Conceptadvies basisbedragen SDE+ 2016 voor marktconsultatie

C.L. van Zuijlen **(ECN) (ed)**
S.M. Lensink **(ECN) (ed)**

April 2015
ECN-E--15-010

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. Het onderzoek staat geregistreerd onder projectnummer 5.3329. Projectleider van het project is Christine van Zuijlen (vanzuijlen@ecn.nl).

Naast de editors Christine van Zuijlen en Sander Lensink hebben de volgende personen meegeschreven aan dit rapport:
Luuk Beurskens, Michiel Hekkenberg, Carolien Kraan, Marc Londo, Hamid Mozaffarian, Arjan Plomp, Ayla Uslu (ECN), Marcel Cremers, Bart in 't Groen, Gerben Jans, Anne-Marie Taris, Jasper Lemmens, Ronald Meijer, Craig Savy (DNV GL) en Harmen Mijnlieff (TNO).

Aan het onderzoek is tevens meegewerkt door Hans Cleijne en Koen Broess (DNV GL). De auteurs danken hen voor hun inbreng.

Tot slot danken de auteurs Kim Stutvoet-Mulder en Manuela Loos voor de ondersteuning bij de totstandkoming van dit rapport.

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 2016. 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 2016 base rates. The open market consultation is to be held in April-May 2015.

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

Inhoudsopgave

Samenvatting		**4**
1	**Inleiding**	**8**
2	**Proces en uitgangspunten**	**10**
3	**Bevindingen waterkracht**	**15**
4	**Bevindingen zonne-energie**	**21**
5	**Bevindingen windenergie**	**25**
6	**Bevindingen geothermie**	**35**
7	**Bevindingen waterzuivering**	**42**
8	**Bevindingen verbranding en vergassing van biomassa**	**46**
9	**Bevindingen vergisting van biomassa**	**61**
10	**Bevindingen bestaande installaties**	**74**
11	**Overzicht basisbedragen**	**82**
Afkortingen		**85**
Referenties		**86**
Bijlage A.	**Hubs en productie van ruw biogas**	**88**

Samenvatting

Het ministerie van Economische Zaken (EZ) heeft advies gevraagd aan ECN en DNV GL over de basisbedragen voor de SDE+ 2016. 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+2016 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+ 2015.

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+2015[1] opgenomen.

[1] https://www.ecn.nl/publicaties/ECN-E--14-035.

Tabel 1: Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2016: waterkracht, wind- en zonne-energie (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie drager	Advies basisbedrag SDE+ 2016	Vollast-uren	Advies basisbedrag SDE+ 2015
Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm	E	0,175	5700	0,175
Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm, renovatie	E	0,067	4300	0,067
Vrije stromingsenergie, valhoogte < 50 cm	E	0,275	2800	0,275
Osmose	E	0,612	8000	0,585
Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kWp en aansluiting >3*80A	E	0,137	950	0,141
Zonthermie, apertuuroppervlakte ≥ 100 m^2	E	0,119	700	0,137
Wind op land, ≥ 8 m/s	E	0,073	n.v.t.	0,074
Wind op land, ≥ 7,5 en < 8 m/s	E	0,079	n.v.t.	0,081
Wind op land, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	E	0,084	n.v.t.	0,086
Wind op land, < 7,0 m/s	E	0,096	n.v.t.	0,098
Wind op land één op één vervanging, ≥ 8 m/s	E	0,052	n.v.t.	0,053
Wind op land één op één vervanging, ≥ 7,5 en < 8 m/s	E	0,057	n.v.t.	0,058
Wind op land één op één vervanging, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	E	0,063	n.v.t.	0,065
Wind op land één op één vervanging, < 7,0 m/s	E	0,072	n.v.t.	0,074
Wind op verbindende waterkeringen, ≥ 8 m/s	E	0,079	n.v.t.	0,081
Wind op verbindende waterkeringen, ≥ 7,5 en < 8 m/s	E	0,086	n.v.t.	0,088
Wind op verbindende waterkeringen, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	E	0,092	n.v.t.	0,094
Wind op verbindende waterkeringen, < 7,0 m/s	E	0,105	n.v.t.	0,107
Wind in meer, water ≥ 1 km^2	E	0,113	n.v.t.	0,114

Tabel 2: Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2016: geothermie (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energiedrager	Advies basisbedrag SDE+ 2016	Vollasturen	Advies basisbedrag SDE+ 2015
Geothermische warmte, diepte ≥ 500 m	W	0,052	5500	0,052
Geothermische warmte, diepte ≥ 3500 m	W	0,055	7000	0,055

Tabel 3: Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2016: waterzuiveringsinstallaties (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie -drager	Advies basisbedrag SDE+ 2016	Vollasturen (kracht/ warmte)	Vollasturen samen-gesteld	Warmte-kracht-verhouding	Advies basisbedrag SDE+ 2015
RWZI - Thermofiele gisting van secundair slib	WKK	0,061	8000/4000	5729	0,66	0,061
AWZI/RWZI - thermische drukhydrolyse	E	0,095	8000	-	-	0,095
AWZI/RWZI (hernieuwbaar gas)	G	0,033	8000	-	-	0,034

Tabel 4: Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2016: verbranding en vergassing van biomassa (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2016	Vollasturen (kracht/ warmte)	Vollasturen samen-gesteld	Warmte-kracht-verhouding	Advies basisbedrag SDE+ 2015
Biomassavergassing (≥95% biogeen)	G	0,151	7500	-	-	0,139
Nieuwe capaciteit voor meestook	E	0,115	7000	-	-	0,115
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5-5 MW_{th}	W	0,051	4000	-	-	0,051
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, ≥5 MW_{th}	W	0,043	7000	-	-	0,043
Ketel op vloeibare biomassa	W	0,072	7000	-	-	0,072
Warmte, houtpellets	W	0,054	7000	-	-	0,054
Thermische conversie van biomassa, 10-100 MW_e	WKK	0,084	7500/7500	7500	5,26	0,084
Thermische conversie van biomassa, ≤ 10 MW_e	WKK	0,144	8000/4000	4241	2,44	0,144

Tabel 5: Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2016: vergisting van biomassa (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2016	Vollasturen (kracht/ warmte)	Vollasturen samengesteld	Warmte-kracht-verhouding	Advies basisbedrag SDE+ 2015
Allesvergisting (hernieuwbaar gas)	G	0,063	8000	-	-	0,063
Gecombineerde opwekking allesvergisting	WKK	0,095	8000/4000	5739	0,65	0,095
Warmte allesvergisting	W	0,055	7000	-	-	0,053
Vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	G	0,083	8000	-	-	0,083
Gecombineerde opwekking vergisting en covergisting van dierlijke mest	WKK	0,121	8000/4000	5732	0,65	0,121
Warmte vergisting en covergisting van dierlijke mest	W	0,082	7000	-	-	0,080
Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	G	0,141	8000	-	-	0,136
Gecombineerde opwekking vergisting van meer dan 95% dierlijke mest	WKK	0,305	8000	-	-	0,305
Warmte vergisting van meer dan 95% dierlijke mest	W	0,109	7000	-	-	0,106

Tabel 6: Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2016: bestaande installaties (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2016	Vollasturen (kracht/ warmte)	Vollasturen samen-gesteld	Warmte-kracht-verhouding	Advies basis-bedrag SDE+ 2015
Verlengde levensduur thermische conversie ≤ 50 MW_e	WKK	0,064	8000/4000	4429	1,82	0,064
Verlengde levensduur allesvergisting, gecombineerde opwekking	WKK	0,087	8000/4000	5855	0,58	0,087
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest, gecombineerde opwekking	WKK	0,108	8000/4000	5855	0,58	0,108
Verlengde levensduur allesvergisting (hernieuwbaar gas)	G	0,064	8000	-	-	0,064
Verlengde levensduur allesvergisting (warmte)	W	0,058	7000	-	-	0,058
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	G	0,076	8000	-	-	0,076
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (warmte)	W	0,072	7000	-	-	0,072

1

Inleiding

ECN en DNV GL adviseren over de hoogte van de basisbedragen in de SDE+ 2016.

De subsidieregeling Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE) wordt door het ministerie van Economische Zaken gebruikt om de productie van hernieuwbare energie in Nederland te stimuleren. Deze regeling is sinds 2008 jaarlijks opengesteld door het ministerie[2] 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 2016. ECN en DNV GL adviseren het ministerie over de hoogte van de basisbedragen voor door het ministerie voorgeschreven categorieën. Uiteindelijk zal de Minister van EZ beslissen over de openstelling van de SDE+-regeling in 2016, de open te stellen categorieën en de basisbedragen voor nieuwe SDE+-beschikkingen in 2016.

In overleg met het ministerie is er wederom voor gekozen om een conceptadvies aan de markt voor te leggen. Dit rapport betreft het conceptadvies en is op 3 april 2015 voltooid. 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/projecten/sde/sde-2016.

[2] 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 besluit met conclusies waarbij de vertaalslag naar basisbedragen gemaakt is.

In dit rapport zijn naast het *advies* over de basisbedragen voor de SDE+2016 ter illustratie ook per categorie de hoogte van het definitieve correctiebedrag 2014 en de basisprijs voor de SDE+2015 opgenomen bij de categorieën. In het uiteindelijke *eindadvies* zullen de daadwerkelijke correctiebedragen en basisprijzen voor de regeling SDE+2016 opgenomen worden.

Uiteindelijk zullen in het eindadvies de voorlopige correctiebedragen 2016 en de basisprijzen SDE+ 2016 worden opgenomen.

Voor meer informatie over de basisprijzen SDE+2015 wordt verwezen naar (Kraan en Lensink, 2014) en voor de correctiebedragen naar (Lensink en Van Zuijlen, 2014a).

2

Proces en uitgangspunten

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens het gevolgde proces en de werkwijze beschreven (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 op 7 april 2015 ten behoeve van een openbare marktconsultatie en zal worden toegelicht op een informatiebijeenkomst voor brancheorganisaties bij het ministerie van Economische Zaken op 15 april 2015.

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[3] 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 23 april tot en met 12 mei 2015 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 en dienen uiterlijk 5 werkdagen voor het consultatiegesprek door ECN te zijn ontvangen[4].

Daarnaast kunt u voor het maken van een afspraak voor een consultatiegesprek telefonisch contact opnemen met mw. K. Stutvoet-Mulder op telefoonnummer 088-515 4554 of mw. Manuela Loos op 088-515 4431. Op de website zijn themadagen

[3] https://www.ecn.nl/nl/projecten/sde/sde-2016.

[4] Indien u geen gebruik wenst te maken van consultatiegesprek kunt u uw reactie uiterlijk 30 april 2015 aanleveren.

aangegeven. Graag verzoeken wij u om in te schrijven op een dag waarop u denkt dat het thema het meeste raakvlak heeft en voor 20 april 2015 contact op te nemen.

Voor nadere informatie over de inhoud van dit rapport kunt u contact opnemen met de projectleider, mevr. C.L. van Zuijlen, op telefoonnummer 088-515 4021.

Werkwijze
Het ministerie van EZ heeft aan ECN en DNV GL advies gevraagd voor het vaststellen van de basisbedragen in het kader van de SDE+-regeling voor 2016. Voor geothermie is het advies opgesteld door ECN, DNV GL en TNO. De te adviseren basisbedragen bevatten de productiekosten van hernieuwbare energiedragers, vermeerderd met eventuele regelingspecifieke meerkosten in relatie tot het afsluiten van elektriciteits-, warmte- of gascontracten. Het ministerie heeft vooraf categorieën benoemd in de adviesvraag. Voor alle categorieën berekenen ECN en DNV GL de productiekosten van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbaar gas of hernieuwbare warmte. De Minister van EZ besluit over de uiteindelijke openstelling van categorieën. Noch de opname noch de afwezigheid van een categorie in dit rapport kunnen gelezen worden als advies ten aanzien van eventuele openstelling.

Na de marktconsultatie zullen ECN en DNV GL een eindadvies opstellen. ECN en DNV GL zullen op iedere binnengekomen reactie individueel reageren, in gesprek of schriftelijk. Daarnaast zullen het proces, het advies en de wijze waarop ECN en DNV GL de binnengekomen marktreacties hebben meegewogen onderwerp zijn van een externe review die in opdracht van het ministerie van EZ zal worden uitgevoerd.

2.2 Algemene uitgangspunten

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

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

Bij het berekenen van de productiekosten dient rekening gehouden te worden met bestaande wet- en regelgeving, voor zover generiek van toepassing in Nederland. Het advies gaat dus uit van beleid waarvan op basis van besluitvorming vaststaat dat het in 2016 van kracht is. De productiekosten hebben betrekking op projecten waarvoor in 2016 SDE+ aangevraagd kan worden en die in 2016 of begin 2017 als bouwproject van start kunnen gaan. Het ministerie van EZ ziet erop toe dat de berekende productie-kosten recht doen aan de bepalingen van de Europese Commissie op het gebied van staatssteun.

Voor iedere categorie is door ECN en DNV GL een referentie-installatie bepaald. De referentie-installatie bestaat uit een bepaalde techniek (of combinatie van technieken) in combinatie met een gangbaar aantal vollasturen en voor de bio-energiecategorieën een referentie brandstof. De referentie-installatie (eventueel in combinatie met een referentie brandstof) achten ECN en DNV GL ook gangbaar voor nieuwe projecten in de te onderzoeken categorie. Voor de bepaalde brandstof-techniekcombinaties worden de technisch-economische parameters gekwantificeerd. Op basis van deze parameters worden de productiekosten en basisbedragen berekend met behulp van een gestileerd kasstroommodel; dit model is te raadplegen via de ECN-website[5].

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. De productiekosten betreffen de meerkosten van de zogenoemde referentie-installatie om te komen tot productie van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte of hernieuwbaar gas ten opzichte van de alternatieve aanwending van de hernieuwbare-energiebron.

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

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

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

Voor de SDE+2016 zijn de basisbedragen van alle categorieën vermeld in € per kWh. In het verleden werden bedragen voor de opties voor warmte en hernieuwbaar gas weergegeven in € per GJ en € per Nm^3. Ter informatie toont Tabel 7 de gehanteerde omrekenfactoren.

[5] https://www.ecn.nl/nl/projecten/sde/sde-2016.

