	Vollast-uren	Advies basisbedrag SDE+ 2016
Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm	E	0,15 - 0,20	5700	0,15 - 0,20
Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm, renovatie	E	0,108	2600	0,108
Vrije stromingsenergie, valhoogte < 50 cm	E	> 0,20	3700	> 0,20
Osmose	E	> 0,20	8000	> 0,20
Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kWp en aansluiting >3*80A	E	0,134	950	0,128
Zonthermie, apertuuroppervlakte ≥ 200 m <sup>2</sup>	W	0,103	700	0,103
Wind op land, ≥ 8 m/s	E	0,067	n.v.t.	0,070
Wind op land, ≥ 7,5 en < 8 m/s	E	0,073	n.v.t.	0,076
Wind op land, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	E	0,078	n.v.t.	0,082
Wind op land, < 7,0 m/s	E	0,090	n.v.t.	0,093
Wind op primaire waterkeringen, ≥ 8 m/s	E	0,072	n.v.t.	0,075
Wind op primaire waterkeringen, ≥ 7,5 en < 8 m/s	E	0,080	n.v.t.	0,082
Wind op primaire waterkeringen, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	E	0,085	n.v.t.	0,087
Wind op primaire waterkeringen, < 7,0 m/s	E	0,098	n.v.t.	0,099
Wind in meer, water ≥ 1 km <sup>2</sup>	E	0,113	n.v.t.	0,114

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

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2017	Vollast-uren	Advies basisbedrag SDE+ 2016
Geothermische warmte, diepte ≥ 500 m	W	0,058	5500	0,056
Geothermische warmte, diepte ≥ 3500 m	W	0,063	7000	0,062

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

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2017	Vollasturen (kracht/warmte)	Vollasturen samengesteld	Warmtekrachtverhouding	Advies basisbedrag SDE+ 2016
RWZI - Thermofiele gisting van secundair slib	WKK	0,060	8000/4000	5729	0,66	0,060
AWZI/RWZI - thermische drukhydrolyse	E	0,093	8000	-	-	0,093
AWZI/RWZI (hernieuwbaar gas)	G	0,032	8000	-	-	0,032

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

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2017	Vollasturen (kracht/warmte)	Vollasturen samen-gesteld	Warmte-kracht-verhouding	Advies basisbedrag SDE+ 2016
Biomassavergassing (≥95% biogeen)	G	0,148	7500	-	-	0,151
Bestaande capaciteit voor bij-en meestook	E	0,107	5000/6000	5839	-	0,107
Nieuwe capaciteit voor meestook	E	0,114	7000	-	-	0,114
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,1-0,5 MW <sub>th</sub>	W	0,052	4000	-	-	n.v.t.
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5-5 MW <sub>th</sub>	W	0,052	4000	-	-	0,052
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, ≥5 MW <sub>th</sub>	W	0,043	7000	-	-	0,043
Ketel op vloeibare biomassa	W	0,071	7000	-	-	0,071
Warmte, houtpellets	W	0,059	7000	-	-	0,057
Thermische conversie van biomassa, ≤ 100 MW <sub>e</sub>	WKK	0,077	7500/7500	7500	2,99	0,077

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

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2017	Vollasturen (kracht/warmte)	Vollasturen samen-gesteld	Warmte-kracht-verhouding	Advies basisbedrag SDE+ 2016
Allesvergisting (hernieuwbaar gas)	G	0,063	8000	-	-	0,060
Gecombineerde opwekking allesvergisting	WKK	0,093	8000/4000	5742	0,65	0,087
Warmte allesvergisting	W	0,064	7000	-	-	0,060
Vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	G	0,081	8000	-	-	0,080
Gecombineerde opwekking vergisting en covergisting van dierlijke mest	WKK	0,122	8000/4000	5732	0,65	0,121
Warmte vergisting en covergisting van dierlijke mest	W	0,083	7000	-	-	0,083
Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	G	0,15 - 0,20	8000	-	-	0,15 - 0,20
Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (WKK)	WKK	> 0,20	8000	-	-	> 0,20
Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (warmte)	W	0,109	7000	-	-	0,109

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

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2017	Vollasturen (kracht/warmte)	Vollasturen samen-gesteld	Warmte-kracht-verhouding	Advies basis-bedrag SDE+ 2016
Verlengde levensduur allesvergisting, gecombineerde opwekking	WKK	0,092	8000/4000	5855	0,58	0,086
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest, gecombineerde opwekking	WKK	0,109	8000/4000	5855	0,58	0,108
Verlengde levensduur allesvergisting (hernieuwbaar gas)	G	0,062	8000	-	-	0,059
Verlengde levensduur allesvergisting (warmte)	W	0,060	7000	-	-	0,056
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	G	0,071	8000	-	-	0,071
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (warmte)	W	0,072	7000	-	-	0,071

# 1

## Inleiding

De subsidieregeling Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE, later 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>2</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.

Evenals in de voorgaande jaren heeft het ministerie van Economische Zaken (EZ) ook dit jaar 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 de 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 er wederom voor gekozen om een conceptadvies aan de markt voor te leggen. Belanghebbenden kunnen hun schriftelijke reactie op dit advies geven. Voor informatie omtrent de marktconsultatiedata, de termijn voor het indienen van de reacties en het maken van een afspraak wordt verwezen naar hoofdstuk 2 en voor verder informatie naar de website van ECN:  
<https://www.ecn.nl/nl/samenwerking/sde/>.

<sup>2</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 marktconsultatie en de algemene uitgangspunten. Vervolgens zijn de bevindingen getoond 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 en thermische conversie (hoofdstuk 10). Iedere categorie in de SDE+ kent daarbij een eigen paragraaf met technisch-economische parameters. Hoofdstuk 11 vat de bevindingen samen in een tabellenoverzicht met basisbedragen.

In dit rapport zijn naast het *advies* over de basisbedragen voor de SDE+ 2017 ter illustratie ook per categorie de hoogte van het definitieve correctiebedrag 2015 en de basisprijs voor de SDE+ 2016 opgenomen bij de categorieën. Voor meer informatie over de basisprijzen SDE+ 2016 wordt verwezen naar (Kraan en Lensink, 2015) en voor de correctiebedragen 2015 naar (Lensink en Van Zuijlen, 2016).

In het uiteindelijke *eindadvies* zullen de voorlopige correctiebedragen en basisprijzen voor de regeling SDE+ 2017 opgenomen worden.

Uiteindelijk zullen in het eindadvies de voorlopige correctiebedragen 2017 en de basisprijzen SDE+ 2017 worden opgenomen.

# 2

## Proces en uitgangspunten

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 uitgangspunten voor dit advies worden besproken.

### 2.1 Proces en werkwijze

#### Proces

Dit conceptadvies is gepubliceerd ten behoeve van een openbare marktconsultatie en zal worden toegelicht op een informatiebijeenkomst voor brancheorganisaties bij het ministerie van Economische Zaken op 1 juni 2016.

Belanghebbenden worden uitgenodigd hun reactie te geven op dit rapport middels het consultatieformulier dat te vinden is op de website van ECN.

Met dit rapport worden belanghebbenden uitgenodigd om een schriftelijke reactie op dit rapport naar ECN te sturen middels het consultatieformulier dat op de ECN-website<sup>3</sup> te vinden is. Om de reacties mee te kunnen wegen in het eindadvies dienen deze zoveel mogelijk van onderbouwing in de vorm van verifieerbare informatie (contracten, offertes, business cases) te worden voorzien.

Van 13 juni tot en met 5 juli 2016 zullen ECN en DNV GL naar aanleiding van ingediende reacties met belanghebbenden in gesprek gaan over dit advies.

Het ingevulde consultatieformulier en eventuele bijlagen kunnen per e-mail worden verstuurd naar [sde@ecn.nl](mailto:sde@ecn.nl) en dienen uiterlijk 2 werkdagen voor het consultatiegesprek door ECN te zijn ontvangen<sup>4</sup>.

Daarnaast kunt u voor het maken van een afspraak voor een consultatiegesprek contact opnemen met mw. K. Stutvoet-Mulder of mw. M. Loos via [sde@ecn.nl](mailto:sde@ecn.nl). Op de website zijn themadagen aangegeven. Graag verzoeken wij u om voor 6 juni contact op te

<sup>3</sup> <https://www.ecn.nl/nl/samenwerking/sde>.

<sup>4</sup> Indien u geen gebruik wenst te maken van consultatiegesprek kunt u uw reactie uiterlijk 24 juni 2016 aanleveren.

nemen. Houd u daarbij rekening met het thema dat het meeste raakvlak heeft en geeft u daarbij uw 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> voorkeursdag aan.

Voor nadere informatie over de inhoud van dit rapport kunt u contact opnemen met dhr. S.M. Lensink, eveneens via [sde@ecn.nl](mailto:sde@ecn.nl).

### **Werkwijze**

ECN en DNV GL hebben dit conceptadvies opgesteld met het eindadvies SDE+ 2016 als basis. Op basis van tussentijdse ontwikkelingen, literatuur en ervaringen is de informatie geüpdatet om de voldoen aan de uitgangspunten die EZ heeft meegegeven voor de advisering over de SDE+ 2017. De marktconsultatie dient om het in dit rapport geschetste beeld van de productiekosten te toetsen aan inzichten bij belanghebbenden. Na afloop van de marktconsultatie wordt de ontvangen informatie integraal geanalyseerd. Ook extra informatie of recente ontwikkelingen die buiten de marktconsultatie om tot ECN en DNV GL is gekomen, wordt meewogen in de integrale analyse. Dit impliceert dat basisbedragen in het eindadvies anders kunnen worden geadviseerd dan in dit conceptadvies vermeld staat, zelfs als er door de markt niet op de betreffende categorie is gereageerd. Ook bewijsmateriaal dat de basisbedragen in dit conceptadvies corresponderen met een goede businesscase kan daarmee waardevolle informatie blijken te zijn.

## **2.2 Algemene uitgangspunten**

### **Algemeen**

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+-subsidiereregeling. 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.

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

### **Categorisering van hernieuwbare technieken**

Het ministerie heeft vooraf categorieën benoemd in de adviesvraag, ten opzichte waarvan ECN en DNV GL proactief wijzigingen mogen voorstellen. 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.

### **Basisbedrag**

Voor alle categorieën berekenen ECN en DNV GL de productiekosten van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbaar gas of hernieuwbare warmte. De te adviseren basisbedragen bevatten de productiekosten van hernieuwbare energiedragers, vermeerderd met eventuele regelingsspecifieke kosten in relatie tot het afsluiten van elektriciteits-, warmte- of gascontracten. Onder de productiekosten van hernieuwbare energie wordt verstaan de som van investerings- en exploitatiekosten die toe kunnen worden

gerekend aan de productie van hernieuwbare energie, plus een redelijke winstmarge, gedeeld door de te verwachten hoeveelheid geproduceerde hernieuwbare energie. De voorbereidingskosten zijn niet meegenomen in het totale investeringsbedrag.