Tabel 7: Omrekenfactoren basisbedragen in € per kWh

	Eenheid basisbedrag			
	SDE+2014	SDE+2015	Vermenigvuldigingsfactor van eenheid SDE+2014 naar eenheid SDE+2015	Formule
Elektriciteit	[€/kWh]	[€/kWh]	1	n.v.t.
Warmte	[€/GJ]	[€/kWh] (finaal)	0,0036	(Bedrag in €/kWh) = (Bedrag in €/GJ) * (3,6 MJ/kWh) / (1000 MJ/GJ)
Groen gas	[€ct/Nm^3]	[€/kWh] (finaal)	0,0010236	(Bedrag in €/kWh) = (Bedrag in €ct/Nm^3) * (0,01 €/€ct) * (3,6 MJ/kWh) / (35,17 MJ/Nm^3)

2.3 Financiële uitgangspunten

ECN en DNV GL zijn voor dit conceptadvies uitgegaan van de financiële parameters zoals gehanteerd in het Eindadvies basisbedragen SDE+2015. Deze parameters zijn weergegeven in Tabel 8. Toevoeging op deze tabel zijn de parameters voor wind één op één vervanging.

Tabel 8: Gehanteerde financiële parameters voor de SDE+ 2016

Financiële parameter	Gehanteerde waarde	Toelichting
Rente met groenfinanciering	4,5%	Zon-PV, geothermie, vergassing, waterkracht, wind één op één-vervanging
Rente zonder groenfinanciering	5,5%	Overige categorieën
Verhouding vreemd vermogen (VV) / eigen vermogen (EV)	80% VV / 20% EV	Windenergie
	70% VV / 30% EV	Overige categorieën
Rendement op eigen vermogen	15%	Categorieën met hoog risicoprofiel
	12%	Overige categorieën
	10%	Wind één op één vervanging

De laatste jaren is de rente op leningen gedaald. Op behoedzame wijze is voor de SDE+ 2015 gerekend met een voorzichtige daling van de rente met 0,5 procentpunt. Dat leidt tot 5,5% rente op leningen voor projecten zonder groenfinanciering en 4,5% voor projecten met groenfinanciering. Ook voor het conceptadvies voor de SDE+ 2016 wordt met deze percentages gerekend. Uit de marktconsultatie van vorig jaar is gebleken dat er voor nieuwe projecten mogelijkheden zijn om de voordelen van groenfinanciering te benutten.

Financiële instellingen vragen een grotere inbreng van eigen vermogen dan in de jaren voor de crisis. Deze vraag komt voort uit een ander beleid op risicoblootstelling, hij komt niet voort uit een andere risico-inschatting. De gehoorde aandelen eigen vermogen in recent gefinancierde of te financieren duurzame-energieprojecten in Nederland variëren van 15% 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.

Het 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.

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

Uit dit financieel rendement dienen tevens de voorbereidingskosten gedekt te worden. De voorbereidingskosten zijn niet meegenomen in het totale investeringsbedrag. Voor biomassacategorieën wordt uitgegaan van een subsidieduur van 12 jaar, voor de overige categorieën van 15 jaar. De duur van de lening en de afschrijvingstermijnen zijn gelijk verondersteld aan de subsidieduur. Uitbetalingen van de SDE+-vergoeding na 12 respectievelijk 15 jaar ten gevolge van eventuele *banking* in de SDE+ zijn niet meegenomen in de berekening. Bij technieken als waterkracht en geothermie, waarbij sommige componenten in de praktijk een veel langere levensduur hebben dan 15 jaar, is in de investeringskosten een correctie aangebracht voor de restwaarde van de componenten na 15 jaar. Bij projectfinanciering kan een geldverstrekker in de praktijk wensen dat de lening in een kortere periode, bijvoorbeeld 11 of 14 jaar, wordt afgelost. Hierdoor verkrijgt de geldverstrekker meer zekerheid dat de lening ook geheel kan worden afgelost. Het financiële totaalrendement wordt echter beschouwd als billijke vergoeding voor het totale risico van het project. Hoe risico's en rendementen worden verdeeld tussen geldverstrekker en projectontwikkelaar is bij de gegeven onderzoeksuitgangspunten niet van invloed op de geadviseerde basisbedragen. Tabel 9 toont per thema (geclusterde categorieën) de resulterende kapitaalskosten.

Tabel 9: Kapitaalskosten (WACC) per thema voor de SDE+2016

Thema	Gewogen kapitaalskosten (WACC)
Waterkracht Vrije stromingsenergie	6,0%
Osmose	6,9%
Fotovoltaïsche zonnepanelen	5,1%
Zonthermie	6,0%
Windenergie	6,3%
Windenergie, vervanging	4,7%
Geothermische warmte	6,9%
AWZI/RWZI	6,5%
Biomassavergassing	6,9%
Nieuwe capaciteit voor meestook Ketel op vaste of vloeibare biomassa	6,5%
Warmte, houtpellets Thermische conversie van biomassa	7,4%
Allesvergisting	6,5%
Vergisting en covergisting van dierlijke mest	7,4%
Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest	6,5%

3

Bevindingen waterkracht

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

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

3.1 Waterkracht, valhoogte ≥ 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.

Mogelijke waterkracht-projecten kennen een grote spreiding in benodigd basisbedrag.

De mogelijke projecten binnen de categorie waterkracht kennen een grote spreiding in investeringskosten en bijhorende basisbedragen. Daarom zijn de basisbedragen in dit advies gebaseerd op specifieke projecten waarbij het realisatiepotentieel en de kosten bepalend zijn geweest voor selectie. Voor de categorie Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm is de referentie-installatie onveranderd gebaseerd op een valhoogte van minder dan vijf meter.

Het basisbedrag ligt boven de 15 €ct/kWh. De technisch-economische parameters waar dit basisbedrag op is gebaseerd zijn te vinden in Tabel 10. Deze zijn niet veranderd ten opzichte van vorig jaar.

Tabel 10: Technisch-economische parameters Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	1,0	
Vollasturen	[h/a]	5700	
Investeringskosten	[€/kW_e]	8150	€ 8,2 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_e/a]	100	€ 100.000 / jaar
Restwaarde na 15 jaar	[€/kW_e]	-2853	

In Tabel 11 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 11: Overzicht van subsidieparameters Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,175
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,036
Basisprijspremie (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,002
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,041
Berekeningswijze correctiebedrag	APX	

3.2 Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm, renovatie

De belangrijkste wet- en regelgeving omtrent vissterfte bij kunstwerken wordt gevormd door de Europese kaderrichtlijn water uit 2000, de in 2009 herziene Beneluxbeschikking vrije vismigratie en de Europese aalverordening. Een uitwerking hiervan voor de Nederlandse wateren onder beheer van Rijkswaterstaat staat in het Programma Rijkswateren 2010-2015. Als onderdeel van dit programma worden de door vissterfte geldende normen voor bestaande waterkrachtcentrales aangescherpt, wat inhoudt dat visbeschermende maatregelen moeten worden doorgevoerd.

Voor de categorie Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm, renovatie wordt ervan uitgegaan dat dit bij een referentie-installatie een vervanging van de bestaande turbines voor visvriendelijke(re) varianten zal zijn. Een dergelijke innovatieve visvriendelijke turbine lijkt vooralsnog 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.

De parameters in deze categorie zijn ten opzichte van het advies voor de SDE+-regeling in 2015 niet veranderd. Een overzicht van de techno-economische parameters voor de referentie-installatie staat in Tabel 12.

Tabel 12: Technisch-economische parameters visvriendelijke renovatie van waterkracht

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	1,0	
Vollasturen	[h/a]	4300	
Investeringskosten	[€/kW_e]	1600	€ 1,6 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_e/a]	80	€ 80.000 / jaar

In Tabel 13 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 13: Overzicht van subsidieparameters visvriendelijke renovatie van waterkracht

Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm, renovatie	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,067
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,036
Basisprijspremie (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,002
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,041
Berekeningswijze correctiebedrag	APX	

3.3 Vrije stromingsenergie, valhoogte < 50 cm

De parameters voor deze techniek zijn niet veranderd ten opzichte van het advies uit eerdere jaren. Dat advies 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. Bij de Oosterscheldekering zijn twee vergunningen afgegeven voor de benutting van getijdenenergie uit vrije stroming.

In Tabel 14 staan de gebruikte technisch-economische parameters voor energie uit vrije stroming.

Tabel 14: Technisch-economische parameters Vrije stromingsenergie, valhoogte < 50 cm

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	1,5	
Vollasturen	[h/a]	2800	
Investeringskosten	[€/kW_e]	5100	€ 7,7 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_e/a]	155	€ 233.000 / jaar

In Tabel 15 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 15: Overzicht van subsidieparameters Vrije stromingsenergie, valhoogte < 50 cm

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,275
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,036
Basisprijspremie (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,002
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,041
Berekeningswijze correctiebedrag	APX	

3.4 Osmose

Uit de stijging van het basisbedrag kan niet geconcludeerd worden dat de categorie duurder is geworden; er is meer inzicht in de kosten gekomen.

Voor de categorie osmose is een aanpassing gedaan op het basisbedrag. Er is nieuwe informatie beschikbaar gekomen uit een FP7-project waarin DNV GL heeft deelgenomen, en waarbinnen ook een pilot plant in Italië is gebouwd. De techniek zit in de ontwikkelingsfase, waardoor de prijs waarvoor componenten beschikbaar zijn, niet op een vrije, liquide markt tot stand komen. De onzekerheid in de kosten van deze categorie is vanwege het stadium van de ontwikkeling, nog zeer groot. Uit de stijging van het basisbedrag van SDE+2016 t.o.v. SDE+2015 kan niet geconcludeerd worden dat de techniek duurder is geworden. Wel dat er wat meer inzicht is gekomen in de kosten van deze techniek. Onderstaande tekst geeft een toelichting op bovenstaande en toont hoe het basisbedrag tot stand is gekomen.

Inleiding

De eerste onderzoeken van Osmotische energie in Nederland zijn in 2003 door KEMA uitgevoerd. Deze onderzoeken richtte zich met name op de ontwikkeling van membranen voor RED, op basis van patenten van KEMA. Dit heeft geleid tot verdere onderzoeken en het ontstaan van Wetsus (onderzoeksinstituut op het gebied van duurzaam water) en Redstack. Dat laatste heeft als doel om in Nederland commerciële RED centrales te realiseren om energie te produceren. Tot nu toe is een pilot plant bij de afsluitdijk gerealiseerd door Redstack van een aantal tientallen kilowatt.

In 2013 is het EU FP7 REAPower project afgerond. Dit project heeft geresulteerd in een demoschaal project in Sicilië. Vanuit Nederland waren onder ander Redstack, KEMA en Fuji-Film project partners. Fuji-Film voert onderzoeken op het gebied van commerciële productie van de RED membranen.

Verlaging van de kostprijs en verhogen van de energie dichtheid W/m^2 is waar veel aandacht van onderzoeken naar uitgaat bij de ontwikkeling van RED-membranen. De richtprijs voor commerciële membranen liggen tussen 2 en 15 EUR/m^2 met energie dichtheid tussen 2 en 5 W·m. De spreiding van de waarde wordt bepaald door de toekomstige prijsontwikkelingen.

De kostprijs en energie dichtheid van RED-membranen zijn bepalend voor de investeringskosten van RED-centrales, vooral in deze embryonale fase van de technologie. In 2007 waren prijzen voor een RED-centrale van 100 USD/m^2 (Turek et al, 2007). Uit recent onderzoek (Daniilidis, 2014) wordt 50 EUR/m^2 gebruikt als huidige prijsindicatie. In hetzelfde onderzoek wordt een bedrag van 60 EUR/m^2 genoemd als richtbedrag om een positieve case te kunnen maken voor een RED-centrale in Nederland.

Kostprijs bepaling voor pilot schaal in 2015
Om de kostprijs van een pilot RED-centrale te bepalen wordt gebruik gemaakt van huidige membraanprijzen, deze is geschat op 50 EUR/m^2. Aangezien membranen met een vermogensdichtheid van 5 W/m^2 nog niet commercieel verkrijgbaar zijn, wordt gerekend met 2,2 W/m^2 (Daniilidis 2014) voor twee voorbeelden (zie Tabel 16).

Tabel 16: Kostenstructuur RED in Nederland en REAPower-toepassing op basis van optimale membraanprijs

Kostenpost	Red in Nederland (Daniilidis)	Red in REAPower
Membraanprijs (€/m^2)	50	50
Vermogensdichtheid (W/m^2)	2,2	2,2
Stack prijs (€/m^2)	4*	4
Module prijs (€/kW)	24.545	24.545
Voorbehandelingskosten (€/kW)	1850	262
Pomp en constructie (€/kW)	1656	569
Personeelskosten	1445	695
Investeringskosten (€/kW)	29.496	26.071

*inschatting op basis van REAPower-kostenspecificatie.

In het Daniilidisrapport wordt 60 €/m^2 genoemd als optimale membraan prijs waarmee gerekend dient te worden om de case financieel sluitend te krijgen. Indien hiermee wordt gerekend worden de investeringskosten 34.042 €/kW en 30.617, respectievelijk Daniilidis en REAPower casus. Indien een vermogensdichtheid van 2 W/m^2 wordt gekozen komt de investeringskosten uit op 36.951 €/kW voor de Daniilidis-casus.

De personeelskosten is een opslag percentage (20%) op de hardware kosten. De prijsopslag wordt bepaald op basis van de te verwachtte commerciële prijzen in de toekomst in plaats van huidige of optimale membraanprijzen. Het is niet de verwachting dat door hogere membraanprijzen de opslagkosten ook hoger worden.

Door het ontwikkelstadium waarbinnen de techniek zich bevindt, en in het verlengde daarvan de afwezigheid van een transparante, commerciële markt voor membranen, is de kostenraming van deze categorie onzekerder dan van andere categorieën. De

investeringskosten liggen tussen ca. 25.000 en 37.000 €/kW. Gezien het innovatietraject dat nog doorlopen moet worden voor toepassingen op commerciële schaal beschikbaar komen, wordt ten behoeve van berekening van het basisbedrag de bovenkant van deze brandbreedte gekozen.

Tabel 17: Technisch-economische parameters Osmose

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	1,0	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Investeringskosten	[€/kW_e]	37000	€ 37,0 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_e/a]	213	€ 213.000 / jaar

In Tabel 18 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 18: Overzicht van subsidieparameters Osmose

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,612
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,036
Basisprijspremie (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,002
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,041
Berekeningswijze correctiebedrag	APX	

4

Bevindingen zonne-energie

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

- Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kWp en aansluiting >3*80A (4.1)
- Zonthermie, apertuuroppervlakte ≥ 100 m2 (4.2).