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

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 per 1 januari 2017 van kracht is. Zo zijn ook de effecten van de recent gewijzigd MR Gaskwaliteit meegenomen in de bepaling van de kosten. 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 techno-economische parameters**

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 referentie-installatie 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>5</sup>.

### **Kosten gebruik biomassa voor energiedoelinden**

Vooral bij systemen waar de biomassa afkomstig is van afvalstromen of restproducten kan de systeemgrens grote invloed hebben op de berekende biomassakosten. Bij deze systemen worden de kosten berekend die gemaakt moeten worden om deze stromen of producten in te zetten voor productie van hernieuwbare elektriciteit of hernieuwbaar gas, ten opzichte van de kosten die gemaakt hadden moeten worden als deze stromen niet de genoemde doeleinden zouden zijn ingezet. 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 de biomassaprijzen voor energietoepassingen 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.

### **Kosten transportleiding en distributienet voor warmte**

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 hoeveelheid warmte die in dit advies wordt beschouwd, wordt bepaald als 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.

<sup>5</sup> <https://www.ecn.nl/nl/samenwerking/sde>.

## 2.3 Financiële uitgangspunten

De financiering van hernieuwbare-energieprojecten is geen constant gegeven. Niet alleen veranderen de hernieuwbare-energietechnieken 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	4,5%	Zon-PV, zonthermie, geothermie, vergassing, waterkracht, osmose
Rente zonder groenfinanciering	5,0%	Overige categorieën
Verhouding vreemd vermogen (VV) / eigen vermogen (EV)	90% VV / 10% EV	Zon-PV
	80% VV / 20% EV	Wind op land
	75% VV / 25% EV	Wind in meer
	70% VV / 30% EV	Overige categorieën
Rendement op eigen vermogen	15%	Osmose, windenergie, geothermie, covergisting van mest, thermische conversie van biomassa, pelletketels
	12%	Overige categorieën
Inflatie van biomassaprijzen en O&M-kosten	1,75% / jaar	

### Rente

De rente die over vreemd vermogen gerekend wordt, bestaat uit een risicovrije voet en een risicodragende premie. De EURIBOR, als maat voor de risicovrije voet, heeft jarenlang tussen 3 en 5% gelegen, daalde in jaren 2009-2012 tot 1 à 2% en ligt vanaf 2013 rond 0%. Tegelijk zijn de risicodragende premies gestegen, waardoor de daling van de marktrente voor projectfinanciering van hernieuwbare energie minder hard is gegaan dan de daling van de risicovrije voet. ECN en DNV GL rekenen in dit rapport met een generieke marktrente van 5,0%. De groenfinanciering kent daarenboven een voordeel voor de projectontwikkelaar van tussen de 0,5 en 0,8%. De geobserveerde marktrentes variëren, afhankelijk van projectkenmerken en -fase, van minder dan 3% tot meer dan 6%.

Het aandeel eigen vermogen ligt tussen 10% en meer dan 40%.

### 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 een ander beleid op risicoblootstelling, niet uit een andere risico-inschatting. 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 is de categorie windenergie, waar uit de marktconsultatie gebleken is dat financiering met 20% eigen vermogen gangbaar is, en zon-PV. Bij zon-PV is sprake van een grote diversiteit aan geldverstrekkers, waarbij een inbreng van 10% eigen vermogen het best de casus representeert van klassieke projectfinanciering.

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

### Rendement op eigen vermogen

Het gehanteerde rendement op eigen vermogen ligt op 12%. Voor enkele categorieën met een significant hoger risico is het rendement op eigen vermogen gehandhaafd op 15%. 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. Voor projecten met een significant hoger risico wordt ook een hogere rente gevraagd voor de lening. Om niet te veel differentiatie aan te brengen in de onderliggende parameters, hebben ECN en DNV GL ervoor gekozen om het effect van het risicoprofiel op rentepercentages te verdisconteren in het rendement op eigen vermogen. 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 8 of 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 respectievelijk 8, 12 of 15 jaar ten gevolge van eventuele *banking*<sup>6</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. Afsluitprovisies zijn op aangeven van het ministerie van EZ niet meegenomen in de kostenberekening. Tabel 8 toont per thema (geclusterde categorieën) de resulterende kapitaalkosten.

<sup>6</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)
Waterkracht	6,0%
Vrije stromingsenergie	6,0%
Osrose	6,9%
Fotovoltaïsche zonnepanelen	4,2%
Zonthermie	6,0%
Windenergie op land en op primaire waterkeringen	6,0%
Windenergie in meer	6,6%
Geothermische warmte	6,9%
AWZI/RWZI	6,2%
Biomassavergassing	6,9%
Nieuwe capaciteit voor meestook	6,2%
Ketel op vaste of vloeibare biomassa	6,2%
Warmte, houtpellets	7,1%
Thermische conversie van biomassa	7,1%
Allesvergisting	6,2%
Vergisting en covergisting van dierlijke mest	7,1%
Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest	6,2%

## 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 0,0009 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 energieafzetcontracten, 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.

# 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]	0,15 - 0,20
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,039
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,040
Berekeningswijze correctiebedrag	APX	

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

De kosten voor elektriciteitswinning uit waterkracht omvatten niet alleen de kosten voor technische-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 voor 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 voorsnog 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]	0,108
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,039
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,040
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 zorgt voor de opwek 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.

Het eindadvies van vorig jaar was voornamelijk gebaseerd op inshore vrije-getijden-stromingsenergie: projecten die gerealiseerd worden in of nabij kunstwerken zoals zeeweringen of halfdoorlatende dammen die gebruik maken van de aanwezige getijdenwerking, omdat deze het meest waarschijnlijk lijken op de korte termijn. 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 boven 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]	> 0,200
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,039
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,040
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 voor toepassingen op commerciële schaal beschikbaar komen, is ten behoeve van de berekening van het basisbedrag de bovenkant van deze breedte 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+ 2016	[€/kWh]	0,039
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,040
Berekeningswijze correctiebedrag	APX	

# 4

## Bevindingen zonne-energie

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

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

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

#### Referentie-installatie

De referentie-installatie in dit advies betreft een dakgebonden systeem van 250 kilowattpiek (kW<sub>p</sub>). De referentie-installatie voor fotovoltaïsche systemen (PV-systemen)  $\geq 15$  kW<sub>p</sub> in dit advies is niet gewijzigd ten opzichte van het eindadvies voor de SDE+ 2016.

PV-systemen hebben een modulair karakter en kunnen daardoor in zeer uiteenlopende systeemgrootten worden opgesteld, van enkele kW<sub>p</sub> tot meerdere MW<sub>p</sub>. Het totale piekvermogen is afhankelijk van de capaciteit per paneel en het aantal zonnepanelen dat op de beschikbare oppervlakte wordt opgesteld.

Door schaalvoordelen in de aankoop en installatie hebben grotere systemen in het algemeen lagere investeringskosten per kW<sub>p</sub> dan kleinere systemen. Bij installatie van meerdere kleine systemen tegelijk kan echter ook van deze schaalvoordelen gebruik worden gemaakt. Het is daarmee weinig zinvol op basis van grootte een opdeling in categorieën te maken.

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. In dit advies wordt daarom uitgegaan van een systeem met een jaarlijkse productie van 990 kWh/kW<sub>p</sub> bij start van het project als gangbaar gemiddelde voor huidige nieuwe systemen. Tevens wordt gerekend met een jaarlijkse vermogensafname van 0,7%. Tezamen levert dit gemiddeld 950 kWh/kW<sub>p</sub>. Deze

vermogensafname wordt verwerkt in het aantal vollasturen dat aangenomen wordt voor de referentie-installatie.

### **Veldsystemen**

In Nederland neemt de ervaring met grote veldsystemen geleidelijk toe, maar data zijn 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 niet per definitie groter dan daksystemen. Op kleinere schaal kunnen veldsystemen juist duurder zijn dan daksystemen, 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 zou de opbrengst significant hoger kunnen zijn dan die van standaardssystemen op land of (platte) daken. Daar staat tegenover dat de kosten mogelijk ook hoger zijn. 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.

### **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 er van uitgegaan dat een geschikte aansluiting wordt gebruikt in een naburig pand. Wanneer dit uitgangspunt niet geldt, zullen hiervoor wel extra kosten moeten worden gemaakt, die bij grote systemen aanzienlijk kunnen zijn.

### **Prijsontwikkeling**

Voor een subsidietoekenning in de SDE+ 2017 geldt dat door de aanvrager binnen 1 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 modules en omvormers wordt gebruik gemaakt van een leercurve op basis van wereldwijd geïnstalleerd vermogen.

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 €/W<sub>p</sub> naar 0,53 €/W<sub>p</sub>; in het eindadvies voor de SDE+ 2016 was uitgegaan van een verdere verlaging van de minimumprijs in lijn met de prijsontwikkelingen in de markt. Per 1 april 2015 is de minimumprijs daarentegen juist verhoogd naar 0,56 €/W<sub>p</sub>, 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. Voor dit SDE+-advies, waarin zoals aangegeven de prijzen in 2018 leidend zijn, wordt aangenomen dat de minimumimportprijs op het huidige niveau blijft liggen.

Wereldwijd maakt de plaatsing van PV-systemen nog altijd grote sprongen. Op grond van de historische groeicurve kan een leereffect van bijna 21% per verdubbeling van de wereldwijde productie van zonnepanelen worden verondersteld. De afgelopen jaren bestond er een overcapaciteit voor de productie van PV modules. Door onder andere een toenemende marktgrootheid en beperkte nieuwe capaciteit is de overcapaciteit verkleind. Tezamen leidt dit tot de verwachting dat moduleprijzen in de komende jaren met een gematigd tempo verder zullen dalen.

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 0,10 €/W<sub>p</sub>. Voor de omvormer wordt een leereffect van bijna 20% per verdubbeling geconstateerd. De prijs van overige componenten, zoals montage materiaal, 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 de leercurve. Dit betekent een prijsdaling van ongeveer 8% per jaar voor modules omvormers en ongeveer 2,5% voor installatiemateriaal en arbeidskosten.

### **Kostenparameters**

Informatie uit verschillende bronnen geeft het beeld dat de totale investeringskosten van dakgebonden *turn key*-systemen met een omvang van ongeveer 250 kW<sub>p</sub> in 2015 ongeveer 1,1 €/W<sub>p</sub> bedroegen. Rekening houdend met gematigde verdere prijsdaling en inflatie, gaat dit conceptadvies uit van een prijsniveau in 2018 van 1,062 €/W<sub>p</sub>, oftewel 1062 €/kW<sub>p</sub>.

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 €/kW<sub>p</sub>. Er is aangenomen dat in dit bedrag alle onderhoud, schoonmaak, verzekering van de installatie, verlenging van de garantieduur van de omvormer, beheer en overige operationele kosten van de installatie zijn inbegrepen. Kosten gerelateerd aan de (bestaande) aansluiting worden geacht niet te veranderen.

### **Financiering**

In verband met een grote variatie in het type aanvrager voor zon-PV projecten wordt een variatie aan financieringsvoorwaarden voor zon-PV projecten geobserveerd. In het algemeen blijken zon-PV projecten evenwel zeer goed financierbaar te zijn. Er wordt daarom in het advies gerekend met een aandeel eigen vermogen van 10%. Gebruikmakend van groenfinanciering wordt een rentepercentage van 4,5% op de

lening gehanteerd en een rendementseis op eigen vermogen van 12%. Dit correspondeert met een basisbedrag van 13,4 €/kWh. 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	[h/a]	990 0,7% degressie per jaar	
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	1062	€ 265.500
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 tussen 8 en 23 uur, waarin tevens de onbalanskosten verrekend zijn.

**Tabel 18:** Overzicht subsidieparameters fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kW<sub>p</sub> en aansluiting >3\*80A

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag	[€/kWh]	0,134
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,035
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,041
Berekeningswijze correctiebedrag	APX x "profiel- en onbalansfactor"	

## 4.2 Zonthermie, apertuuroppervlakte ≥ 200 m<sup>2</sup>

Om de SDE+ beter bij de praktijk van het merendeel van de zonthermische systemen aan te laten sluiten is de ondergrens van de systeemgrootte voor zon-thermische systemen in het SDE+ eindadvies uit oktober 2015 verhoogd naar 200 m<sup>2</sup>. Beneden deze ondergrens kunnen systemen in aanmerking komen voor een investeringssubsidie uit de ISDE; in de ISDE is de hoogte van het subsidiebedrag afhankelijk van de jaaropbrengst van de zonneboiler.

Een aandachtspunt voor zonthermie kan voorts nog zijn de gehanteerde oppervlakte-parameter. Nu is dat de apertuur, de netto licht invangende oppervlakte. Voor vlakkeplaatcollectoren is de apertuuroppervlakte vrijwel gelijk aan de collectoroppervlakte: als aanname geldt dat netto en bruto oppervlakte bij dit type gelijk zijn. Voor vacuümbuiscollectoren geldt echter dat er vrij veel ruimte tussen de collectorbuizen zit, waardoor de netto en bruto oppervlakte verder uiteen liggen. De ondergrens van 200 m<sup>2</sup> apertuuroppervlakte heeft een grotere invloed op systemen met vacuümbuiscollectoren. Dit is een aandachtspunt binnen de SDE+-regeling. Waarschijnlijk zorgt de combinatie van een hogere opbrengst van dit type collector met de hogere aanschafprijs ervan voor een basisbedrag dat vergelijkbaar is met de waarde



zoals deze in dit conceptadvies gerapporteerd is, maar dan is het maximum aantal vollasturen van 700 per jaar te beperkend. Dit is nu niet nader onderzocht.

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

**Tabel 19:** Technisch-economische parameters energie uit zonthermie

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 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>

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,103
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,025
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,055
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**

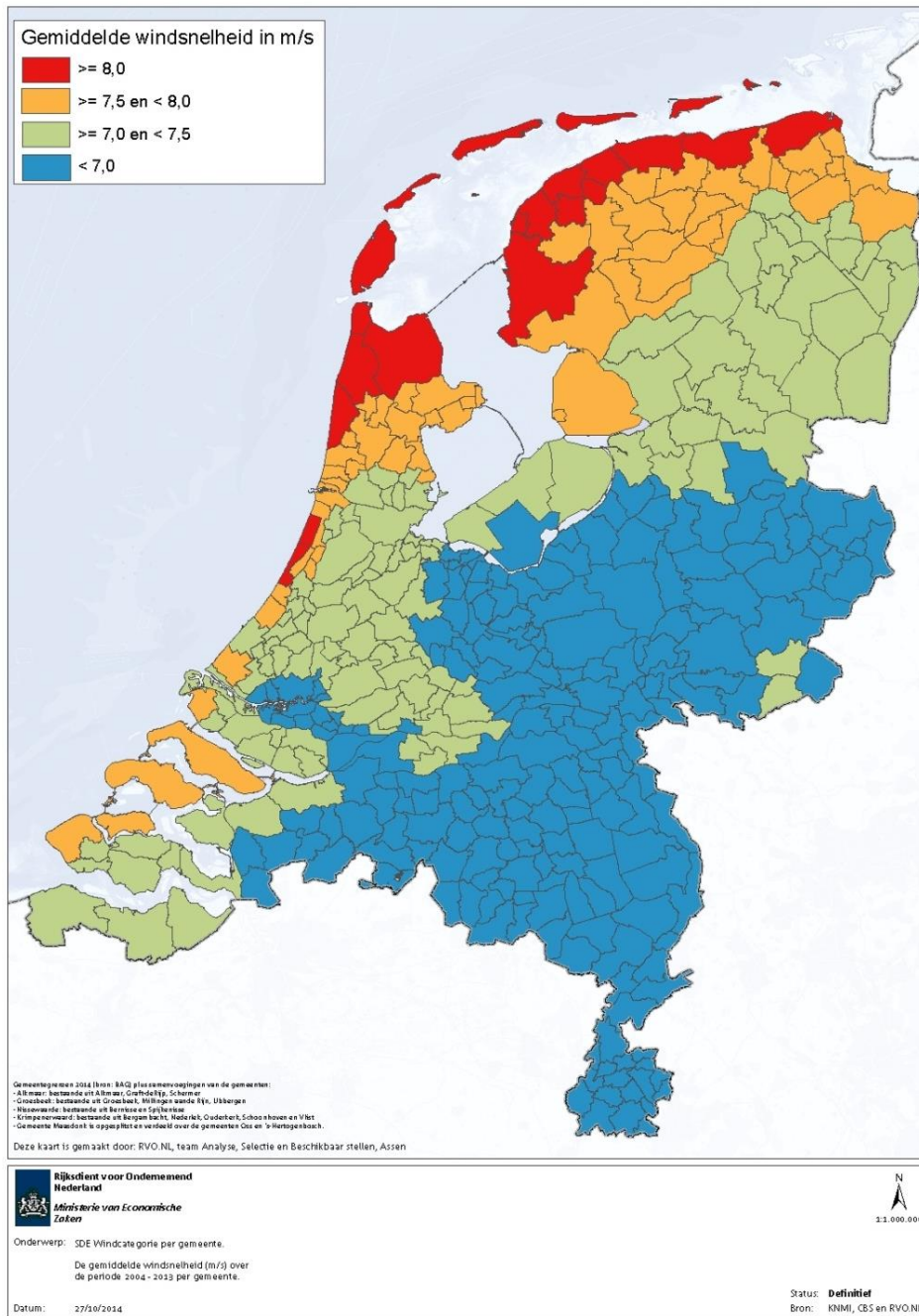
Het ministerie van Economische Zaken heeft voor de SDE+ 2016 de volgende algemene uitgangspunten meegegeven voor de categorieën gerelateerd aan windenergie:

- Winddifferentiatie naar gemeentegrenzen, zoals geïntroduceerd voor de SDE+ 2015;
- Geen generieke vollasturencap, eveneens zoals voor de SDE+ 2015;
- Wederom 10% verlaging van de grondkosten ten opzichte van het advies van vorig jaar;
- Participatiekosten 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 1.

Figuur 1: Indeling van gemeenten naar windsnelheid

## Windsnelheid per gemeente in Nederland



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

**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> ]	1250	62,5 miljoen euro
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	12,4	620.000 euro/jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,013	

### 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.

#### 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. Het percentage meerkosten is dit jaar gelijk gehouden aan het percentage van vorig jaar, namelijk 33% van de turbinekosten. De totale investeringskosten komen hiermee uit op een totaalbedrag van 1250 €/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 doorgeerekend 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

De variabele kosten zijn verlaagd van 1,0 €/kWh naar 0,95 €/kWh.

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 0,013 €/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 1,75% 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 beschouwd 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 Tabel 21. 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 1, waarin de Nederlandse gemeenten gedifferentieerd zijn naar windsnelheidscategorieën<sup>7</sup>. 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 0,067 €/kWh) tegen een projectspecifiek maximum aantal vollasturen Tabel 23.

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

Categorie	Basisbedrag (€/kWh)	Kleur gemeenten die mogen indienen (zie Figuur 1)
Wind op land, $\geq 8,0$ m/s	0,067	Rood
Wind op land, $\geq 7,5$ en $< 8,0$ m/s	0,073	Oranje
Wind op land, $\geq 7,0$ en $< 7,5$ m/s	0,078	Groen
Wind op land, $< 7,0$ m/s	0,090	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]	0,067-0,090
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,030
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,033
Berekeningswijze correctiebedrag	APX x "profiel- en onbalansfactor"	

<sup>7</sup> *Uitzondering: opknip gemeente Rotterdam*

Op basis van grote windsnelheidsverschillen voor de gemeente Rotterdam adviseren ECN en DNV GL bij uitzondering deze gemeente op te knippen in twee gebieden. In overleg met het ministerie van EZ is deze opknip gemaakt op basis van wijknummers: A) wijken 1323, 1318 en 1327; B) overige wijken in Rotterdam.

## 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 5.1.1 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> ]	1410	€ 70,5 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	12,4	€ 620.000 / jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,013	

#### 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 het percentage meerkosten net als vorig jaar op 50% gesteld bovenop de investeringsbedrag met inachtneming van bovenstaande punten. 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 1410 €/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 1, 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 0,072 €/kWh) tegen een onbeperkt aantal vollasturen (Tabel 26).

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

Categorie	Basisbedrag [€/kWh]	Kleur gemeenten die mogen indienen (zie Figuur 1)
Wind op primaire waterkering, $\geq 8,0$ m/s	0,072	Rood
Wind op primaire waterkering, $\geq 7,5$ en $< 8,0$ m/s	0,080	Oranje
Wind op primaire waterkering, $\geq 7,0$ en $< 7,5$ m/s	0,085	Groen
Wind op primaire waterkering, $< 7,0$ m/s	0,098	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]	0,072-0,098
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,030
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,033
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 5.1.1 over windenergie 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	€ 376,50 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	12,4	€ 1.860.000 / jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0205	

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 1,7 €ct/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 0,0205 €/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]	0,113
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,030
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,033
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)

In tegenstelling tot het advies van vorig jaar wordt dit jaar, op verzoek van EZ, geen advies uitgebracht over de SDE+ categorie Geothermie, gecombineerde opwekking diepte  $\geq 500$  meter. Tevens wordt ook geen advies uitgebracht over toepassing van geothermische warmte uit verlaten olie- en gasputten, of mogelijkheden tot uitbreiding van geothermiebronnen. De onderzoeksvraag als besproken op het overleg van 11 februari 2016, beperkt zich tot de categorieën 'Geothermie warmte  $\geq 500$  meter' en 'Geothermie warmte  $\geq 3500$  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, zoals in de glastuinbouw of stadsverwarming.