4.1 Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kW_p en aansluiting >3*80A

Referentie-installatie

De referentie-installatie voor fotovoltaïsche systemen (PV-systemen) in het concept-advies SDE+ 2016 is net als in het advies t.b.v. de SDE+ 2015 een dakgebonden systeem van 100 kilowattpiek (kW_p). In de consultatie hopen ECN en DNV GL informatie te ontvangen of deze referentie nog steeds de meest geëigende weergave biedt voor het merendeel van de nieuwe projecten.

ECN en DNV GL ontvangen in de marktconsultatie graag informatie of de huidige referentie nog representatief is voor het merendeel van de projecten

PV-systemen hebben een modulair karakter en kunnen daardoor in zeer uiteenlopende systeemgrootten worden opgesteld. De systeemgrootte is afhankelijk van de capaciteit per paneel en het aantal zonnepanelen dat op de beschikbare oppervlakte wordt opgesteld. Voor dakgebonden systemen wordt de grootte van het systeem begrensd door het beschikbare dakoppervlak, waardoor in het algemeen een bovengrens van de systemen bestaat van enkele honderden kW_p. Voor veldsystemen geldt deze ruimtelijke begrenzing niet.

De adviezen in voorgaande jaren waren gebaseerd op een opstelling onder de meest gunstige condities, vertaald in een jaarproductie van 1000 kWh/kW_p. Dit onderzoeks-kader is niet meer van toepassing op dit conceptadvies. De gemiddelde zonne-instraling per jaar is niet in het gehele land gelijk, waardoor het loslaten van dit criterium tot een benadering leidt die meer representatief is voor het gehele land. Wel wordt in dit advies 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

De gemiddelde jaarlijkse productie is aangepast van 1000 naar 950 kWh/kW_p als gangbaar gemiddelde voor huidige nieuwe systemen.

gemiddelde jaarlijkse productie van 950 kWh/kW_p als gangbaar gemiddelde voor huidige nieuwe systemen.

Veldsystemen

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 parken zal dit uitgangspunt niet altijd gelden en zullen hiervoor wel extra kosten moeten worden gemaakt. Schaalvoordelen leiden bij grotere systemen echter juist tot lagere investeringen per kW_p voor de overige kostenposten. Ook is de constructie van PV-systemen op een veld goedkoper dan die op een dak. In Nederland is er weinig ervaring met grote veldsystemen. Daardoor is de beschikbare data zeer beperkt. Een studie ten behoeve van de vergoeding van zonnestroom in Duitsland[6] laat bijvoorbeeld zien dat bij grote veldsystemen (5 MW) de investeringskosten voor de onderconstructie per kW_p tot meer dan 50% lager liggen dan bij dakgebonden systemen. Het is door het ontbreken van Nederlandse praktijkdata onduidelijk bij welke systeemgrootte het te verwachten *break-evenpoint* ligt waarboven veldsystemen goedkoper zijn dan het referentiesysteem. ECN en DNV GL ontvangen in de marktconsultatie graag meer informatie over de kostenopbouw van veldsystemen.

ECN en DNV GL ontvangen in de marktconsultatie graag meer informatie over de kosten van veldsystemen.

Prijsontwikkeling

Voor een subsidietoekenning in de SDE+ 2016 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 2017.

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 veel gematigdere, licht dalende ontwikkeling van de prijzen. De Marktinventarisatie van Stichting Monitoring Zonnestroom[7] laat zien dat er een forse spreiding van moduleprijzen is. In dit conceptadvies wordt aangenomen dat voor SDE+-projecten een gunstige prijs wordt bedongen. 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 minimumprijs is per 1 april 2014 aangepast op basis van prijsontwikkelingen in de markt, van 0,56 €/W_p naar 0,53 €/W_p; dit mechanisme maakt mogelijk dat kostprijsdaling door technologische ontwikkeling door kan gaan. ZSW[6] laat zien dat de gemiddelde verkoopprijs van paneelproducenten uit China het afgelopen jaar iets boven de marginale kosten is komen te liggen. De prijzen van modules uit Europa en Japan komen sinds de heffing steeds dichter bij de Chinese prijzen te liggen. Wereldwijd maakt de plaatsing van PV-systemen nog altijd grote sprongen. Op grond van de historische groeicurve kan een leereffect van ongeveer 19% per verdubbeling van de wereldwijde productie van zonnepanelen worden verondersteld. Er bestaat nog altijd een overcapaciteit voor productie, al is deze

[6] ZSW (Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung) - Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichts 2014gemäß § 65 EEG - Vorhaben IIc Solare Strahlungsenergie, 2014.

[7] Stichting Monitoring Zonnestroom, Rapportnummer SMZ - 2014 -2 Datum: 30 juni 2014.

kleiner dan voorheen. 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 referentiegrootte ligt de prijs rond 0,15 €/W_p. Voor de omvormer wordt een leereffect van 10% per verdubbeling geconstateerd. De prijs van overige componenten wordt verondersteld te dalen door toename van de efficiëntie van zonnepanelen. 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 5% per jaar voor modules en 2,5% per jaar voor omvormers 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 100 kW_p in 2014 ongeveer 1130 €/kW_p bedroegen. Rekening houdend met gematigde verdere prijsdaling gaat dit conceptadvies uit van een prijsniveau in 2017 van ongeveer 1010 €/kW_p. In dit bedrag is rekening gehouden met een vermogensafname van 0,7% per jaar.

Over onderhouds- en beheerkosten (O&M) voor zonnesystemen is slechts weinig praktijk informatie beschikbaar. In de regel wordt een bedrag van 1 tot 2% van de investeringssom gehanteerd. Dit advies gaat voor O&M uit van een bedrag van 17 euro per kW_p, net als in het advies van vorig jaar. 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.

Zon-PV projecten blijken over het algemeen goed financierbaar te zijn. Er wordt daarom in de berekening gerekend met een verhouding vreemd versus eigen vermogen van 20:80. 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 13,7 €ct/kWh. De technisch-economische parameters zijn samengevat in Tabel 19.

Tabel 19: Technisch-economische parameters dakgebonden zon-PV

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	0,1	
Vollasturen	[h/a]	950	
Investeringskosten	[€/kW_e]	1010	€ 101 duizend
Vaste O&M-kosten	[€/kW_e/a]	17	€ 1.700 / jaar

In Tabel 20 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 20: Overzicht subsidieparameters Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kWp en aansluiting >3*80A

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,137
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,035
Basisprijspremie (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,002
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,044
Berekeningswijze correctiebedrag	APX (tussen 8 en 23 uur) x onbalansfactor	

4.2 Zonthermie, apertuuroppervlakte ≥ 100 m²

Voor zonthermie is voor dit conceptadvies evenals voorgaande jaren gerekend met systemen met een minimum apertuuroppervlakte van 100 m^2. De investeringskosten (met 700 €/$kW_{th, output}$) zijn in dit conceptadvies ongewijzigd gebleven, evenals de vollasturen (700 uren per jaar) en de financieringsparameters.

Er is een aanpassing gedaan op de O&M-kosten, wat resulteert in een verlaging van het basisbedrag t.o.v. SDE+ 2015.

Op basis van informatie uit de markt is een aanpassing gedaan op de O&M kosten voor zonthermische systemen. De totale jaarlijkse O&M-kosten worden ingeschat op circa 0,2% van de investeringskosten. Er zijn in dit advies geen variabele onderhoudskosten meer opgenomen, die zijn verrekend in de totale jaarlijkse O&M kosten. De aanpassing van de onderhoudskosten resulteert ineen verlaging van het basisbedrag ten opzichte van het eindadvies SDE+2015: het basisbedrag van 0,137 €/kWh is naar beneden bijgesteld tot 0,119 €/kWh in het conceptadvies voor SDE+ 2016.

Tabel 21: Technisch-economische parameters energie uit zonthermie

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Installatiegrootte	[MW]	0,1	
Vollasturen	[h/a]	700	
Investeringskosten	[€/$kWth_{_output}$]	700	€ 70 duizend
Vaste O&M-kosten	[€/$kWth_{_output}$/a]	1,4	€ 140 / jaar

In Tabel 22 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 22: Overzicht subsidieparameters zonthermie, apertuuroppervlakte ≥ 100 m^2

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,119
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,049
Contractkosten (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,0009
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,057
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 land één op één vervanging (5.2)
- Wind op verbindende waterkering (5.3)
- Wind in meer (5.4).

5.1 Wind op land

5.1.1 Algemene uitgangspunten van EZ

Het ministerie van Economische Zaken heeft voor de SDE+2016 de volgende algemene uitgangspunten meegegeven voor de categorieën met betrekking tot windenergie:

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

De winddifferentiatie is gebaseerd op de windkaart die het KNMI voor de SDE+ heeft gegenereerd in 2014[8]. Op basis van de windkaart van het KNMI is onderscheid gemaakt tussen vier windsnelheidscategorieën voor gemeenten zoals weergegeven in Tabel 23.

[8] Windkaart van Nederland op 100 meter hoogte, G.T. Geertsema en H.W. van den Brink, De Bilt, december 2014 | Technisch rapport; TR-351.

Tabel 23: 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

5.1.2 Uitgangspunten en rekenmethode

Voor de berekeningen van de SDE+2016 voor windenergie zijn verschillende uitgangspunten gehanteerd en aannames gedaan. De hieruit resulterende technisch-economische parameters staan in Tabel 24. De parameters worden in de onderstaande tekst nader toegelicht.

Tabel 24: Technisch-economische parameters voor windenergie op land

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Grootte van het referentiepark	[MW]	50,0	
Investeringskosten	[€/kW_e]	1350	€ 67,5 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_e/a]	12,4	
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0139	

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.

CAPEX: turbineprijzen en meerkosten
Om tot de basisbedragen voor de categorieën voor windenergie op land te komen worden verschillende windturbinetypes met bijbehorende investeringen gebruikt (inclusief kosten voor transport, opbouw en kraan). De turbineprijzen zijn voor dit conceptadvies nog niet aangepast aangezien er nog niet voldoende nieuwe informatie is verkregen.

Bovenop de turbineprijs komen meerkosten 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 op 33% van de turbinekosten.

OPEX: variabele en vaste operationele kosten
De variabele kosten bestaan uit garantie- en onderhoudscontracten en liggen op ongeveer 1,0 €ct/kWh. ECN en DNV GL zien een trend dat deze kosten steeds vaker op basis van een vaste prijs per turbine worden aangeboden in plaats van een variabele prijs per kWh. Deze prijzen liggen gemiddeld in een range van 25-30 €/kW. Zowel de variabele

als de vaste kosten voor garantie- en onderhoudscontracten zijn doorgerekend in het model.

Bovenop de genoemde variabele kosten komen de grondkosten. In de afgelopen jaren hebben ECN en DNV GL de RVB-waarde voor grondkosten als leidend in de markt beschouwd. Op aangeven van het ministerie van EZ is echter ook dit jaar met een verlaging van de grondkosten met 10% gerekend, waardoor de grondkosten waarmee gerekend is voor de SDE+ 2016 op 0,39 €ct/kWh komen te liggen.

De vaste jaarlijkse kosten betreffen kosten voor WA-verzekering, machinebreuk-verzekering, stilstandverzekering, netinstandhoudingskosten, eigenverbruik, OZB, beheer en land- en wegenonderhoud. ECN en DNV GL hebben in dit conceptadvies gerekend met lagere vaste jaarlijkse kosten, namelijk 12,4 €/kW. ECN en DNV GL zien dat met name de kosten voor verzekeringen inmiddels lager liggen, omdat verzekeringen tijdens de garantiecontracten met de fabrikant worden afgesloten. Verder wordt voor de totale onderhoudskosten, exclusief grondkosten, gerekend met een inflatie van 2% per jaar.

De vaste jaarlijkse kosten zijn verlaagd van 15,3 naar 12,4 €/kW (met name ten gevolge van lagere verzekeringskosten).

Overige kosten
Bijkomende kosten van windprojecten, zoals (niet bij wet geregelde) afdrachten aan decentrale overheden, kosten voor participatie van omwonenden en kosten ten gevolge van het voorbereidingstraject (inclusief financieringskosten en kosten ten gevolge van juridische procedures), worden door ECN en DNV GL niet meegewogen in de berekening van de productiekosten. Deze bijkomende kosten – evenals incidentele voordelen – zijn niet generiek van aard en mogen daarom conform de onderzoeks-opdracht 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 alle afzonderlijke turbines berekend met behulp van de specifieke vermogenskromme per windturbine bij de jaargemiddelde windsnelheden uit Tabel 23. 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 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*.

5.1.3 Overzicht basisbedragen

De resulterende basisbedragen staan in Tabel 25 en moeten gelezen worden in combinatie met Figuur 1, waarin de Nederlandse gemeenten gedifferentieerd zijn naar windsnelheidscategorieën. De kaart bepaalt voor een project tot welk basisbedrag maximaal mag worden ingediend in een bepaalde gemeente.

Bijvoorbeeld: een project in een gemeente met een rode kleur mag indienen voor windcategorie I (voor 0,073 €/kWh) tegen een onbeperkt aantal vollasturen. Een project in een blauwe gemeente mag indienen voor alle weergegeven basisbedragen in Tabel 25.