Parameters met een grote invloed op het thermisch bronvermogen zijn 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 tevens een grote invloed op het investeringsbedrag voor geothermische projecten.

Voor de berekening van het basisbedrag zijn vier verschillende vergelijkingsprojecten geconfigureerd voor lagetemperatuurwarmte afkomstig uit geothermie, waarbij verschillende boordieptes en verschillende putdiameters zijn aangenomen. De

brondiepte voor de vergelijkingsprojecten is hierbij bepaald op 2.300 of 3.000 meter. Hiernaast is gerekend met een tweetal boordiameters: 5½ inch en 8½ inch voor de buitendiameter van de pijp. Het bronvermogen voor de verschillende cases varieert hierdoor tussen de 7 en 21 MW. Voor deze vier vergelijkingsprojecten is tevens een warmtetransportleiding meegenomen, waarvan de lengte varieert van 1 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 kostprijbedragen uitgerekend, die een vergelijkbare hoogte kennen. Het basisbedrag voor deze categorie is vastgesteld op de referentiecasse zoals weergegeven in Tabel 30 en Tabel 31, waarbij ook de volgende kenmerken van belang zijn:

- De bouwrente kosten voor een constructieperiode van twee jaar zijn verdisconteerd in de investeringskosten;
- Er is rekening gehouden met een restwaarde; ECN en DNV GL ontvangen verschillende signalen over het wel of niet moeten meenemen van een restwaarde. De restwaarde is naar beneden bijgesteld tot 20% van de investeringskosten;
- 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. Ten opzichte van het eindadvies SDE+ 2016 zijn de investeringskosten aangepast door een bijstelling van o.a. de restwaarde.

**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> ]	1684	€ 20,2 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output/a</sub> ]	62	€ 744.000 / jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	0,00818	

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]	0,058
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,014
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,019
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 respectievelijk 7%, 8% en 8% inch is. Het bronvermogen voor de verschillende cases varieert hierdoor tussen de 15 en 27 MW. Voor deze drie vergelijkingsprojecten is tevens 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, die vrijwel eenzelfde kostprijs per kWh laten 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 kosten van een constructieperiode van twee jaar zijn verdisconteerd in de investeringskosten;
- Er is rekening gehouden met een restwaarde, deze is naar beneden bijgesteld tot 20% van de investeringskosten;
- 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. Ten opzichte van het eindadvies SDE+ 2016 zijn de investeringskosten aangepast door een bijstelling van o.a. de restwaarde.

**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> ]	2484	€ 37,3 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> /a]	89	€ 1.335.000 / jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	0,0059	

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]	0,063
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,014
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,019
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF x 70%	

# 7

## Bevindingen waterzuivering

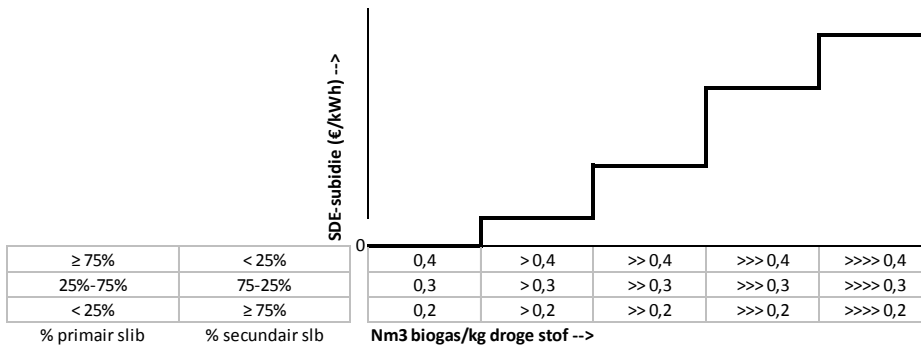
ECN en DNV GL oriënteren zich op verzoek van EZ op een andere subsidiestructuur voor de waterzuiveringscategorieën, waardoor meer en bredere technieken zich zouden kunnen kwalificeren voor subsidie. Een mogelijk voorstel is om een subsidie in te stellen, enkel voor de biogasproductie boven een bepaalde drempelwaarde. De drempelwaarde is een nader te bepalen hoeveelheid biogasproductie (in m<sup>3</sup>) per hoeveelheid aangevoerde droge stof naar de slibverwerking (in ton) . Een voorstel voor dergelijke drempelwaardes staat in Tabel 34. Biogasproductie corresponderend met deze drempelwaardes kan zonder subsidie haalbaar zijn. Dit wordt berekend bij een calorische waarde van 23 MJ/Nm<sup>3</sup> biogas (ca 60% methaan). Onderstaande gegevens zijn betrokken uit (STOWA, 2005; STOWA, 2011; en STOWA, 2014)

**Tabel 34:** Voorstel voor drempelwaarde aan biogasproductie. Productie boven deze waardes zou in aanmerking kunnen komen voor SDE+-subsidie.

Percentage primair slib in voeding (% droge stof)	Percentage secundair slib (% droge stof)	Nm <sup>3</sup> biogas/kg aangevoerde droge stof
>75%	<25%	0,40
25%-75%	75%-25%	0,30
<25%	>75%	0,20

Een mogelijk voorstel is om vanaf deze drempelwaarde een subsidie beschikbaar te stellen, gestaffeld naar additionele biogasproductie, voor technieken die diepere biogas-ontsluiting per aangevoerde hoeveelheid droge stof mogelijk maken. Let wel, dit dienen technieken te zijn die ingrijpen op de sliblijn, ofwel RWZI-slib van extern, maar dient niet om de vergisting van alternatieve (goed vergistbare) stromen te stimuleren. Voor de laatste categorie zijn immers andere categorieën beschikbaar in de SDE+ regeling. Zie Figuur 2 voor een illustratieve uitwerkingsrichting.

**Figuur 2:** Illustratieve uitwerkingsrichting voor de hoogte van subsidie afhankelijk van de bij het slibmengsel behorende drempelwaarde aan biogasproductie.



ECN nodigt belanghebbenden uit om te reageren op dit voorstel en kostenkentallen voor technieken beschikbaar te stellen.

Voor dit conceptadvies beschrijft dit hoofdstuk vooralsnog de bevindingen over de volgende categorieën gerelateerd aan waterzuivering (AWZI/RWZI) gelijk aan het eindadvies SDE+ 2016:

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

## 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 eindadvies SDE+ 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 proces tegelijkertijd financieel gunstig beïnvloed 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.

Tabel 35: Technisch-economische parameters voor RWZI, centrale thermofiele vergisting van secundair slib

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 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> ]	10500	€ 10,5 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	-493	-€ 798.000 / jaar

In Tabel 36 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 36: Overzicht subsidieparameters RWZI, centrale thermofiele vergisting van secundair slib

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2016	[€/kWh]	0,060
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,029
Warmtekrachtverhouding	E:W	0,66
Samengesteld aantal vollasturen	uur/jaar	5729
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,032
Berekeningswijze correctiebedrag	$(APX + TTF \times 70\% \times WK) / (1 + WK)$	

## 7.2 AWZI/RWZI, thermische drukhydrolyse

Deze categorie is ten opzichte van 2014, 2015 en 2016 onveranderd gebleven. 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 drukhydrolyse stap 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);
- Opwaardering 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.

**Tabel 37:** Technisch-economische parameters voor AWZI/RWZI, thermische drukhydrolyse

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Doorzet slib	[ton droge stof/jaar]	16000	
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 38 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 38:** Overzicht subsidieparameters AWZI/RWZI, thermische drukhydrolyse

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2016	[€/kWh]	0,093
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,039
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,040
Berekeningswijze correctiebedrag	APX	

## 7.3 AWZI/RWZI, hernieuwbaar gas

De categorie Hernieuwbaar gas uit RWZI-vergisting is integraal overgenomen uit het eindadvies SDE+ 2016. Het basisbedrag 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 39:** Technisch-economische parameters voor AWZI/RWZI , hernieuwbaar gas

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[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	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten	[€/kWoutput]	1060	€ 1,5 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kWoutput]	109	€ 158.000 / jaar
Energie-inhoud substraat	[GJ/ton]	22,0	
Rendement gaszuivering	[%]	99,9%	

In Tabel 40 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 40:** Overzicht subsidieparameters AWZI/RWZI (hernieuwbaar gas)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2016	[€/kWh]	0,032
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,020
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,024
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 meestook (8.3)
- Nieuwe capaciteit voor meestook (8.4)
- Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5 - 5 MW<sub>th</sub> en 0,1 - 0,5 MW<sub>th</sub> (8.5)
- Ketel op vaste of vloeibare biomassa,  $\geq 5$  MW<sub>th</sub> (8.6)
- Ketel op vloeibare biomassa (8.7)
- Warmte, houtpellets (8.8)
- Thermische conversie van biomassa,  $\leq 100$  MW<sub>e</sub>, input (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 41 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 41:** Gehanteerde biomassaprijzen voor installaties die SDE+ in 2017 aanvragen (excl. brandstofprijsopslag)

Biomassa voor verbranding en vergassing	Energie-inhoud	Prijs	Referentieprij
	[GJ/ton]	[€/ton]	[€/GJ]
<b>Vaste biomassa</b>			
Snoei- en dunningshout	9	50	5,6
B-hout	13	28	2,2
Houtpellets, meestook	17	145	9,1
Houtpellets, ketels	17	155	9,1
<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, identiek aan het eindadvies SDE+ 2016. 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 referentieprij is 50 €/ton aangenomen ofwel 5,6 €/GJ. Dit komt overeen met een prijsverhoging van 2% en volgt de marktontwikkeling van de (internationale) prijzen van houtsnippers.

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

### 8.1.2 B-hout

De brandstofprijs voor B-hout is verondersteld te liggen op 28 €/ton, met een bijbehorende energie-inhoud van 13 GJ/ton. Deze prijs is gelijk aan de prijs die gehanteerd is in advies SDE+ 2016. Voor de categorie Verlengde levensduur thermische conversie van biomassa wordt verondersteld dat de beschikking voor de subsidie tijdig bekend is, zodat de bestaande brandstofcontractportfolio voortgezet kan worden.

- Brandstofprijs B-hout: 28 €/ton.
- Energie-inhoud: 13 GJ/ton.
- Geen brandstofprijsopslag.

### 8.1.3 Houtpellets

Voor de categorieën Bij- en meestook en Warmte, houtpellets wordt voor de biomassa-brandstof uitgegaan van schone, witte houtpellets met een stookwaarde van

17,0 MJ/kg conform de handelsdefinitie. Voor de kosten van de biomassa-brandstof wordt uitgegaan van 145 €/ton voor de categorieën bij- en meestook (afgeleverd aan de centrale) en 155 €/ton voor de categorie warmte, 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 markt een dalende trend in de pelletprijzen (in 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 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 categorieën bij- en 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 warmte, 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
- Voor de bovengenoemde categorieën: 15 €/ton brandstofprijsoverlag (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 prijzen voor kleinschaliger partijen voor pelletketels vallen binnen de onzekerheidsmarge van de hier gehanteerde prijzen:

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

## 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 de meest 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 gasreinigungssectie 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 grootte van ca. 20 MW<sub>th</sub> oftewel een productievermogen van circa 1580 Nm<sup>3</sup> groengas/ uur. Het energetisch rendement van vergassing naar bio-SNG is 70%. 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 42 voor de technisch-economische parameters.

**Tabel 42:** Technisch-economische parameters vergassing van biomassa ( $\geq 95\%$  biogeen)

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Referentie grootte	[Nm <sup>3</sup> /h]	1580	
Vollasturen	[h/a]	7500	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> ]	0.45	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0.10	
Investeringskosten	[€/kW <sub>output</sub> ]	4914	€ 68,3 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>output</sub> ]	246	€ 3,4 mln / jaar
Energie-inhoud substraat	[GJ/ton]	9	
Grondstofkosten	[€/ton]	50	
Referentie grootte	[Nm <sup>3</sup> /h]	1580	

In Tabel 43 is het basisbedrag weergegeven. Daarnaast staan in deze tabel ook de basisprijs, de contractkosten, het correctiebedrag.

**Tabel 43:** Overzicht subsidieparameters Biomassavergassing ( $\geq 95\%$  biogeen)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,148
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,020
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,024
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:

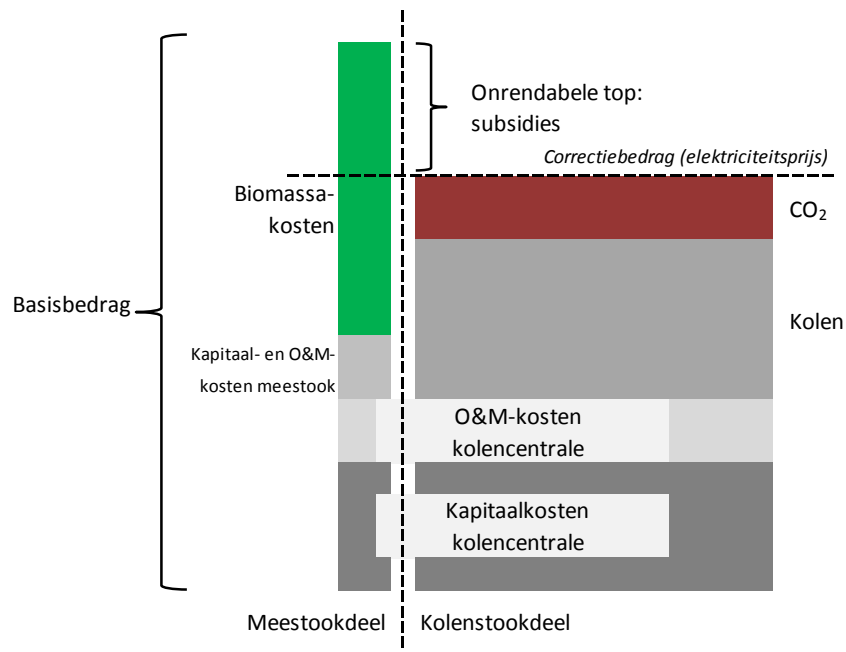
- Door directe vervanging van kolen door biomassa, die als vaste brandstof de ketel in gaat. Dit wordt *meestook* van biomassa genoemd.
- Door inzet van biomassa na een thermische voorbehandeling, bijvoorbeeld vergassing. De biomassa wordt dan via een tussenproduct ingezet. Dit wordt *bijstook* van biomassa 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 8.1.3 (houtpellets) respectievelijk 8.1.2 (B-hout).

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

Voor de berekening van het basisbedrag voor inzet van biomassa worden de kosten van de kolencentrale (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 stofafvangstinstallatie. 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 3 €/MWh<sub>e</sub> (alleen doorberekend voor de met biomassa opgewekte kilowatturen).

### **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 stofafvangstinstallatie. 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 7,5 €/MWh<sub>e</sub> (alleen doorberekend voor de met biomassa opgewekte kilowatturen).

Tabel 44 toont de technische economische parameters voor de twee referentie-installaties.

**Tabel 44:** 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 vollastrendement kolen	[%]	41	41
Vollasturen elektriciteitsproductie	[h/a]	6000	5000
Rendement biomassavergasser	[%]	-	95
Rendement biomassadeel centrale	[%]	39*	38**/**
Kosten biomassa	[€/ton]	160	28
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> ]	3	-
Extra vaste O&M-kosten biomassavergasser	[€/kW <sub>e</sub> ]	-	190
Extra variabele O&M-kosten biomassavergasser	[€/MWh <sub>e</sub> ]	-	7,5

\*: 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 45 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 45:** Overzicht subsidieparameters Bestaande capaciteit voor bij- en meestook

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,107
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,039
Gewogen aantal vollasturen	[uur/jaar]	5839
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,040
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. Een overzicht van deze parameters is weergegeven in Tabel 46. De algemene uitgangspunten voor bij- en meestook van biomassa uit paragraaf 8.3.1 zijn ook van toepassing op nieuwe capaciteit voor meestook.

### **Kolencentrale uit de jaren '10 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 verstoken van biomassa 2% lager is dan bij kolenstook. Voor de realisatie van de nieuwe meestookinstallatie wordt een investeringsbedrag van 450 €/kW<sub>e</sub> aangehouden (alleen gerekend over het aantal kW<sub>e</sub> meestook).

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 3 €/MWh<sub>e</sub> (alleen doorberekend voor de met biomassa opgewekte kilowatturen).

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

**Tabel 46:** Technisch-economische parameters nieuwe capaciteit voor meestook van biomassa in centrales uit de jaren '10

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> ]	450
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	[€/MW <sub>h</sub> e]	3,0

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

In Tabel 47 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 47:** Overzicht subsidieparameters Nieuwe capaciteit voor meestook

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,114
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,039
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,040
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. Het veronderstelde aantal vollasturen is 4000 uur per jaar. De investeringskosten zijn gelijk aan het eindadvies SDE+ 2016, wat resulteert in 460 EUR/kW<sub>th,output</sub>. De technisch-economische parameters voor kleinere ketels in de range van 0,1 tot 0,5 MW<sub>th</sub> wijkt niet wezenlijk af.

Tabel 48 geeft de technisch-economische parameters voor ketels op vaste biomassa.

**Tabel 48:** 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]	4000	4000
Investeringskosten	[€/kW <sub>th,output</sub> ]	460	460
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th,output</sub> ]	45	45
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9,0	9,0
Brandstofprijs	[€/ton]	50	50

In Tabel 49 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 49:** Overzicht Subsidieparameters Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5-5 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	[€/kWh]	0,052	0,052
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,025	0,025
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,033	0,055
Berekeningswijze correctiebedrag	( TTF + energiebelasting ) / gasketelrendement		

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

Voor deze categorie is de referentie-installatie 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 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 betreffende aanvullende biomassaopslag. Daarmee wordt het schaalvoordeel ten opzichte van de categorie 0,5 - 5  $\text{MW}_{\text{th}}$  vereffend. De investeringskosten zijn gelijk aan het eindadvies SDE+ 2016 wat resulteert in  $460 \text{ €/kW}_{\text{th,output}}$ .

In deze categorie is het mogelijk om warmtelevering 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 50.

**Tabel 50:** 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	[ $\text{€/kW}_{\text{th,output}}$ ]	460	€ 4,6 miljoen
Vaste O&M-kosten	[ $\text{€/kW}_{\text{th,output}}$ ]	62	€ 620.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9,0	
Brandstofprijs	[ $\text{€/ton}$ ]	50	

In Tabel 51 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 51:** Overzicht subsidieparameters Ketel op vaste of vloeibare biomassa,  $\geq 5 \text{ MW}_{\text{th}}$

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag	[ $\text{€/kWh}$ ]	0,043
Basisprijs SDE+ 2016	[ $\text{€/kWh}$ ]	0,014
Definitief correctiebedrag 2015	[ $\text{€/kWh}$ ]	0,019
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. 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 52 staan de parameters met betrekking op een ketel op vloeibare biomassa.

**Tabel 52:** 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 53 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 53:** Overzicht subsidieparameters Ketel op vloeibare biomassa

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2016	[€/kWh]	0,071
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,025
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,033
Berekeningswijze correctiebedrag	( TTF + energiebelasting ) / gasketelrendement	

## 8.8 Warmte, houtpellets > 5 MW<sub>th</sub>

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 belangstelling is voor vermogens kleiner dan 10 MW<sub>th</sub>. 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<sub>th</sub> mogelijk is ongeveer 80% van de potentiële energieproductie in de industrie te bereiken, en bij een ondergrens van 5 MW<sub>th</sub> ongeveer 90% van de potentiële energieproductie in de industrie bereikt kan worden. Vanuit dit oogpunt adviseren wij om de ondergrens op 5 MW<sub>th</sub> te zetten.

Er wordt verondersteld dat de installatie autonoom kan draaien en op afstand bestuurd wordt. De output van de referentieketel is 30 MW<sub>th</sub> 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<sub>th</sub>. De investeringskosten van de referentie-installatie bedragen 460 €/kW<sub>th, output</sub> met bijbehorende O&M-kosten van 27,6 €/kW<sub>th, output</sub>. De investeringskosten zijn daarmee gelijk aan een ketel voor dunnings- en snoeihout. De duurdere stoomketel en stoomappendages 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 bedrijven en onderhouden.

De technisch-economische parameters zijn weergegeven in Tabel 54. Op aangeven van EZ is voor deze categorie gerekend met een subsidieduur van 8 jaar.

**Tabel 54:** Technisch-economische parameters voor Warmte, houtpellets

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th, output</sub> ]	30	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th, output</sub> ]	460	€ 13,8 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th, output</sub> ]	27,6	€ 828.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	17,0	
Brandstofprijs	[€/ton]	155	
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	15	



In Tabel 55 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 55:** Overzicht subsidieparameters Warmte, houtpellets

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2016	[€/kWh]	0,059
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,014
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,019
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF x 70%	

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

Gedurende de marktconsultatieperiode zullen ECN en DNV GL, op basis van projecten die gerealiseerd zijn of zich in een gevorderd ontwikkelingsstadium bevinden, de schaalgrootte van de referentiecasse heroverwegen.