Tabel 25: Basisbedragen voor Wind op land

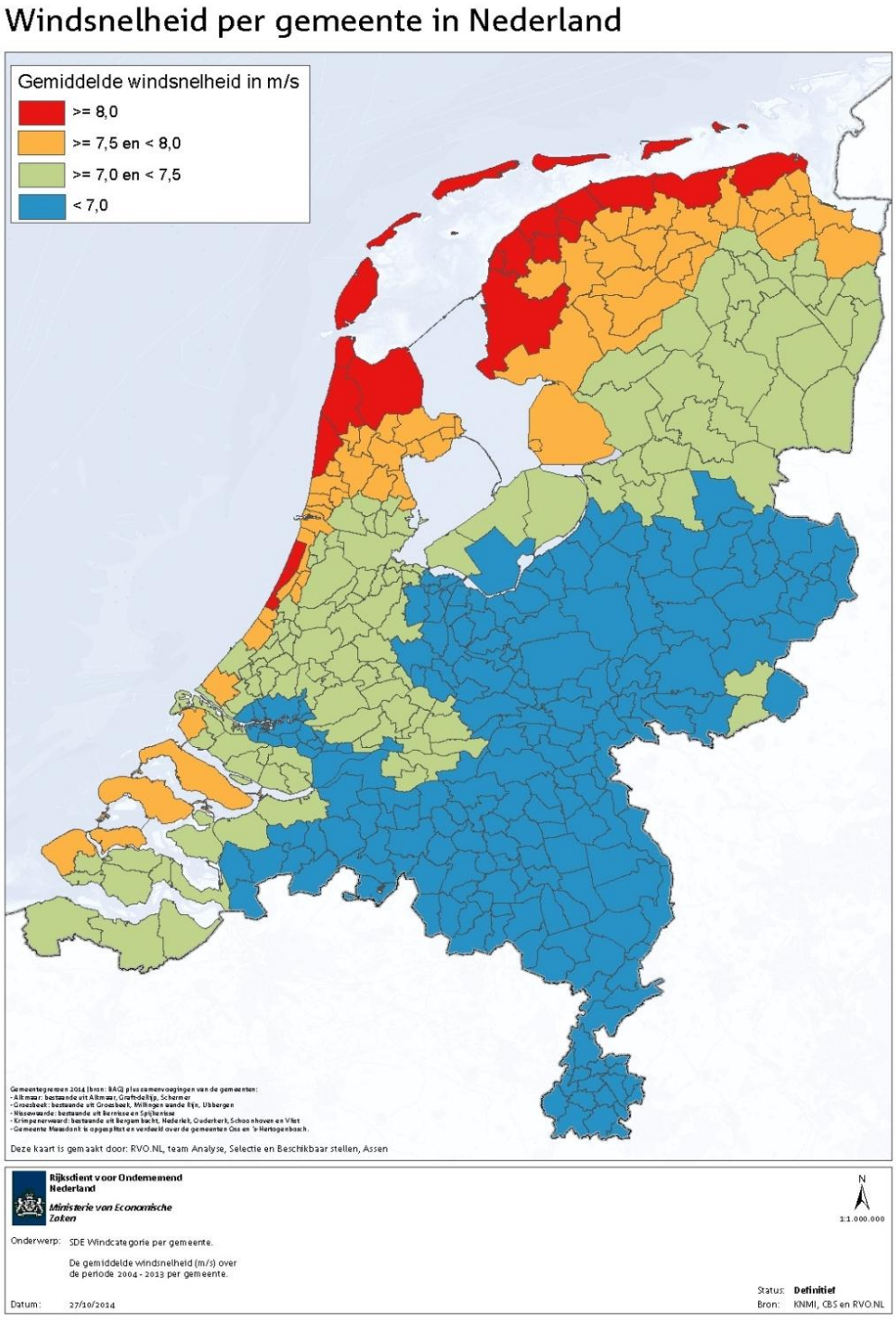
Categorie	Basisbedrag (€/kWh)	Kleur gemeenten die mogen indienen (zie Figuur 1)
Wind op land, ≥ 8,0 m/s	0,073	Rood, oranje, groen, blauw
Wind op land, ≥ 7,5 en < 8,0 m/s	0,079	Oranje, groen, blauw
Wind op land, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	0,084	Groen, blauw
Wind op land, < 7,0 m/s	0,096	Blauw

In Tabel 26 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven..

Tabel 26: Overzicht subsidieparameters Wind op land

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag SDE+2016	[€/kWh]	0,073-0,096
Basisprijs SDE+2015	[€/kWh]	0,029
Basisprijspremie (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,002
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,047
Berekeningswijze correctiebedrag	APX x onbalansfactor x profielfactor	

Figuur 1: Indeling van gemeenten naar windsnelheid



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

5.2 Wind op land één op één vervanging

Eind 2014 heeft het ministerie van EZ aan ECN en DNV GL gevraagd om voor de openstelling voor de SDE+2015 een basisbedrag te berekenen voor één-op- één-vervanging van windmolens. Aangezien dit advies destijds niet meer met de markt kon worden geconsulteerd hebben ECN en DNV GL in dit conceptadvies de keuze gemaakt om alleen, conform wind op land, de grondkosten en de verlaging van de vaste O&M-kosten te verwerken in het reeds eerder opgestelde advies. Graag leggen zij dit advies ter consultatie voor.

5.2.1 Uitgangspunten en rekenmethode

ECN en DNV GL hebben voor hun berekeningen aangenomen dat er is sprake van één op één vervanging indien de onderstaande voorwaarden van toepassing zijn:

- Er moet een oude turbine weggehaald worden om een nieuwe turbine te kunnen plaatsen;
- Deze nieuwe turbine is minder dan 1 MW groter dan de oude turbine (ofwel: substantiële opschaling, van meer dan 1 MW per turbine, mag indienen in de normale categorie wind op land);
- Er is sprake van een afgelopen MEP- (of SDE)-subsidie;
- De fundering wordt vervangen.

Tabel 27 toont de gehanteerde technisch-economische parameters voor de categorie één op één vervanging van windmolens.

Tabel 27: Technisch-economische parameters voor Wind op land één op één vervanging

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Grootte van het referentiepark	[MW]	5,0	
Investeringskosten (incl. aftrek opbrengsten oude turbine)	[€/kWe]	800	€ 4,0 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kWe/a]	12,4	
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0139	

Algemene uitgangspunten

Voor de berekeningen voor één op één vervanging wordt uitgegaan van een referentie-parkgrootte van 5 MW. Dit is een aanpassing van de referentiegrootte voor de categorie Wind op land van 50 MW. De reden van de aanpassing van deze referentieparkgrootte is dat vervanging meestal solitaire turbines of windparken met enkele kleine turbines betreft. Mede hierdoor zijn voor deze categorie ook de verliezen aangepast waarmee gerekend is, namelijk in totaal 8% (waarbij met name de zogverliezen significant kleiner zijn dan bij het referentiepark van de categorie Wind op land).

CAPEX: turbineprijzen en meerkosten

Voor de categorie één op één vervanging is gerekend met een andere database van representatieve windturbines dan voor de gewone categorie Wind op land. Reden voor deze aanpassing is dat bij de vervanging van windmolens veelal kleine turbines kleiner dan 1 MW vervangen worden. Deze turbines hebben lagere kosten.

Bovenop de turbineprijs komen bij nieuwe parken doorgaans extra kosten voor fundering (inclusief heipalen), elektrische infrastructuur in het park, netaansluiting, civiele infrastructuur, grondverwervingskosten, bouwrente en CAR-verzekering tijdens de bouw. Voor de categorie één op één vervanging zijn een aantal kostenposten niet meegenomen of aangepast.

- Civiele werken: aangenomen is dat gebruik gemaakt kan worden van de aanwezige civiele werken (excl. fundering). Aangezien de fundering altijd vervangen moet worden en dit ook een criterium is voor de aanvraag van SDE, zijn de kosten hiervoor volledig meegerekend.
- Elektrische infrastructuur en netaansluitingen: hiervoor zijn lagere kosten aangenomen, omdat in deze categorie turbines bijna altijd zijn aangesloten op het dichtbij gelegen 10 kV-net in plaats van het hoogspanningsnet. Verder zijn de kosten van het interne net zeer beperkt of in sommige gevallen zelfs niet aanwezig (solitaire turbines).
- Overige posten: deze posten blijken nagenoeg nihil te zijn.

Het percentage meerkosten is voor de categorie één op één vervanging hiermee gesteld op 11% van de turbinekosten.

Het percentage meerkosten is op 11% van de turbinekosten gesteld.

Daarnaast geldt voor deze categorie dat de verkoop van de oude turbine financiële voordelen oplevert. Dit is ingeschat op 20% van de kale (nieuwe) turbineprijs. Hierbij is inbegrepen dat er ook kosten gemaakt moeten worden om de oude turbine inclusief fundering te verwijderen.

Op het gebied van de financiële parameters zijn er voor de categorie één op één vervanging twee aanpassingen gedaan:

- De rente is aangepast naar 4,5% aangezien er voor deze kleinere projecten gebruik gemaakt kan worden van groenfinanciering.
- Het rendement op eigen vermogen is aangepast naar 10%. Dit is opgebouwd uit de basisrente plus de risico-opslag voor geleend geld (tezamen 5,5%), plus de jaarlijkse winst die behaald kan worden als de oude turbine door blijft draaien (berekend op ca. 2 ct/kWh). Daarmee kan een ontwikkelaar niet méér winst behalen dan als hij de oude turbine nog langer zou laten draaien.

Voor een toelichting op de overige parameters (en rekenmethode) wordt verwezen naar paragraaf 5.1.1 over windenergie op land. De basisbedragen voor één op één vervanging staan in Tabel 28.

Tabel 28: Basisbedragen voor Wind op land één op één vervanging

Categorie	Basisbedrag [€/kWh]	Kleur gemeenten die mogen indienen (zie Figuur 1)
Wind op land één op één vervanging, ≥8,0 m/s	0,052	Rood, oranje, groen, blauw
Wind op land één op één vervanging, ≥ 7,5 en < 8,0 m/s	0,057	Oranje, groen, blauw
Wind op land één op één vervanging, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	0,063	Groen, blauw
Wind op land één op één vervanging, < 7,0 m/s	0,072	Blauw

5.3 Wind op verbindende waterkering

5.3.1 Uitgangspunten en rekenmethode

Voor de categorie Wind op dijk zijn ECN en DNV GL uitgegaan van windturbines die op *verbindende primaire waterkeringen* geplaatst worden. Kenmerk van een verbindende primaire waterkering is dat deze een zee- of rivierarm af (kan) sluiten van de directe invloed van het buitenwater, zoals water uit de Noordzee, Waddenzee of de grote rivieren.

Tabel 29 toont de technisch-economische parameters voor Wind op verbindende waterkering. Deze parameters zijn gelijk aan die van de categorie wind op land, behalve voor de investeringskosten. Een toelichting hierop staat in onderstaande tekst. Voor een toelichting op de overige parameters (en rekenmethode) wordt verwezen naar paragraaf 5.1.2 over windenergie op land.

Tabel 29: Technisch-economische parameters voor Wind op verbindende waterkering

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Grootte van het referentiepark	[MW]	50,0	
Investeringskosten	[€/kW_e]	1530	€ 76,5 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_e/a]	12,4	
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0139	

Hogere CAPEX voor Wind op verbindende waterkering
Het plaatsen van een windturbine op een 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 verbindende waterkeringen bevinden zich vaak op grotere afstand. Bovendien moeten vaak extra boringen onder het water gedaan worden.

Met inachtneming van bovenstaande meerkosten is voor wind op verbindende waterkering het percentage meerkosten op 50% gesteld. Hiermee zijn de totale meerkosten voor deze categorie 50% hoger dan voor wind op land (waarbij de meerkosten op 33% zijn gesteld).

Het percentage meerkosten is gesteld op 50% van de turbineprijs .

5.3.2 Overzicht basisbedragen

De resulterende basisbedragen voor Wind op verbindende waterkering staan in Tabel 30 en moeten gelezen worden in combinatie met Figuur 1, waarin de Nederlandse gemeenten gedifferentieerd zijn naar windsnelheidcategorieën. 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 windcategorie I (voor 0,079 €/kWh) tegen een onbeperkt aantal vollasturen. Een project in een blauwe gemeente mag indienen voor alle weergegeven basisbedragen in Tabel 30.

Tabel 30: Basisbedragen Wind op verbindende waterkering

Categorie	Basisbedrag [€/kWh]	Kleur gemeenten die mogen indienen (zie Figuur 1)
Wind op verbindende waterkering, ≥8,0 m/s	0,079	Rood, oranje, groen, blauw
Wind op verbindende waterkering, ≥ 7,5 en < 8,0 m/s	0,086	Oranje, groen, blauw
Wind op verbindende waterkering, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	0,092	Groen, blauw
Wind op verbindende waterkering, < 7,0 m/s	0,105	Blauw

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

Tabel 31: Overzicht subsidieparameters Wind op verbindende waterkering

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,079-0,105
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,029
Basisprijspremie (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,002
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	*N.v.t., (conform wind op land)*
Berekeningswijze correctiebedrag	APX x onbalansfactor x profielfactor	

5.4 Wind in meer

5.4.1 Uitgangspunten en rekenmethode

Tabel 32 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 staat in onderstaande tekst. Voor een toelichting op de vaste O&M-kosten wordt verwezen naar paragraaf 5.1.2 over windenergie op land.

Tabel 32: Technisch-economische parameters Wind in meer

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Grootte van het referentiepark	[MW]	150,0	
Investeringskosten	[€/kW_e]	2600	€ 390,0 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_e/a]	12,4	
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0209	

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 13% voor de categorie Wind op land. De investeringskosten voor wind in meer zijn op 2600 €/kW gesteld op basis van informatie die uit de markt is ontvangen. Evenals voorgaande jaren is voor deze categorie gerekend met variabele O&M-kosten van 1,7 €ct/kWh. Hier bovenop komen de grondkosten, conform beschreven in 5.1.2.

5.4.2 Overzicht basisbedragen

Het resulterende basisbedrag voor Wind in meer staat in Tabel 33. Evenals voor de andere windenergiecategorieën is ook voor wind in meer het afschaffen van de vollasturencap van toepassing. Voor wind in meer is géén winddifferentiatie van toepassing. Verwacht wordt dat wind-in-meer-projecten per definitie in de windrijkere delen van Nederland ontwikkeld worden.

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

Tabel 33: Overzicht subsidieparameters Wind in meer

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,113
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,029
Basisprijspremie (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,002
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,047
Berekeningswijze correctiebedrag	APX x onbalansfactor x profielfactor	

6

Bevindingen geothermie

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

- Geothermie warmte ≥ 500 meter (6.1)
- Geothermie warmte ≥ 3500 meter (6.2)
- Geothermie, gecombineerde opwekking diepte ≥500 meter (6.3).

Daarnaast wordt in paragraaf 6.4 op verzoek van het ministerie van EZ ingegaan op het gebruik van lege olie- en gasputten voor de productie van geothermische warmte.

6.1 Geothermie warmte ≥ 500 meter

In deze paragraaf wordt het advies voor de categorie voor geothermie ten behoeve van lagetemperatuurwarmte nader toegelicht. De glastuinbouwsector en de stadsverwarmingssector (of afstandsverwarming) zijn voorzien als de voornaamste gebruikers in de nabije toekomst. Dit lijkt representatief voor het toepassingsgebied van een groot aantal geothermische warmteprojecten.

De volgende kenmerken zijn hierbij van belang:

- Boordiepte (productieput: 500 m - 3500 m) met verschillende buisdiameters;
- Referentie 5500 vollasturen;
- Referentiecase is gebaseerd op een gemiddelde van diverse geothermische referentiecases en scenario's;
- De kosten van een constructieperiode (bouwrente) van twee jaar zijn verdisconteerd in de investeringskosten.

De bouwrente is verdisconteerd in de investeringskosten.

De parameters voor de referentiecases voor geothermie ten behoeve van lage-temperatuurwarmte zijn weergegeven in Tabel 34. Op basis van nieuwe informatie zijn ten opzichte van vorig jaar aanpassingen gedaan in de investeringskosten en de O&M-kosten van deze categorie. Door een verlaging van de investeringskosten, maar een

verhoging van de O&M-kosten (zowel vast als variabel) blijft het basisbedrag echter ongewijzigd.

Tabel 34: Technisch-economische parameters voor Geothermie warmte ≥ 500 meter

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Thermisch outputvermogen	[MW]	12,0	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	5500	
Investeringskosten	[€/kWth$_{output]}$	1376	€ 16,5 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kWth$_{output/a]}$	57	€ 684.000 / jaar
Variabele O&M-kosten	[€/GJ$_{output}$]	2,2	

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

Tabel 35: Overzicht subsidieparameters Geothermie warmte ≥ 500 meter

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,052
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,016
Contractkosten (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,0009
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,021
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF x 70%	

6.2 Geothermie warmte ≥ 3500 meter

In deze paragraaf wordt het advies voor de categorie van geothermische warmte van hoge temperatuur nader toegelicht. Deze categorie richt zich op hogere temperatuur-toepassingen voor met name industriële processen. Deze categorie wordt gekenmerkt door de grotere boordiepte van de productieput.

De volgende kenmerken zijn hierbij van belang:

- Boordiepte (productieput; ≥ 3500 m) met verschillende diameters;
- Referentie: 7000 vollasturen;
- Referentiecase is gebaseerd op een bron met een vermogen van 15 MW$_{th}$;
- De kosten van een constructieperiode (bouwrente) van twee jaar zijn verdisconteerd in de investeringskosten.

Evenals bij de categorie ≥ 500m is ook voor de categorie ≥3500m het basisbedrag ongewijzigd t.o.v. SDE+ 2015.

Tabel 36 geeft de technisch-economische parameters weer voor de referentiecase van deze categorie, met een referentie-boordiepte van 3700 meter. De investeringskosten zijn 2300 €/kW$_{th}$, uitgaande van een doublet met een vermogen van 15 MW$_{th}$. Het aantal vollasturen is op 7000 uur/jaar gesteld, wat haalbaar moet zijn voor industriële toepassingen. Evenals bij de categorie Geothermie warmte ≥ 500 meter zijn ook voor de categorie ≥ 3500 m aanpassingen gedaan ten opzichte van vorig jaar. Er is gerekend met lagere investeringskosten en hogere O&M-kosten. Ook voor deze categorie heffen deze effecten elkaar op en blijft het basisbedrag gelijk aan vorig jaar.

Tabel 36: Technisch-economische parameters Geothermie hogetemperatuurwarmte

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Thermisch outputvermogen	[MW]	15,0	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Investeringskosten	[€/kWth$_{_output}$]	2030	€ 30,5 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kWth$_{_output}$/a]	71	€ 1.065.000 / jaar
Variabele O&M-kosten	[€/GJ$_{output}$]	1,6	

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

Tabel 37: Overzicht subsidieparameters Geothermie warmte ≥ 3500 meter

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,055
Basisprijs	[€/kWh]	0,016
Contractkosten (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,0009
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,021
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF x 70%	

6.3 Geothermie, gecombineerde opwekking diepte ≥500 meter

De categorie Geothermische warmtekracht is in de SDE+ 2015 van toepassing op geothermische projecten die naast warmte ook een significant aandeel elektriciteit produceren. In de onderzoeksopdracht wordt ECN, DNV GL en TNO gevraagd om te adviseren over de openstelling van deze categorie in de SDE+ 2016.

ECN, DNV GL en TNO overwegen om te adviseren de categorie Geothermie, gecombineerde opwekking niet open te stellen in de SDE+-regeling 2016. Bij het vervallen van de categorie Geothermie, gecombineerde opwekking diepte ≥500 meter blijft de categorie Geothermische warmte, diepte ≥3500 m bestaan. Gecombineerde-opwekkingsprojecten kunnen in 2016 SDE+-aanvragen in deze categorie. De opgewekte warmte wordt dan niet gebruikt voor warmtetoepassingen, maar voor omzetting naar elektriciteit. Het basisbedrag van de categorie Geothermische warmte, diepte ≥3500 m is naar inzicht van ECN, DNV GL en TNO echter ontoereikend voor de productie van elektriciteit uit geothermische warmte, vergelijk hierbij het basisbedrag van 0,055 €/kWh voor geothermische warmte versus 0,098 €/kWh voor warmtekracht in de SDE+ 2015.

ECN, DNV GL en TNO overwegen te adviseren om deze categorie voor gecombineerde opwekking niet open te stellen in de SDE+2016 en bespreken voorziene effecten hiervan graag in de marktconsultatie.

Bij het eventueel laten vervallen van de categorie voor Geothermie, gecombineerde opwekking diepte ≥500 meter zullen geothermische WKK-projecten dus wel SDE+ kunnen aanvragen, maar de SDE+-vergoeding zal waarschijnlijk dan niet de volledige onrendabele top afdekken. Op dit moment zijn er echter geen projecten bekend die zich richten op elektriciteitsproductie uit geothermische warmte in Nederland en in

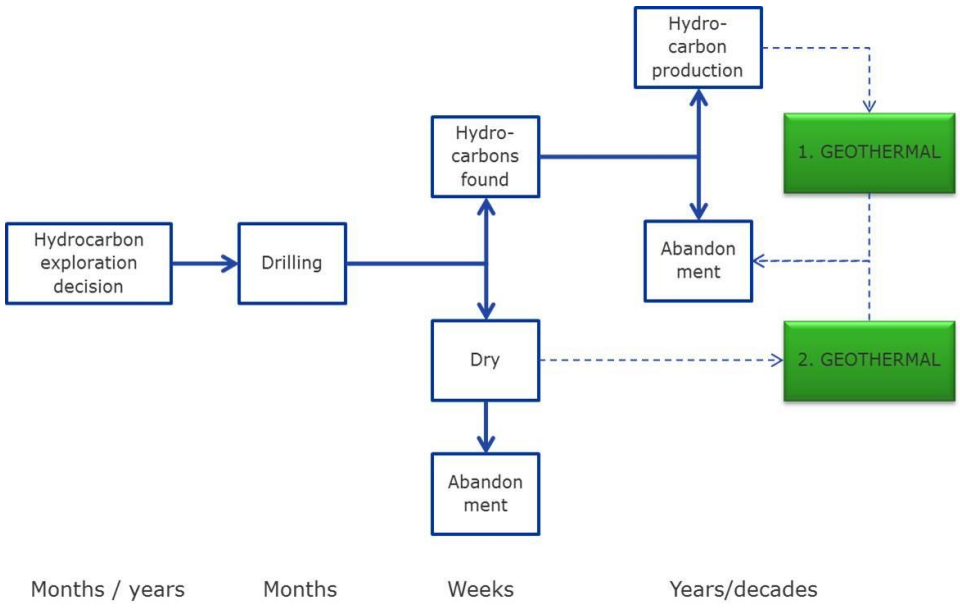
2016 SDE+-subsidie willen aanvragen. In de markt zijn echter wel diverse partijen bezig met concrete plannen in deze richting.

ECN, DNV GL en TNO wensen de te voorziene effecten van deze maatregel te bespreken tijdens de komende marktconsultatieronde.

6.4 Geothermische warmte uit olie- en gasputten

Het ministerie voor Economische Zaken heeft gevraagd of olie- en gasputten voor geothermische warmte ingezet kunnen worden en wat het benodigde basisbedrag is om het merendeel van deze projecten financieel rendabel te maken.

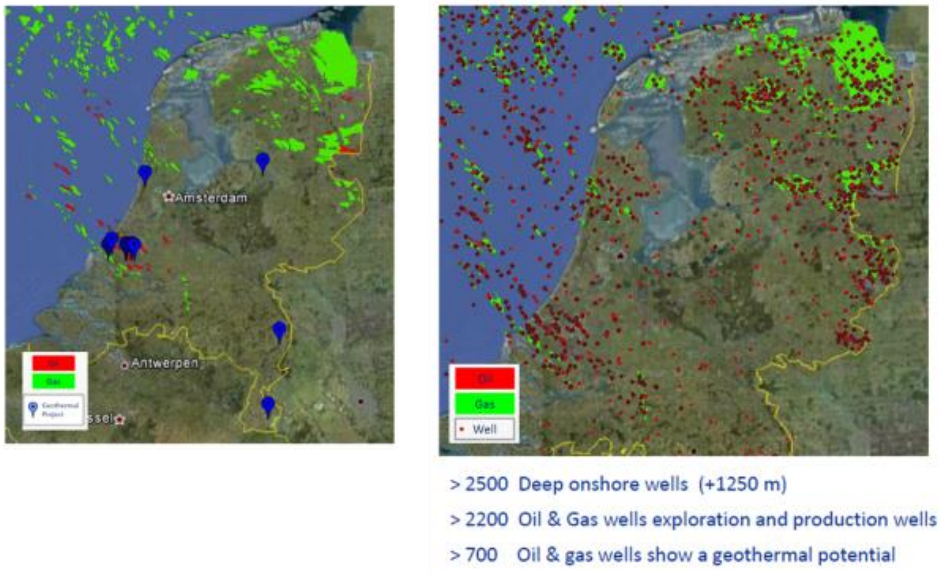
Figuur 2: Verlaten olie- en gaswinningsputten voor geothermische warmte



Gebaseerd op diverse bronnen van Veeger (2013, 2015) kan worden gesteld dat geothermische warmte gewonnen kan worden uit '*1. putten die uit productie genomen worden'* en '*2. Droge exploratie putten (hierin is geen olie / gas aangetroffen)'* (Figuur 2).

Putten die in het verleden al zijn verlaten lijken minder geschikt voor economisch verantwoorde geothermische warmtewinning. Deze zijn op diverse dieptes voorzien van twee tot drie cementpluggen van een paar honderd meter, op basis van het voorschrift Mijnbouwregeling 8.5.2. Tot het begin van de jaren 90 is tevens afval (kabels, leidingen en gereedschappen) in putten gestort, wat heropening verder bemoeilijkt.

Figuur 3: links: olie- en gasvelden en geothermieprojecten in Nederland; rechts: bestaande olie- en gasputten in Nederland.



Bron: Hydreco, 2013.

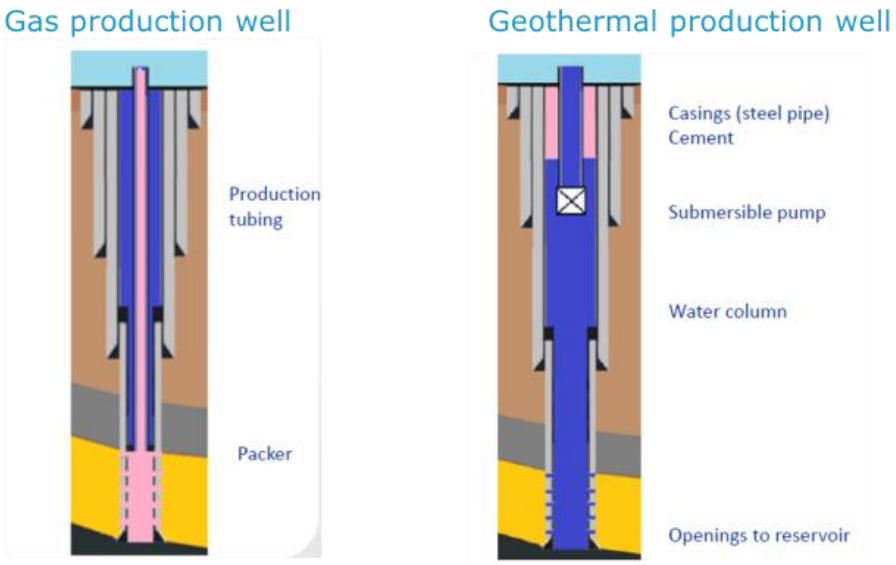
Het succes van het hergebruik van verlaten olie- en gasputten als geothermische put is afhankelijk van diverse zaken. Onderstaand worden een aantal belangrijke toegelicht:

- *Warmtevraag is locatiespecifiek:* verlaten putten zijn locatiegebonden, waardoor de haalbaarheid voor geothermische warmtewinning afhangt van de benodigde transportafstand tot aan het toepassingsgebied voor de geothermische warmte.
- *Beschikbaarheid:* er zijn meer dan 700 open (niet afgesloten) olie- en gasputten met een geothermisch potentieel, zie ook Figuur 3.
- *Verantwoordelijkheid voor verlaten putten:* exploratiebedrijven voor olie en gas blijven in zekere mate verantwoordelijk voor verlaten olie- en gasputten, ook als deze worden overgedragen aan een geothermieontwikkelaar. Hierbij kan het onzeker zijn op welke manier deze geothermieontwikkelaar de put zal behandelen (eventueel afhankelijk van toekomstige problemen) en of deze partij in de toekomst ook zal blijven voortbestaan. Hierdoor kunnen olie- en gasbedrijven terughoudend zijn in het overdragen van verlaten putten.
- *Reservoircondities*: geologische reservoircondities zijn bepalend voor de technologiekeuze en te treffen maatregelen. Productie van olie en gas kan leiden tot een drukval in het ondergrondse reservoir. Hergebruik van een verlaten olie- of gasput met verlaagde reservoirdruk leidt tot een lagere COP van de geothermische installatie (deze vereist namelijk een verhoogde pompdruk voor de productieput). Het is dus gunstig wanneer de geologische condities van de ondergrond zodanig zijn dat de drukval in het reservoir hersteld kan worden. Dit is mogelijk wanneer er (natuurlijke) ondergrondse processen plaatsvinden, zoals *solution gas drive*, *gas cap drive* of een *water of aquifer drive*.
- *Watergeleidende laag:* het kan zijn dat de benodigde ondergrondse watergeleidende laag zich op afwijkende diepte(s) bevind van de olie- of gasvelden waarvoor de olie- of gasput is aangelegd. Hiervoor dient de verlaten olie- of gasput alsnog dieper geboord te worden, of bijvoorbeeld op een bepaalde diepte te

worden geplugd en dient een opening gemaakt te worden op de gewenste diepte van het geothermisch reservoir.