De huidige referentie is een houtgestookte installatie voor levering van elektriciteit en warmte met een inputvermogen van 75,8 MW<sub>th</sub>. De ketel kan via een tegendrukturbine lagedrukstoom genereren waarmee warmte op een temperatuur van 100-120°C geleverd kan worden aan een stadsverwarmingsnet. Uitgangspunt is dat de tegendrukturbine 50,0 MW<sub>th</sub> kan leveren.

Uitgangspunt van de referentie-installatie is dat deze gekoppeld is aan een groot bestaand stadverwarmingsnet, waarbij de geproduceerde warmte volledig benut kan worden. Voor het aantal vollasturen warmtelevering is daarom 7500 uur aangenomen. Op momenten dat geen vollastlevering van warmte nodig is zal de gehele installatie in deellast draaien. De locatie van een dergelijke installatie zal een industrieel gebied zijn, in de directe nabijheid van een bestaande conventionele warmtekrachtinstallatie met goede aanvoerroutes voor biomassa.

De referentie-installatie is gebaseerd op snoei- en dunningshout als brandstof. Door de lagere energie-inhoud van verse houtstromen is een relatief groot opslag- en transportsysteem en een groot verbrandingsdeel van de installatie nodig. De technisch-economische data die horen bij deze referentie-installaties zijn samengevat in Tabel 56.

**Tabel 56:** 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> ]	75,8	
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	16,7	
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	50	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	7500	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7500	
Maximaal elektrisch rendement		22%	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	1650	€ 125,1 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	100	€ 7,6 mln. / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9,0	
Brandstofprijs	[€/ton]	50	

In Tabel 57 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 57:** Overzicht subsidieparameters Thermische conversie van biomassa, <100 MW<sub>e</sub>

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,077
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,021
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	2,99
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	7500
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,025
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 (hernieuwbaar gas) (9.2)
- Gecombineerde opwekking allesvergisting (9.3)
- Warmte allesvergisting (9.4)
- Vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas) (9.5)
- Gecombineerde opwekking vergisting en covergisting van dierlijke mest (9.6)
- Warmte vergisting en covergisting van dierlijke mest (9.7)
- Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (hernieuwbaar gas) (9.8)
- Gecombineerde opwekking vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (9.9)
- Warmte vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (9.10)

### 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 58 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 58:** Gehanteerde biomassaprijzen voor vergistingsinstallaties die SDE+ in 2016 aanvragen

Biomassa voor vergisting*	Energie-inhoud [GJ/ton]	Prijs (range) [€/ton]	Referentieprij [€/GJ]
Allesvergistingsinput	3,4	27,8	8,2
Covergistingsinput	3,4	36,9	10,9

\* 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**

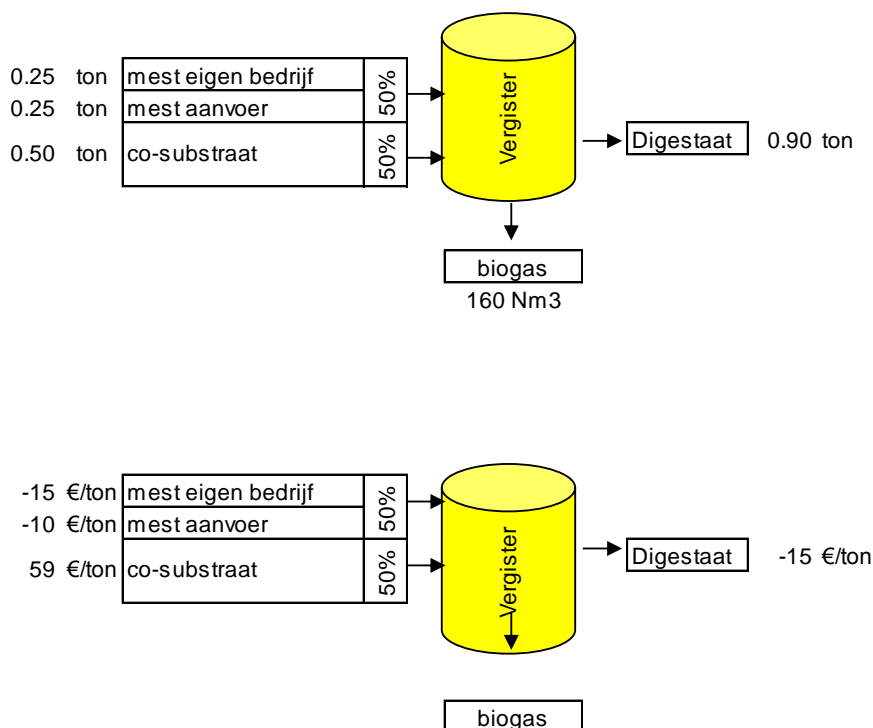
De prijs voor drijfmest kent regionale verschillen en loopt van € 0 tot -5 per ton in mesttekortgebieden tot maximaal € -15 tot -20 per ton in mestoverschotgebieden. Als referentieprij wordt uitgegaan van € -15 per ton voor mest van het eigen bedrijf. Rekening houdend met transportkosten is de referentieprij voor externe aanvoer -10 €/ton. Van de totale input blijft ca. 90% aan massa over als digestaat. Voor de afvoer van digestaat dient gemiddeld 15 €/ton betaald te worden.

#### **Grondstoffen voor mestcovergisting: cosubstraat**

De zogeheten positieve lijst van coproducten is in 2012 uitgebreid met ruim 80 nieuwe producten 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>8</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 36,9 €/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 brandstofprijsopslag). Een overzicht is weergegeven in Tabel 59.

**Tabel 59:** Prijzen van mest en cosubstraat

	Energie-inhoud	Prijs (range)	Referentieprij
	[GJ/ton]	[€/ton]	[€/GJ]
<i>Aanvoer dierlijke mest</i>	0,63	-10 (-20 tot 0)	-16
<i>Afvoer dierlijke mest</i>	0,63	-15 (-30 tot -5)	-24
<i>Cosubstraat</i>	6,1	59,4	9,7
Covergistingsinput	3,4	36,9	10,9

<sup>8</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.

## 9.2 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 druk 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 60 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 60:** Technisch-economische parameters energie uit allesvergisting (hernieuwbaar gas)

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Referentie grootte	[kW <sub>input</sub> ]	5479	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5%	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€/kW <sub>input</sub> ]	677	€ 6 miljoen
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€/kW <sub>output</sub> ]	404	gezamenlijk
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/kW <sub>input</sub> ]	40,2	€ 0,33 mln / jaar
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/kW <sub>output</sub> ]	21	gezamenlijk
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3.4	
Grondstofkosten	[€/ton]	27,8	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9%	

In Tabel 61 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 61:** Overzicht subsidieparameters Allesvergisting (hernieuwbaar gas)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,063
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,020
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,024
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF	

## 9.3 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>).

In Tabel 62 staan de technisch-economische parameters van allesvergisting voor gecombineerde opwekking (WKK).

**Tabel 62:** Technisch-economische parameters energie uit gecombineerde opwekking allesvergisting

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 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]	4000	
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 63 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 63:** Overzicht subsidieparameters Gecombineerde opwekking allesvergisting

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,093
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,029
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	0,65
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	5742
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,032
Berekeningswijze correctiebedrag	( APX + TTF x 70% * WK ) / ( 1 + WK )	

## 9.4 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 64 staan de technisch-economische parameters van allesvergisting voor hernieuwbare warmte.

**Tabel 64:** Technisch-economische parameters energie uit warmte allesvergisting

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	8,1	
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> ]	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 65 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 65:** Overzicht subsidieparameters Warmte allesvergisting

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,064
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,025
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,033
Berekeningswijze correctiebedrag	( TTF + energiebelasting ) / gasketelrendement	



## 9.5 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>. Recente covergistingprojecten voor de productie van hernieuwbaar gas hebben een grotere productiecapaciteit dan de aangenomen referentie-grootte. Schaalearde effecten 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 verstoffen. De vereiste elektriciteit wordt afgenomen van het net. Zie Tabel 66 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 66:** Technisch-economische parameters energie uit mestcovergisting (hernieuwbaar gas)

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[kW <sub>input</sub> ]	2913	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5%	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€/kW <sub>input</sub> ]	783	€ 4 miljoen gezaamenlijk
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€/kW <sub>output</sub> ]	499	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/kW <sub>input</sub> ]	63,5	€ 0,26 mln / jaar gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/kW <sub>output</sub> ]	26,7	
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	36,9	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9%	

In Tabel 67 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 67:** Overzicht subsidieparameters mestcovergisting (hernieuwbaar gas)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,081
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,020
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,024
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF	

## 9.6 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 schaalgrootte blijft ruim onder de MER-grens en kan van mest worden voorzien door twee grote bedrijven. Het eerste jaar zal extra kosten opleveren ten gevolge van het opstarten van de installatie. Deze meerkosten zijn verrekend in de investeringskosten en leiden tot een totaal aan investeringskosten van 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%.

In Tabel 68 staan de technisch-economische parameters van mestcovergisting voor WKK.

**Tabel 68:** Technisch-economische parameters energie uit mestcovergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 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]	4000	
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]	36,9	

In Tabel 69 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 69:** Overzicht subsidieparameters Gecombineerde opwekking mestcovergisting

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,122
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,029
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	0,65
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	5732
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,032
Berekeningswijze correctiebedrag	( APX + TTF x 70% * WK ) / ( 1 + WK )	

## 9.7 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 70 staan de technisch-economische parameters van mestcovergisting voor warmte.

**Tabel 70:** Technisch-economische parameters energie uit mestcovergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 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]	36,9	

In Tabel 71 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 71:** Overzicht subsidieparameters mestcovergisting (warmte)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,083
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,025
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,033
Berekeningswijze correctiebedrag	( TTF + energiebelasting ) / gasketelrendement	

## 9.8 Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (hernieuwbaar gas)

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

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

## 9.8.1 Kleinschalige mestmonovergisting (hernieuwbaar gas)

Het referentiesysteem voor deze subcategorie heeft een ruwbiogasproductie van 20,5 Nm<sup>3</sup>/h (of 11 Nm<sup>3</sup>/h hernieuwbaar gas). Als referentie-gaszuiveringstechniek is gekozen voor een configuratie van membranen. De warmte die nodig is voor het verwarmen van de vergister wordt opgewekt door een deel van het ruwe biogas in een ketel te verstoffen. De vereiste elektriciteit wordt afgenomen van het net.

Zie Tabel 72 voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van hernieuwbaar gas via kleinschalige mestmonovergisting.