- *Bijvangst:* bijvangst van olie en gas kan worden verwacht tijdens het inzetten van verlaten olie- en gasputten voor productie van geothermische warmte. Afhankelijk van de hoeveelheid en kwaliteit kan dit in resulteren in opbrengsten of extra kosten voor de geothermie-exploitant.
- *Technische aanpassingen aan de verlaten olie- of gasput:* geothermische warmte kan op diverse manieren worden gewonnen uit bestaande olie- en gasputten, waarbij de keuze onder andere samenhangt met lokale geologische condities, condities van de verlaten olie- of gasput (aanwezigheid van cementplugs, afsluiter van de bron, afval of andere verstoppingen, corrosie en erosie of andere bronslijtage).

Figuur 4: Het verschil tussen een productieput voor gas en voor geothermische warmte



Hieronder wordt een aantal voorbeelden genoemd, maar de lijst is mogelijk niet compleet:

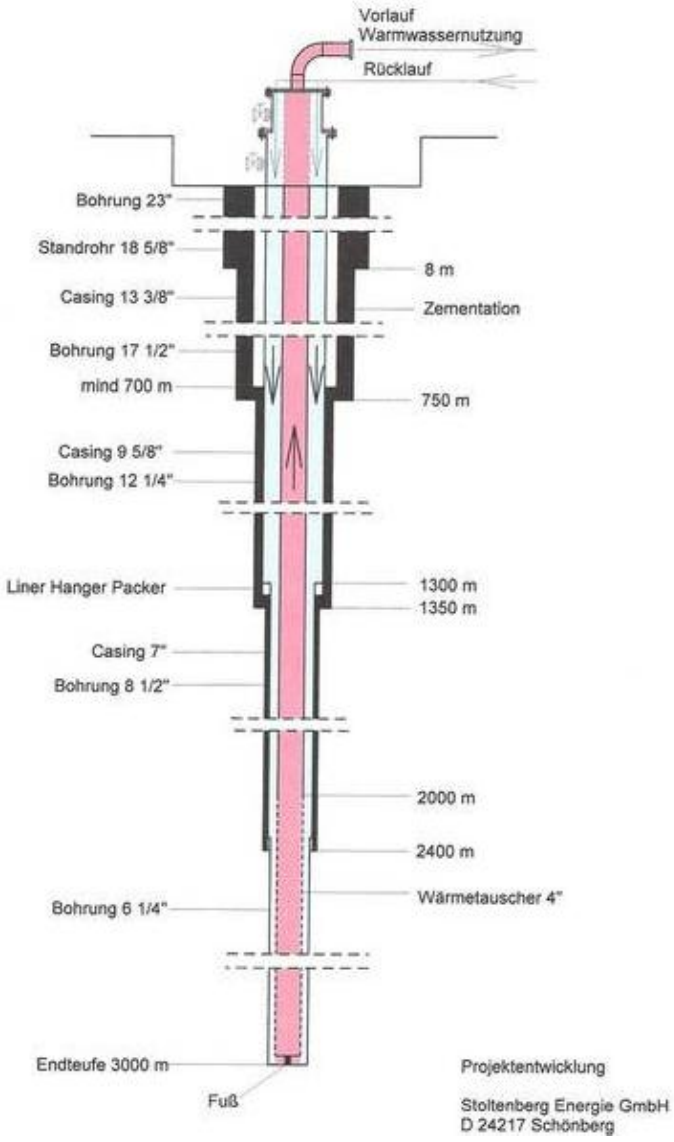
1) *Verlaten gasput dient als injectieput in een geothermisch doublet;* Verlaten olie- of gasputten worden ingezet als *injectieput*, waarbij de 'production tubing' en 'packer' verwijderd dienen te worden uit de verlaten put. Hierna dient een opening gemaakt te worden naar het geothermisch reservoir (zie ook Figuur 4).
2) *Twee verlaten gasputten dienen als geothermisch doublet*; situaties waarbij een geothermisch doublet samengesteld kan worden uit twee verlaten putten lijken zeldzaam, maar hebben een potentieel voor kostenreductie.
3) *DBHE (Deep borehole heat exchangers);* Eén verlaten olie- of gasput kan worden voorzien van een inwendige geïsoleerde buis. Koud water wordt geïnjecteerd en door de inwendige buis wordt het opgewarmde water weer omhoog gepompt. Deze technologie maakt geen gebruik van een geothermisch reservoir, het geïnjecteerde water wordt opgewarmd door convectie. Het bronvermogen ligt hierdoor lager dan bij een geothermische doublet bereikt kan worden. In het Duitse Groß Schönebeck en in Oostenrijk is hiermee reeds ervaring opgedaan (Straka et al., 2010).

4) *Extractie van geothermische warmte uit olieputten (enhanced oil recovery);* Indien in een olieveld een waterdruk wordt aangebracht ten behoeve van het winnen van aardolie, zal na enige tijd (bijvoorbeeld 20 jaar) de hoeveelheid water aan de productiezijde toenemen. Hierbij kan geothermische warmte gewonnen worden.

Voor dit conceptadvies is nog geen basisbedrag voor deze categorie berekend. ECN, DNV GL en TNO wensen in gesprek te gaan met de markt over het openen van een SDE+-categorie voor geothermie in olie- en gasputten. Bij het openen van een nieuwe categorie dient eerst nader kostenonderzoek uitgevoerd te worden om het nieuwe basisbedrag te bepalen voor deze categorie. Tijdens dit onderzoek zal beoordeeld worden wat de invloed is van bovengenoemde (en mogelijk nog andere) parameters op het basisbedrag. Olie- en gasputten worden op dit moment nog niet ingezet voor geothermische warmteprojecten, maar kunnen in potentie bijdragen aan de opwekking van duurzame warmte met behulp van geothermie.

Voor dit conceptadvies is nog geen basisbedrag berekend. ECN, DNV GL en TNO gaan graag met de markt in gesprek over de kosten van deze mogelijke categorie.

Figuur 5: Deep borehole heat exchanger, waarbij geothermische warmte wordt gewonnen in één put die zowel als injectie- als productieput fungeert



Bron: Heinz-Gerd Holl et al., 2003.

7

Bevindingen waterzuivering

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

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

7.1 RWZI, centrale thermofiele vergisting van secundair slib

Met deze categorie wordt een basisbedrag berekend voor thermofiele vergistings-installaties waarin secundair slib, afkomstig van meerdere RWZI's, wordt verwerkt en het geproduceerde biogas door middel van een WKK-installatie wordt omgezet in warmte en elektriciteit. Het geadviseerde basisbedrag is ten opzichte van het advies voor 2015 onveranderd gebleven. De case is berekend op basis van een slibverwer-kingsprijs van 64 €/ton. 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. Daarnaast zijn de kosten voor de gasmotor-WKK ook in de case meegenomen.

Tabel 38: Technisch-economische parameters voor RWZI, centrale thermofiele vergisting van secundair slib

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW_{th_input}]	1,90	
Elektrisch vermogen	[MW_e]	0,70	
Thermisch outputvermogen	[MW_{th_output}]	0,92	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	37%	
Investeringskosten	[€/kW_{elek}]	15000	€ 10,5 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_{elek}]	-1140	-€ 798.000 / jaar

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

Tabel 39: Overzicht subsidieparameters RWZI, centrale thermofiele vergisting van secundair slib

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,061
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,028
Basisprijspremie (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,002
Warmtekrachtverhouding	E:W	0,66
Samengesteld aantal vollasturen	uur/jaar	5729
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	N.v.t.
Berekeningswijze correctiebedrag	(APX + TTF x 70% * WK) / (1 + WK)	

7.2 AWZI/RWZI - thermische drukhydrolyse

Deze categorie is ten opzichte van 2014 en 2015 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 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 waterzuiverings-installatie gedekt. Een nieuwe ontwikkeling bij waterzuiveringsinstallaties is het uitbreiden van deze vergistingsinstallaties met ontwatering en hydrolyse op basis van thermische druk. Hierdoor wordt een hogere gasopbrengst per ton slib bereikt. Door de voorgeschakelde ontwatering neemt ook de slibverwerkingscapaciteit van de bestaande installatie toe, waardoor per saldo een hogere gasopbrengst van de bestaande installatie wordt gerealiseerd. Een bijkomend voordeel is dat het slibdigestaat, dat ontstaat bij het vergisten van slib dat is voorbehandeld met een thermische drukhydrolyse, nog verder ontwaterd kan worden, wat leidt tot lagere transportkosten.

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

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

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

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

Tabel 40: Technisch-economische parameters voor AWZI/RWZI – thermische drukhydrolyse

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Doorzet slib	[ton droge stof/jaar]	16000	
Vollasturen	[uur/jaar]	8000	
Gasopbrengst	[Nm^3/ton]	170	
Gasopbrengst	[Nm^3/uur]	340	
Calorische waarde biogas	[MJ/Nm^3]	25	
WKK-vermogen (netto)	[kW_e]	723	
Voordeel eindverwerking	[€/ton drogestofinput]	40	
Totale investering	[€/kW_e]	6100	€ 4,4 miljoen
Totale variabele kosten	[€/kW_e]	800	€ 578.000 / jaar

In Tabel 41 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 41: Overzicht subsidieparameters AWZI/RWZI - thermische drukhydrolyse

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,095
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,036
Basisprijspremie (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,002
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,041
Berekeningswijze correctiebedrag	$APX_{basislast}$	

7.3 AWZI/RWZI – Hernieuwbaar gas

De categorie Hernieuwbaar gas uit RWZI-vergisting ondergaat een wijziging ten opzichte van vorig jaar. Er zijn nieuwere gegevens gebruikt voor berekening van het basisbedrag (STOWA, 2011). Het basisbedrag is berekend voor een relatief grote vergistingseenheid. 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 WKK-bedrijf maar beperkt zinvol. Als het zinvol is, dan is dat vermoedelijk het geval bij grotere vergistingsinstallaties. 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. Het nieuwe basisbedrag valt marginaal lager uit dan het geadviseerde basisbedrag van het voorgaande jaar.

Tabel 42: Technisch-economische parameters voor AWZI/RWZI - Hernieuwbaar gas

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[$Nm^3/h_{groen\ gas}$]	164,2	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[%]	25%	
Interne elektriciteitsvraag	[$kWh/Nm^3_{ruw\ biogas\ (netto)}$]	0,15	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten	[€/Nm^3/uur ruw biogas (bruto)]	4896	€ 1,5 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/Nm^3/uur ruw biogas (bruto)]	504	€ 158.000 / jaar
Energie-inhoud substraat	[GJ/ton]	22,0	
Rendement gaszuivering	[%]	99,9%	

In Tabel 43 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 43: Overzicht subsidieparameters AWZI/RWZI - Hernieuwbaar gas

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,033
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,020
Contractkosten (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,007
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,027
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF	

8

Bevindingen verbranding en vergassing van biomassa

Dit hoofdstuk beschrijft de bevindingen over de volgende 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:

- Biomassavergassing (≥95% biogeen) (8.2)
- Nieuwe capaciteit voor meestook (8.3)
- Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5-5 MWth (8.4)
- Ketel op vaste of vloeibare biomassa, ≥5 MW_{th} (8.5)
- Ketel op vloeibare biomassa (8.6)
- Warmte, houtpellets (8.7)
- Gecombineerde opwekking, houtpellets (8.8)
- Thermische conversie van biomassa, 10-100 MWe (8.9)
- Thermische conversie van biomassa, ≤ 10 MW_e (8.10).

8.1 Gehanteerde prijzen voor biomassaverbranding en -vergassing

Biomassa als brandstof is er in verschillende kwaliteiten. In dit rapport is er 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 44 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 44: Gehanteerde biomassaprijzen voor installaties die SDE+ in 2016 aanvragen (excl. brandstofprijsopslag)

Biomassa voor verbranding en vergassing	Energie-inhoud	Prijs	Referentieprijs
	[GJ/ton]	[€/ton]	[€/GJ]
Vaste biomassa			
Snoei- en dunningshout	9	48	5,3
B-hout	13	28	2,2
Houtpellets	17	145	9,4
Vloeibare biomassa			
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 ongewijzigd ten opzichte van het advies voor de SDE+ 2015. Snoei- en dunningshout is de referentiebrandstof. De biomassa bestaat uit vershout (chips) afkomstig uit bossen, landschappen en plantsoenen. De energie-inhoud van vers hout ligt in de orde van 7 GJ/ton. Installaties zullen veel hout echter uit voorraad geleverd krijgen. Vanwege natuurlijke drogingsprocessen van de houtvoorraad wordt gerekend met een jaargemiddelde energie-inhoud van 9 GJ/ton. Als referentieprijs is 48 €/ton aangenomen of 5,3 €/GJ. Niet overal in Nederland zal snoei- en dunningshout voor deze prijs verkregen kunnen worden, wat vooral komt door interacties aan de grens met Duitsland en België. De prijs in Duitsland is momenteel relatief vlak. Daarom blijft de prijs van 48 €/ton en een risico-opslag van 1 €/ton gehandhaafd.

- Brandstofprijs snoei- en dunningshout: 48 €/ton
- Energie-inhoud: 9 GJ/ton
- Brandstofprijsopslag: 1 €/ton.

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. 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. Daarbij is er voldoende ervaring bij de huidige exploitanten om de brandstof langjarig vast te zetten, zodat brandstofprijsrisico-opslag, zoals die voor sommige categorieën met nieuwbouwprojecten in de SDE+-regeling is berekend, niet in deze categorie hoeft te worden toegepast.