**Tabel 72:** Technisch-economische parameters energie uit kleinschalige mestmonovergisting (hernieuwbaar gas)

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Referentie grootte	[kW <sub>input</sub> ]	118
Vollasturen	[h/a]	8000
Interne warmtevraag	[% biogas]	18%
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,16
Investeringskosten (vergister)	[€/kW <sub>input</sub> ]	2930
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€/kW <sub>output</sub> ]	3425
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/kW <sub>input</sub> ]	140
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/kW <sub>output</sub> ]	331
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	0,6
Grondstofkosten	[€/ton]	0
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,0%

In Tabel 73 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 73:** Overzicht subsidieparameters energie uit kleinschalige mestmonovergisting (hernieuwbaar gas)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,15 - 0,20
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,020
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,024
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF	

## 9.9 Gecombineerde opwekking vergisting van meer dan 95% dierlijke mest

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 74 staan de technisch-economische parameters van mestmonovergisting voor elektriciteit en warmte.

**Tabel 74:** Technisch-economische parameters energie uit mestmonovergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 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]	0	
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 75 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 75:** Overzicht subsidieparameters Gecombineerde opwekking vergisting van meer dan 95% dierlijke mest

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	>0,200
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,039
Warmtekrachtverhouding (WK)	W:K	N.v.t.
Samengesteld aantal vollasturen	uur/jaar	N.v.t.
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,040
Berekeningswijze correctiebedrag	$(APX + TTF \times 70\% \times WK) / (1 + WK)$	

## 9.10 Warmte vergisting van meer dan 95% dierlijke mest

De referentie-installatie voor de productie van hernieuwbare warmte is gebaseerd op mest uit eigen bedrijf. In Tabel 76 staan de technisch-economische parameters van mestmonovergisting voor warmte.

**Tabel 76:** Technisch-economische parameters energie uit mestmonovergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	0,123	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne warmtevraag	[%]	5	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ <sub>output</sub> ]	5,41	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,16	
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 77 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 77:** Overzicht subsidieparameters Warmte vergisting van meer dan 95% dierlijke mest

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,109
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,025
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,033
Berekeningswijze correctiebedrag	( TTF + energiebelasting ) / gasketelrendement	

# 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 8.1 en 9.1.

### 10.1 Verlengde levensduur allesvergisting (WKK)

De categorie Verlengde levensduur van allesvergisting heeft betrekking op vergistingsinstallaties waarvan de MEP-beschikking is afgelopen. Er is gerekend met een warmteafzet van 4000 vollasturen, gelijk aan de warmteafzet bij nieuwe WKK-projecten. In de consultatieronde is extra aandacht gevraagd voor de renovatiekosten van een vergister. Met het oog op de aangenomen levensduur van 12 jaar hebben ECN en DNV 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 78 toont de technisch-economische parameters van verlengde levensduur allesvergisting (WKK).

**Tabel 78:** Technisch-economische parameters energie uit verlengde levensduur allesvergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 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]	4000	
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 79 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 79:** Overzicht subsidieparameters Verlengde levensduur allesvergisting (WKK)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,092
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,030
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	0,58
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	5855
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,032
Berekeningswijze correctiebedrag	$(APX + TTF \times 70\% * WK) / (1 + WK)$	

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

De categorie 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 4000 vollasturen, gelijk aan de warmteafzet bij nieuwe WKK-projecten. In de consultatieronde is extra aandacht gevraagd voor de renovatiekosten van een vergister. Met het oog op de aangenomen levensduur van 12 jaar hebben ECN en DNV 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 80 toont de technisch-economische parameters verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest.

**Tabel 80:** Technisch-economische parameters energie uit verlengde levensduur mestcovergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 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]	4000	
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]	36,9	

In Tabel 81 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

**Tabel 81:** Overzicht subsidieparameters Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (WKK)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,109
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,030
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	0,58
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	5855
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,032
Berekeningswijze correctiebedrag	$(APX + TTF \times 70\% * WK) / (1 + WK)$	

### 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 82 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 Eindadvies basisbedragen SDE+ 2016), is het aantal vollasturen begrensd door de vollasturen van de warmtelevering door de hub à 7000 uur/jaar.

**Tabel 82:** Technisch-economische parameters energie uit verlengde levensduur allesvergisting (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Referentie grootte	[kW <sub>input</sub> ]	2134	
Vollasturen	[h/a]	8000*	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5%	
Elektriciteits tarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€/kW <sub>input</sub> ]	0	€ 0,1 miljoen gezamenlijk
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€/kW <sub>output</sub> ]	66,8	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/kW <sub>input</sub> ]	83,2	
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/kW <sub>output</sub> ]	6,59	
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	27,8	

\* 7000 vollasturen bij levering aan een warmtehub.

In Tabel 83 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 83:** Overzicht subsidieparameters Verlengde levensduur allesvergisting (hernieuwbaar gas en warmte)

	Eenheid	Advies SDE+ 2017 hernieuwbaar gas	Advies SDE+ 2017 warmte
Basisbedrag SDE+ 2017	[€/kWh]	0,062	0,060
Basisprijs SDE+ 2017	[€/kWh]	0,020	0,014
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,024	0,019
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.

Een andere optie is om door te gaan als mestmonovergisting. In SDE+ 2017 wordt een grootschalige mestmonovergisting als referentie geïntroduceerd waarmee hernieuwbaar gas geproduceerd kan worden. Ook kan de installatie ingezet worden voor warmtelevering. De installatie heeft een ruw biogas productiecapaciteit van circa 2 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Er wordt momenteel gewerkt aan het verzamelen van technisch-economische parameters voor deze referentie-installatie.

### 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 84 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 84:** Technisch-economische parameters energie uit verlengde levensduur vergisting en covergisting van mest (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Referentie grootte	[kW <sub>input</sub> ]	2134	
Vollasturen	[h/a]	8000*	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5%	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€/kW <sub>input</sub> ]	0	€ 0,1 miljoen gezaamenlijk
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€/kW <sub>output</sub> ]	66,8	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/kW <sub>input</sub> ]	83,2	
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/kW <sub>output</sub> ]	6,59	
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	36,9	

\* 7000 vollasturen bij levering aan een warmtehub.

In Tabel 85 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven. Hierin zijn de kosten van de ruwbiogasproductie en de kosten van de leveringshub (zie Eindadvies basisbedragen SDE+ 2016) meegenomen.

**Tabel 85:** 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]	0,071	0,072
Basisprijs SDE+ 2016	[€/kWh]	0,020	0,014
Definitief correctiebedrag 2015	[€/kWh]	0,024	0,019
Berekeningswijze correctiebedrag		TTF	TTF x 70%

# 11

## Overzicht basisbedragen

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 resulterende concept basisbedragen SDE+ 2016 staan in Tabel 86 tot en met Tabel 91. Zoals in hoofdstuk 2 gemeld zijn voor de SDE+ 2016 alle basisbedragen weergegeven in euro per kWh. Met de aanduidingen E, G, W en WKK wordt aangegeven of de categorie respectievelijk hernieuwbare elektriciteit, gas, warmte of gecombineerde opwekking betreft. In de tabel zijn ter vergelijking ook de basisbedragen uit het Eindadvies basisbedragen SDE+ 2016<sup>9</sup> opgenomen. Basisbedragen hoger dan 0,200 €/kWh zijn indicatief berekend en aangeduid met de notering > 0,200 €/kWh.

De categorieën waarbij de basisbedragen met een vraagteken zijn geïndiceerd, betreft categorieën waar ECN en DNV GL eerst additionele informatie uit de markt wensen te verzamelen, alvorens een advies uit te brengen.

<sup>9</sup> <https://www.ecn.nl/publicaties/ECN-E--15-052>.

**Tabel 86:** Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2017: waterkracht, wind- en zonne-energie (bedragen in €/kWh)<sup>10</sup>

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2017	Vollasturen	Advies basisbedrag SDE+ 2016
Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm	E	0,15 - 0,20	5700	0,15 - 0,20
Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm, renovatie	E	0,108	2600	0,108
Vrije stromingsenergie, valhoogte < 50 cm	E	> 0,20	3700	> 0,20
Osmose	E	> 0,20	8000	> 0,20
Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kWp en aansluiting >3*80A	E	0,134	950	0,128
Zonthermie, apertuuroppervlakte ≥ 200 m <sup>2</sup>	W	0,103	700	0,103
Wind op land, ≥ 8 m/s	E	0,067	n.v.t.	0,070
Wind op land, ≥ 7,5 en < 8 m/s	E	0,073	n.v.t.	0,076
Wind op land, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	E	0,078	n.v.t.	0,082
Wind op land, < 7,0 m/s	E	0,090	n.v.t.	0,093
Wind op primaire waterkeringen, ≥ 8 m/s	E	0,072	n.v.t.	0,075
Wind op primaire waterkeringen, ≥ 7,5 en < 8 m/s	E	0,080	n.v.t.	0,082
Wind op primaire waterkeringen, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	E	0,085	n.v.t.	0,087
Wind op primaire waterkeringen, < 7,0 m/s	E	0,098	n.v.t.	0,099
Wind in meer, water ≥ 1 km <sup>2</sup>	E	0,113	n.v.t.	0,114

**Tabel 87:** Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2016: geothermie (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2017	Vollasturen	Advies basisbedrag SDE+ 2016
Geothermische warmte, diepte ≥ 500 m	W	0,058	5500	0,056
Geothermische warmte, diepte ≥ 3500 m	W	0,063	7000	0,062

**Tabel 88:** Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2017: waterzuiveringsinstallaties (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2017	Vollasturen (kracht/warmte)	Vollasturen samengesteld	Warmtekrachtverhouding	Advies basisbedrag SDE+ 2016
RWZI - Thermofiele gisting van secundair slib	WKK	0,060	8000/4000	5729	0,66	0,060
AWZI/RWZI - thermische drukhydrolyse	E	0,093	8000	-	-	0,093
AWZI/RWZI (hernieuwbaar gas)	G	0,032	8000	-	-	0,032

<sup>10</sup> Voor de categorieën m.b.t. windenergie zijn er geen vollasturen opgenomen, aangezien sinds de SDE+ 2015 de generiek vollasturencap afgeschaft is.