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

8.1.3 Houtpellets

Voor de meestookactiviteiten en -categorieën wordt voor de biomassabrandstof uitgegaan van schone, witte houtpellets met een stookwaarde van 17,0 MJ/kg conform de handelsdefinitie. Voor de kosten van de biomassabrandstof wordt uitgegaan van 160 €/ton (afgeleverd aan de centrale). Deze prijs is gebaseerd op input verkregen vanuit de markt en openbare bronnen zoals de Argus-index. De prijs is opgebouwd uit: 135 €/ton huidige prijs (CIF ARA), 15 €/ton risico-opslag voor langetermijncontractering en 10 €/ton voor de logistieke kosten voor het vervoer van haven naar centrale. 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.

De keuze voor de biomassabrandstof en het bijbehorende prijsniveau kan nog worden beïnvloed door de lopende discussie over de duurzaamheidscriteria. Het is echter nog onduidelijk hoe eventuele kosten voor de bijbehorende certificering zich verhouden tot andere onzekerheden in de aannames rond inzet van biomassa voor meestook.

- Brandstofprijs Houtpellets (incl. overslag en logistiek): 145 €/ton
- Energie-inhoud: 17 GJ/ton
- Brandstofprijsopslag: 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 minder sterk door te zetten. Daarom wordt voor 2016 net zoals vorig jaar de verwachte gemiddelde prijs van 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 brandstofprijsopslag.

8.2 Biomassavergassing (≥95% biogeen)

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

De referentie-installatie heeft een grootte van ca. 20 MW_{th} oftewel een productievermogen van circa 1580 Nm^3 groengas/uur. Het energetisch rendement van vergassing is verlaagd naar 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 45 voor de technisch-economische parameters.

Tabel 45: Technisch-economische parameters vergassing van biomassa (≥95% biogeen)

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[Nm^3/h]	1580	
Vollasturen	[h/a]	7500	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm^3]	0,45	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten	[€ per Nm^3/h]	43200	€ 68,3 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/a per Nm^3/h]	2160	€ 3,4 mln / jaar
Energie-inhoud substraat	[GJ/ton]	9	
Grondstofkosten	[€/ton]	48	
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	1	
Rendement gaszuivering	[%]	99,9%	

In Tabel 46 is het basisbedrag weergegeven. Daarnaast staan in deze tabel ook de basisprijs, de contractkosten, het correctiebedrag.

Tabel 46: Overzicht subsidieparameters Biomassavergassing (≥95% biogeen)

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,151
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,020
Contractkosten (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,0008
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,027
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF	

8.3 Nieuwe capaciteit voor meestook

8.3.1 Introductie en 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 *mee*stook van biomassa genoemd.
- Door inzet van biomassa na een thermische voorbehandeling, bijvoorbeeld vergassing. De biomassa wordt dan via een tussenproduct ingezet. Dit wordt *bij*stook van biomassa genoemd.

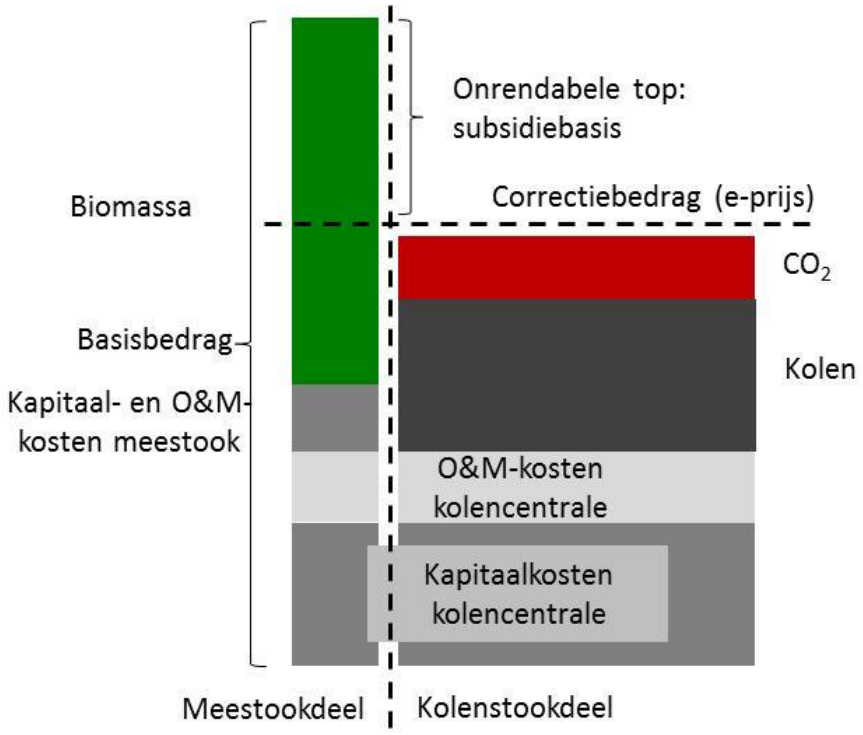
Op basis van de uitgangspunten van EZ wordt in 2016 één categorie voorzien: nieuwe capaciteit voor meestook van biomassa, met als referentie een kolencentrale gebouwd in de jaren ’10. Er is geen bestaande capaciteit waarvan verwacht wordt dat deze in 2016 een SDE+-aanvraag zal doen, en ook voor bijstook van biomassa zijn voor 2016 geen concrete plannen voorzien.

Algemene uitgangspunten voor meestook betreffen de referentiebrandstof, de afbakening van het meestookdeel in de kolencentrale, definitie van de kapitaalslasten en hoe wordt omgegaan met mogelijke warmtelevering.

Referentiebrandstof
Voor meestook van biomassa in kolencentrales wordt uitgegaan van schone, witte houtpellets. De toelichting op de gehanteerde biomassaprijzen staat in paragraaf 8.1.3. Mogelijk wordt in de SDE voor 2015 de mogelijkheid gecreëerd om tot een zeker percentage alternatieve biomassa mee te stoken; daar is in dit conceptadvies niet nader naar gekeken.

Afbakening meestookdeel in de kolencentrale
Voor de berekening van het basisbedrag voor meestook van biomassa worden de kosten van de kolencentrale (kapitaalslasten en O&M) toegerekend naar rato van het percentage biomassa-inzet. Er wordt gerekend met een virtuele biomassacentrale ter grootte van dit percentage. Een illustratie van deze methode staat in Figuur 6. Ook rendementsverliezen van de centrale als geheel die door meestook van biomassa worden veroorzaakt worden doorberekend aan het biomassadeel. Als bijvoorbeeld bij 25% meestook (op basis van energie-output) 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 6: Illustratie van de SDE-methode bij meestook van biomassa in een kolencentrale. Kosten in €/kWh$_e$. 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$_e$) 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 wordt de productie van warmte bij meestook 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+ 2015-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 Specifieke aannames voor nieuwe capaciteit voor meestook van biomassa in kolencentrales

In deze paragraaf is voor de categorie nieuwe capaciteit voor meestook de referentiecentrale beschreven en de hierbij gehanteerde parameters vermeld. Een overzicht van deze parameters is weergegeven in Tabel 47.

Als referentie voor deze categorie wordt uitgegaan van een superkritische kolencentrale met een verbrandingseenheid in de range van 700 tot 1100 MW_e met een netto vollast rendement van 46% die is uitgerust met een ROI, $DeNO_x$ en stofafvanginstallatie. Er wordt uitgegaan van 7000 vollasturen elektriciteitslevering. Op basis van de marktinformatie wordt uitgegaan van een meestookpercentage van 20% op basis van energie-output.

Aangenomen wordt dat het rendement van het verstoken van biomassa 2% lager is dan bij kolenstook (toelichting zie sectie 8.3.1. Voor de realisatie van de nieuwe meestookinstallatie wordt een investeringsbedrag van 450 €/kW_e aangehouden (alleen gerekend over het aantal kW_e 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_e. Hiervan wordt over de looptijd van de regeling (8 jaar) en met inachtneming van de economische levensduur van de kolen centrale (30 jaar) een percentage gelijk aan het meestookpercentage (op basis van energie-output) in het basisbedrag verdisconteerd.
- De O&M-kosten van de kolencentrale bedragen 30 €/kW_e. 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_e (alleen doorberekend voor de met biomassa opgewekte kilowatturen).
- De economische levensduur van de biomassa meestookinstallatie is gelijk aan de looptijd van de regeling (uitgangspunt SDE-systematiek).

Tabel 47: Technisch-economische parameters nieuwe capaciteit voor meestook van biomassa in centrales uit de jaren ’10

Parameter	Eenheid	Advies 2016
Netto elektrisch vermogen van de centrale	[MW_e]	700-1100
Thermisch vollastrendement kolen	[%]	46%
Meestookpercentage	[e/e %]	20%
Vollasturen elektriciteitsproductie	[uren/jaar]	7000
Thermisch vollastrendement*	[%]	44%
Kosten biomassa	[€/ton]	160
Looptijd subsidieregeling	[jaar]	8
Specifieke investering biomassameestook	[€/kW_e]	450
Investeringskosten kolencentrale	[€/kW_e]	2000
Economische levensduur kolencentrale	[jaar]	30
O&M kosten kolencentrale	[€/kW_e]	30
Extra O&M-kosten biomassa meestoken	[€/MWh_e]	3,0

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

In Tabel 48 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 48: Overzicht subsidieparameters Nieuwe capaciteit voor meestook

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,115
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,036
Contractkosten (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,0009
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	N.v.t. (*Maar APX_{2014} = 0,041)*
Berekeningswijze correctiebedrag	$APX_{basislast}$	

8.4 Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5-5 MW_{th}

De referentie-installatie voor deze categorie 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 in het kader van het Activiteitenbesluit. Het veronderstelde aantal vollasturen is 4000 uur per jaar. Ten tijde van het opstellen van het conceptadvies hebben ECN en DNV GL signalen uit de markt ontvangen dat daadwerkelijke investeringskosten lager liggen dan waar in het rapport mee gerekend is. Dit impliceert dat dit in het eindadvies mogelijk een aanpassing van de investeringskosten zou kunnen betekenen. Vooralsnog is echter met de waarde uit het Eindadvies basisbedragen SDE+ 2015 gerekend, aangezien nader onderzoek naar deze signalen nodig is alvorens een aanpassing wordt gedaan.

Tabel 49 geeft de technisch-economische parameters voor ketels op vaste biomassa.

Tabel 49: Ketels op vaste biomassa (0,5-5 MW)

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Thermisch output vermogen	[$MW_{th,output}$]	0,75	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Investeringskosten	[€/$kW_{th,output}$]	425	€ 0,32 miljoen
Vaste O&M kosten	[€/$kW_{th,output}$]	45	€ 34.000 / jaar
Basis voor correctiebedrag		kleinschalig	

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

Tabel 50: Overzicht Subsidieparameters Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5-5 MW_{th}

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,051
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,027
Contractkosten (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,0009
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,035
Berekeningswijze correctiebedrag	(TTF + energiebelasting) / gasketelrendement	

8.5 Ketel op vaste of vloeibare biomassa, ≥5 MW_{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 MW_{th}. 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 MW_{th} vereffend.

In deze categorie is het mogelijk om warmtelevering te realiseren met een ketel op vaste biomassa ter vervanging van een gas aangedreven 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 (≥5 MW) is weergegeven in Tabel 51.

Tabel 51: Technisch-economische parameters voor Ketel op vaste of vloeibare biomassa, ≥5 MW_{th}

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Thermisch output vermogen	[$MW_{th,output}$]	10	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Investeringskosten	[€/$kW_{th,output}$]	425	€ 4,25 miljoen
Vaste O&M kosten	[€/$kW_{th,output}$]	62	€ 620.000 / jaar
Basis voor correctiebedrag		grootschalig	

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

Tabel 52: Overzicht subsidieparameters Ketel op vaste of vloeibare biomassa, ≥5 MW_{th}

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,043
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,016
Contractkosten (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,0009
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,021
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF x 70%	

8.6 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 referentiebrandstof is gekozen voor dierlijk vet. Gezien de relatief lage bijdrage van de investeringskosten aan het basisbedrag en de mogelijkheid voor initiatiefnemers deze investeringskosten verder te verlagen door aangepaste branders te monteren in bestaande ketels, is in dit advies het investeringsbedrag op nul gesteld. Hiermee is de berekening representatief voor zowel inzet van vloeibare biomassa in nieuwe op vloeibare biomassa ontworpen ketels als inzet van vloeibare biomassa in aangepaste bestaande gasketels. In Tabel 53 staan de parameters met betrekking op een ketel op vloeibare biomassa.

Tabel 53: Technisch-economische parameters voor Ketel op vloeibare biomassa

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Thermisch outputvermogen	[MW_{th_output}]	10	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Investeringskosten	[€/$kWth_{_output}$]	0	€ 0,0 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/$kWth_{_output}$]	24	€ 240.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	39,0	
Brandstofprijs	[€/ton]	600	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	0	

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

Tabel 54: Overzicht subsidieparameters Ketel op vloeibare biomassa

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,072
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,027
Contractkosten (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,0009
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,035
Berekeningswijze correctiebedrag	(TTF + energiebelasting) / gasketelrendement	

8.7 Warmte, houtpellets

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

Er wordt verondersteld dat de installatie autonoom kan draaien en op afstand bestuurd wordt. De output van de ketel is 30 MW_{th} en de ketel wordt verondersteld een rendement van 90% te hebben.

Het aantal vollasturen warmteafzet bedraagt 7000 uur per jaar, overeenkomstig de categorie Ketel vaste of vloeibare biomassa > 5 MW_{th}. De investeringskosten van de referentie-installatie bedragen 400 €/$kW_{th,\ output}$ met bijbehorende O&M kosten van 24 €/$kW_{th,\ output}$. Deze bedragen zijn lager dan bij de categorie op basis van snoeihout. Dit komt doordat het verbrandingsdeel van de installatie en de opslag kleiner uitgevoerd kunnen worden en omdat er minder personeel nodig is om de installatie te bedrijven en onderhouden.

Er is aangenomen dat de houtpellets in bulk aangevoerd worden, waardoor de brandstofprijs gelijk gesteld kan worden aan die van houtpellets in de categorie Bij- en meestook. De technisch economische parameters zijn weergegeven in Tabel 55.