**Tabel 89:** Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2017: verbranding en vergassing van biomassa (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2017	Vollasturen (kracht/warmte)	Vollasturen samengesteld	Warmtekrachtverhouding	Advies basisbedrag SDE+ 2016
Biomassavergassing (≥95% biogeen)	G	0,148	7500	-	-	0,151
Bestaande capaciteit voor bij- en meestook	E	0,107	5000/6000	5839	-	0,107
Nieuwe capaciteit voor meestook	E	0,114	7000	-	-	0,114
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,1-0,5 MW <sub>th</sub>	W	0,052	4000	-	-	n.v.t.
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5-5 MW <sub>th</sub>	W	0,052	4000	-	-	0,052
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, ≥5 MW <sub>th</sub>	W	0,043	7000	-	-	0,043
Ketel op vloeibare biomassa	W	0,071	7000	-	-	0,071
Warmte, houtpellets	W	0,059	7000	-	-	0,057
Thermische conversie van biomassa, ≤ 100 MW <sub>e</sub>	WKK	0,077	7500/7500	7500	2,99	0,077

**Tabel 90:** Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2017: vergisting van biomassa (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2017	Vollasturen (kracht/warmte)	Vollasturen samengesteld	Warmtekrachtverhouding	Advies basisbedrag SDE+ 2016
Allesvergisting (hernieuwbaar gas)	G	0,063	8000	-	-	0,060
Gecombineerde opwekking allesvergisting	WKK	0,093	8000/4000	5742	0,65	0,087
Warmte allesvergisting	W	0,064	7000	-	-	0,060
Vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	G	0,081	8000	-	-	0,080
Gecombineerde opwekking vergisting en covergisting van dierlijke mest	WKK	0,122	8000/4000	5732	0,65	0,121
Warmte vergisting en covergisting van dierlijke mest	W	0,083	7000	-	-	0,083
Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	G	0,15 - 0,20	8000	-	-	0,15 - 0,20
Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (WKK)	WKK	WKK	> 0,20	8000	-	-
Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (warmte)	W	W	0,109	7000	-	-



**Tabel 91:** Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2017: bestaande installaties (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2017	Vollasturen (kracht/warmte)	Vollasturen samen-gesteld	Warmte-kracht-verhouding	Advies basis-bedrag SDE+ 2016
Verlengde levensduur allesvergisting, gecombineerde opwekking	WKK	0,092	8000/4000	5855	0,58	0,086
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest, gecombineerde opwekking	WKK	0,109	8000/4000	5855	0,58	0,108
Verlengde levensduur allesvergisting (hernieuwbaar gas)	G	0,062	8000	-	-	0,059
Verlengde levensduur allesvergisting (warmte)	W	0,060	7000	-	-	0,056
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	G	0,071	8000	-	-	0,071
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (warmte)	W	0,072	7000	-	-	0,071

# 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
ISDE	Investeringssubsidie duurzame energie
LEI	Landbouw Economische Instituut
MEP	Milieukwaliteit elektriciteitsproductie
MR	Ministeriële regeling
O&M	<i>Operation&amp;Maintenance</i> , onderhoud en beheer
OPEX	<i>Operating Expenditures</i> , onderhoudskosten
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, 2013.
- 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>.
- STOWA 2005: *Potentieel voor duurzame energie met biogas uit rioolwaterzuiveringen*. STOWA 2005-W-03. ISBN 90.5773.291.2, 2005.
- STOWA (2011): *Optimalisatie WKK en biogasbenutting*. STOWA 2011-33, ISBN 978.90.5773.549.3. Rapport opgesteld door Grontmij, 2011.
- STOWA (2014): *Haalbaarheid van mesofiel vergisting in Nederland*. STOWA 2014-23, ISBN 978.9095773.664, 2014.
- Kraan, C.M., Lensink, S.M. (2015): *Basisprijzen SDE+ 2016*. ECN, Petten, ECN-N--15-023, 2015. <https://www.ecn.nl/publicaties/ECN-N--15-023>
- Lensink en van Zuijlen (2015): *Aanvullend onderzoek correctiebedragen SDE+-regeling*. ECN, Petten, ECN-E--15-070, december 2015. <https://www.ecn.nl/publicaties/BS/2016/ECN-E--15-070>
- Lensink, S.M., van Zuijlen, C.L. (2016): *Definitieve correctiebedragen SDE+ 2015*. ECN, Amsterdam, ECN-N--16-005, 2015. <https://www.ecn.nl/publicaties/ECN-N--16-005>
- Lensink, S.M., van Zuijlen, C.L. (2015): *Eindadvies basisbedragen SDE+ 2016*. ECN, Petten, 9 oktober 2015. <https://www.ecn.nl/publicaties/ECN-E--15-052>
- Lensink, S.M., van Zuijlen, C.L. (2016): *Definitieve correctiebedragen SDE+ 2015*. ECN, Petten, 22 maart 2016. <https://www.ecn.nl/publicaties/N/2016/ECN-N--16-005>

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. 2015.*

<http://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/02/Digitale%20Brochure%20SDE%20B%202015%20kleur.pdf>

RVO.nl, CBS (2015): *Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie, Herziening 2015. 2015.*

<http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/duurzame-energie/monitoring>

# Bijlage A. Overzicht van basisprijzen en correctiebedragen

De basisprijzen en definitieve correctiebedragen 2015 staan in de onderstaande tabellen. De berekeningswijzen van deze basisbedragen staan in (Kraan en Lensink, 2015) en van de correctiebedragen in (Lensink en Van Zuijlen, 2016).

**Tabel 102:** Basisprijs en definitief correctiebedrag SDE+ 2015: waterkracht, wind- en zonne-energie.

Categorie	Basisprijs [€/kWh]	Definitief correctiebedrag 2015 [€/kWh]
Waterkracht, valhoogte $\geq 50$ cm	0,039	0,040
Waterkracht, valhoogte $\geq 50$ cm, renovatie	0,039	0,040
Vrije stromingsenergie, valhoogte $< 50$ cm	0,039	0,040
Osrose	0,039	0,040
Fotovoltaïsche zonnepanelen, $\geq 15$ kWp en aansluiting $>3 \times 80A$	0,035	0,041
Zonthermie, apertuuroppervlakte $\geq 200$ m <sup>2</sup>	0,025	0,055
Wind op land, $\geq 8$ m/s	0,030	0,033
Wind op land, $\geq 7,5$ en $< 8$ m/s	0,030	0,033
Wind op land, $\geq 7,0$ en $< 7,5$ m/s	0,030	0,033
Wind op land, $< 7,0$ m/s	0,030	0,033
Wind op primaire waterkeringen, $\geq 8$ m/s	0,030	0,033
Wind op primaire waterkeringen, $\geq 7,5$ en $< 8$ m/s	0,030	0,033
Wind op primaire waterkeringen, $\geq 7,0$ en $< 7,5$ m/s	0,030	0,033
Wind op primaire waterkeringen, $< 7,0$ m/s	0,030	0,033
Wind in meer, water $\geq 1$ km <sup>2</sup>	0,030	0,033

**Tabel 103:** Basisprijs en definitief correctiebedrag SDE+ 2015: geothermie

Categorie	Basisprijs [€/kWh]	Definitief correctiebedrag 2015 [€/kWh]
Geothermische warmte, diepte $\geq 500$ m	0,014	0,019
Geothermische warmte, diepte $\geq 3500$ m	0,014	0,019

**Tabel 104:** Basisprijs en definitief correctiebedrag SDE+ 2015: waterzuiveringsinstallaties

Categorie	Basisprijs [€/kWh]	Definitief correctiebedrag 2015 [€/kWh]
RWZI - Thermofiele gisting van secundair slib	0,029	0,032
AWZI/RWZI - thermische drukhydrolyse	0,039	0,040
AWZI/RWZI (hernieuwbaar gas)	0,020	0,024

**Tabel 105:** Basisprijs en definitief correctiebedrag SDE+ 2015: verbranding en vergassing van biomassa

Categorie	Basisprijs [€/kWh]	Definitief correctiebedrag 2015 [€/kWh]
Biomassavergassing (≥95% biogeen)	0,020	0,024
Bestaande capaciteit voor bij- en meestook	0,039	0,040
Nieuwe capaciteit voor meestook	0,039	0,040
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,1-0,5 MW <sub>th</sub>	0,025	0,055
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5-5 MW <sub>th</sub>	0,025	0,033
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, ≥5 MW <sub>th</sub>	0,014	0,019
Ketel op vloeibare biomassa	0,025	0,033
Warmte, houtpellets	0,014	0,019
Thermische conversie van biomassa, ≤ 100 MW <sub>e</sub>	0,021	0,025

**Tabel 106:** Basisprijs en definitief correctiebedrag SDE+ 2015: vergisting van biomassa

Categorie	Basisprijs [€/kWh]	Definitief correctiebedrag 2015 [€/kWh]
Allesvergisting (hernieuwbaar gas)	0,020	0,024
Gecombineerde opwekking allesvergisting	0,029	0,032
Warmte allesvergisting	0,025	0,033
Vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	0,020	0,024
Gecombineerde opwekking vergisting en covergisting van dierlijke mest	0,029	0,032
Warmte vergisting en covergisting van dierlijke mest	0,025	0,033
Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	0,020	0,024
Gecombineerde opwekking vergisting van meer dan 95% dierlijke mest	0,039	0,040
Warmte vergisting van meer dan 95% dierlijke mest	0,025	0,033

**Tabel 107:** Basisprijs en definitief correctiebedrag SDE+ 2015: bestaande installaties

Categorie	Basisprijs [€/kWh]	Definitief correctiebedrag 2015 [€/kWh]
Verlengde levensduur allesvergisting, gecombineerde opwekking	0,030	0,032
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest, gecombineerde opwekking	0,030	0,032
Verlengde levensduur allesvergisting (hernieuwbaar gas)	0,020	0,024
Verlengde levensduur allesvergisting (warmte)	0,014	0,019
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	0,020	0,024
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (warmte)	0,014	0,019

# Bijlage B. 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 2016 is de SDE+ opengesteld voor de productie van:

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

Voor energie uit:

- o Biomassa
- o Geothermie
- o Water

- o Wind
- o Zon

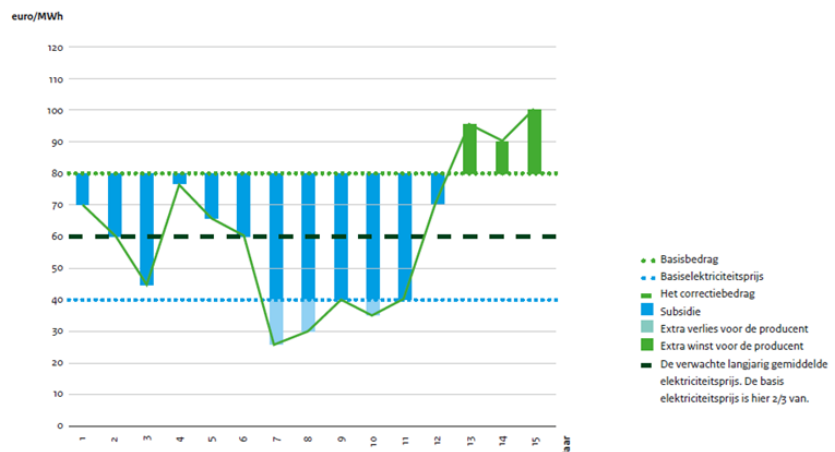
### De SDE+-bijdrage

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:  $SDE+-bijdrage = basisbedrag - correctiebedrag$ .

De hoogte van de SDE+-bijdrage is daarmee afhankelijk van de ontwikkeling van de energieprij. Bij een hogere energieprij krijgt u minder SDE+, maar ontvangt u meer van uw energie-afnemer. Bij een lagere energieprij 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.

**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