Tabel 55: Technisch-economische parameters voor Warmte, houtpellets

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Thermisch outputvermogen	[MW_{th_output}]	30	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Investeringskosten	[€/$kWth_{_output}$]	400	€ 12,0 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/$kWth_{_output}$]	24	€ 720.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	17,0	
Brandstofprijs	[€/ton]	145	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	15	

In Tabel 56 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 56: Overzicht subsidieparameters Warmte, houtpellets

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag	[€/kWh]	0,054
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,016
Contractkosten (inbegrepen in basisbedrag)	[€/kWh]	0,0009
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	N.v.t. *(voorlopig 2015: 0,019)*
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF x 70%	

8.8 Gecombineerde opwekking, houtpellets

DNV GL en ECN hebben uitvoerig onderzoek gedaan naar deze categorie. De beperkte informatie die tijdens de consultatiegesprekken in 2014 door de markt is aangereikt is hierin meegenomen. Conclusie uit het onderzoek is dat gecombineerde opwekking op basis van houtpellets wereldwijd maar in beperkte mate gerealiseerd is. Het grootschalig verstoken van houtpellets gebeurt voornamelijk in aangepaste kolencentrales en aangepaste afvalenergiecentrales. DNV GL en ECN kennen slechts enkele kleinschalige installaties die operationeel zijn. Hierdoor is er niet voldoende informatie beschikbaar om een goede referentiecase te maken voor deze categorie.

8.9 Thermische conversie van biomassa, 10-100 MW_e

De referentie is een houtgestookte installatie met een inputvermogen van ca. 68 MW_{th}. 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 MW_{th} kan leveren.

Uitgangspunt van de referentie-installatie is dat deze gekoppeld is aan een groot bestaand stadverwarmingsnet, waarbij de geproduceerde warmte volledig ingezet kan worden. Voor het aantal vollasturen warmtelevering is daarom 7500 uur aangenomen. Op momenten dat geen vollast levering 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 rookgasreiniging kan relatief licht uitgevoerd worden, omdat vers hout minder schadelijke componenten bevat dan bijvoorbeeld B-hout. De technisch-economische data die horen bij deze referentie-installaties zijn samengevat in Tabel 57.

Tabel 57: Technisch-economische parameters voor Thermische conversie van biomassa, 10-100 MW_e

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW_{th_input}]	68	
Elektrisch vermogen	[MW_e]	9,5	
Thermisch outputvermogen	[MW_{th_output}]	50	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	7500	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7500	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	14	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/$kWth_{input}$]	1840	€ 125 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/$kWth_{input}$]	110	€ 7,5 mln / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9,0	
Brandstofprijs	[€/ton]	48	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	1	

In Tabel 58 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 58: Overzicht subsidieparameters Thermische conversie van biomassa, 10-100 MW_e

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag (inclusief basisprijspremie)	[€/kWh]	0,084
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,019
Basisprijspremie	[€/kWh]	0,0009
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	5,26
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	7500
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,024
Berekeningswijze correctiebedrag	(APX + TTF x 70% * WK) / (1 + WK)	

8.10 Thermische conversie van biomassa, ≤ 10 MW_e

Veel initiatieven tot 10 MW_e worden ontwikkeld voor lokaal beschikbare biomassa-stromen. Decentrale overheden spelen vaak een initiërende of faciliterende rol. De referentie-installatie is gebaseerd op een ketel met een condenserende turbine en heeft een thermisch inputvermogen van 8,7 MW_{th}, waarbij maximaal 1,65 MW_e elektriciteit en 5 MW_{th} warmte geleverd kan worden.

De bedragen voor zowel de investeringskosten als de O&M kosten zijn gebaseerd op projecten die in het verleden gerealiseerd zijn of op informatie die in het verleden vanuit de consultatie aangeleverd is met betrekking tot geplande projecten. Op basis hiervan is een referentiecase opgesteld welke in het advies van 2015 en voorgaande jaren is opgenomen.

Een aantal installaties dat nu in ontwikkeling is of sinds kort operationeel is blijkt echter lagere investerings- en O&M kosten te hebben dan de huidige referentiecase, tot wel 40% minder. Er zijn diverse mogelijke redenen geïdentificeerd voor deze afwijking. Zo

worden er installaties ontwikkeld met een lagere ratio tussen elektrisch vermogen en totaal vermogen dan in de referentie case. Dit resulteert in een reductie van de investeringskosten bij een gelijke thermische input. Daarnaast zijn er ook initiatieven bekend die andere technologieën toepassen om elektriciteit op te wekken ten opzichte van de condenserende turbine van de referentiecase. Ook dit kan in specifieke gevallen leiden tot lagere investeringskosten.

Voor het advies van 2016 gaan ECN en DNV GL de referentie-installatie van deze categorie in heroverweging nemen. Daarbij worden bovengenoemde observaties nauwkeurig onderzocht. Informatie over recente investeringskosten en O&M kosten die tijdens de consultatieronde door marktpartijen worden ingebracht zullen worden meegenomen in deze overwegingen.

Tabel 59: Technisch-economische parameters voor Thermische conversie van biomassa ≤ 10 MW_e

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW_{th_input}]	8,7	
Elektrisch vermogen	[MW_e]	1,65	
Thermisch outputvermogen	[MW_{th_output}]	5,0	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement		19%	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		1/4	
Investeringskosten	[€/kW_{th_input}]	1400	€ 12 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_{th_input}]	80	€ 0,69 mln / jaar
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,006	
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9,0	
Brandstofprijs	[€/ton]	48	
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	1	

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

Tabel 60: Overzicht subsidieparameters Thermische conversie van biomassa, ≤ 10 MW_e

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag (inclusief basisprijspremie)	[€/kWh]	0,144
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,022
Basisprijspremie	[€/kWh]	0,0009
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	2,44
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	4241
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,027
Berekeningswijze correctiebedrag	(APX + TTF x 70% * WK) / (1 + WK)	

9

Bevindingen vergisting van biomassa

Dit hoofdstuk beschrijft de bevindingen over 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 biomassa vergisting (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).

Naast de technisch-economische parameters tonen deze paragrafen per categorie ook het basisbedrag, de basisprijs, het correctiebedrag 2015 en de rekenmethode voor het correctiebedrag.

9.1 Gehanteerde prijzen voor biomassa vergisting

Biomassa als brandstof is er in verschillende kwaliteiten. In dit rapport is een aantal referentiebrandstoffen gebruikt. Voor vergisting worden twee referenties genoemd: biomassa voor allesvergisters en biomassa voor mestcovergisters. Tabel 61 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 61: Gehanteerde biomassaprijzen voor vergistingsinstallaties die SDE+ in 2015 aanvragen

Biomassa voor vergisting*	Energie-inhoud	Prijs (range)	Referentieprijs
	[GJ/ton]	[€/ton]	[€/GJ]
Allesvergistingsinput	3,4	25	7,4
Covergistingsinput	3,4	35,2	10,4

* De energie-inhoud van vergistingsinput is gegeven in GJ_{biogas}/ton. De referentieprijs voor vergistingsinput is gegeven in €/$GJ_{biogas.}$

9.1.1 Vergisting: biomassa voor allesvergisters

In de categorie van allesvergisting wordt een installatie beschouwd die reststromen gebruikt uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie of uit de biobrandstofproductie. Als referentiebrandstof wordt uitgegaan van reststoffen uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie, waar het prijsniveau bepaald wordt door veevoedermarkten. De referentieprijs voor de SDE+ 2016 is gelijk verondersteld aan de prijs voor de SDE+ 2015 van 25 €/ton bij een biogasproductie van 3,4 GJ/ton.

9.1.2 Vergisting: biomassa voor mestcovergisters

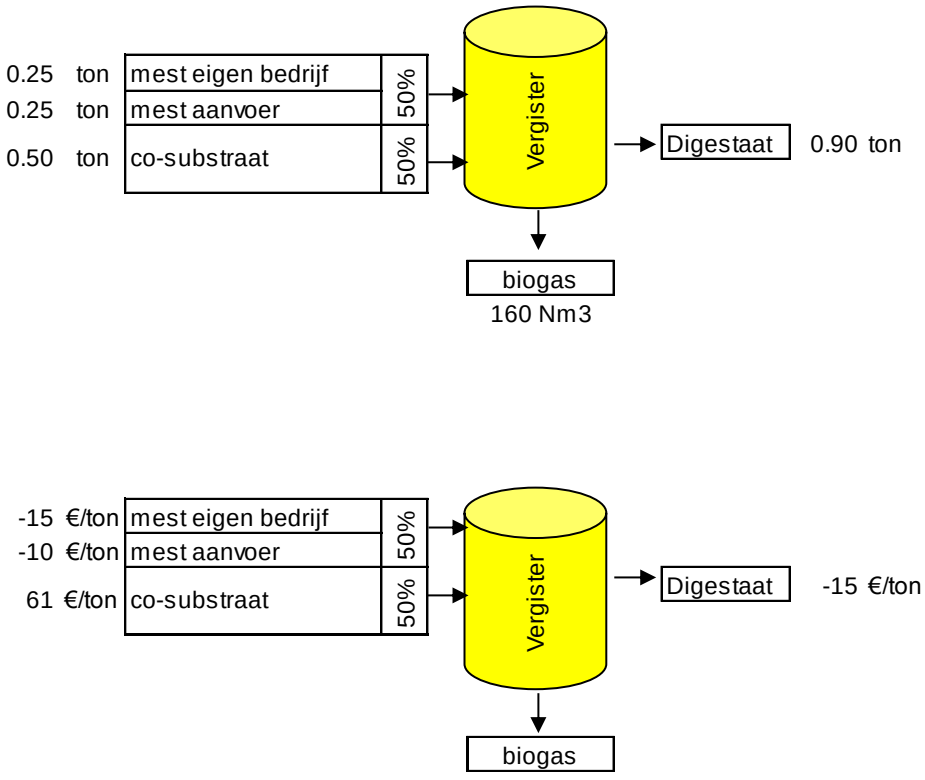
Grondstoffen voor mestcovergisting: mest
De prijs voor drijfmest kent regionale verschillen en loopt van € 0 tot -5 per ton in mest-tekortgebieden tot maximaal € -15 tot -20 per ton in mestoverschotgebieden. Als referentieprijs wordt uitgegaan van € -15 per ton voor mest van het eigen bedrijf. Rekening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

Grondstoffen voor mestcovergisting: cosubstraat
De zogeheten positieve lijst van coproducten is in 2012 uitgebreid met ruim 80 nieuwe producten. Met het toelaten van deze coproducten wordt meer aangesloten bij de

regelgeving voor buitenlandse vergisters. Wel is er een begrenzing aan de gehaltes zware metalen en organische verontreinigingen. Deze nieuwe uitbreiding heeft de druk op de markt voor coproducten echter niet kunnen verlichten. Ook de marktprijzen van maïs lijken de afgelopen jaren te stijgen.

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). Figuur 3 geeft een schematische weergave van de aangenomen grondstofstromen in de covergister.

Figuur 7: Stromen en prijzen voor vergistingsinputs en -outputs[9]



Als referentiegasopbrengst van cosubstraat 291 Nm^3/ton aangenomen. De gemiddelde prijs voor cosubstraat (inclusief maïs) is 9,1 €/GJ of 56 €/ton bij de start van het project, met een netto gasopbrengst van 6,1 GJ/ton. De totale aangenomen grondstofkosten bestaande uit aankoop van cosubstraat (inclusief maïs) en verwerkingskosten voor mest en digestaat komen in de huidige mix uit op 35,2 €/ton oftewel 22 cent/Nm^3 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 67.

[9] 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^3/ton of GJ/ton bij een bepaalde energie-inhoud van het gas (21 MJ/m^3). In de berekening wordt gerekend met de energie-inhoud van grondstoffen in GJ gasopbrengst per ton input. Voor de volledigheid: tonnen input zijn gebaseerd op het gehele product en niet alleen op het drogestofgehalte.

Tabel 62: Prijzen van mest en cosubstraat

	Energie-inhoud	Prijs (range)	Referentieprijs
	[GJ/ton]	[€/ton]	[€/GJ]
Aanvoer dierlijke mest	*0,63*	*-10 (-20 tot 0)*	*-16*
Afvoer dierlijke mest	*0,63*	*-15 (-30 tot -5)*	*-24*
Cosubstraat	*6,1*	*55,9*	*9,1*
Covergistingsinput	3,4	35,2	10,4

Nieuwe mestcovergisters zullen, zo wordt in de markt verwacht, een direct prijsopdrijvend effect hebben als zij een hogere SDE+-vergoeding zullen ontvangen dan bestaande installaties. In de spanning tussen bestaande spelers en nieuwe toetreders in de markt speelt bij de mestcovergisters een extra aspect een rol, namelijk dat veel bestaande mestcovergisters een lager financieel rendement halen dan bij de bouw van de installaties beoogd was. Financiering voor nieuwe mestcovergisters is moeilijk verkrijgbaar.

In voorgaande marktconsultatie hebben ECN en DNV GL tegenstrijdige signalen gekregen: enerzijds zijn de biomassaprijzen gestegen maar anderzijds is het onwenselijk om nieuwe installaties een hogere SDE+-vergoeding te geven dan bestaande installaties. De grondstofprijzen zijn gebaseerd op 5-jarige gemiddelden, zoals gegeven in het eindadvies 2015. Een update van de 5-jarige gemiddelde prijzen wordt opgenomen in het eindadvies 2016.

9.2 Allesvergisting (hernieuwbaar gas)

Als referentie voor deze categorie wordt uitgegaan van een vergister met een productiecapaciteit aan ruw biogas van 950 Nm^3/h. Het geproduceerde biogas wordt opgewerkt tot hernieuwbaar gas door middel van gaswassingstechnologie. De warmte die nodig is voor deze techniek wordt opgewekt door een deel van het ruwe biogas in een ketel te verstoken. De restwarmte die bij gaswassing vrijkomt is voldoende voor het verwarmen van de vergister. De benodigde elektriciteit wordt ingekocht. Er wordt aangenomen dat invoeding van het geproduceerde hernieuwbaar gas op het lokale net van 8 bar mogelijk is. Zie Tabel 63 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 63: Technisch-economische parameters energie uit allesvergisting (hernieuwbaar gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[$Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$/h]	950	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	10%	
Interne elektriciteitsvraag (vergister)	[kWh/$Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$]	0,12	
Interne elektriciteitsvraag (gasopwaardering)	[kWh/$Nm^3_{netto,\ ruw\ biogas}$]	0,13	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per $Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$/h]	3900	€ 6 miljoen
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per $Nm^3_{netto,\ ruw\ biogas}$/h]	2700	gezamenlijk
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€ per $Nm^3_{bruto\ ,ruw\ biogas}$/h]	220	€ 0,44 mln. / jaar
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€ per $Nm^3_{netto,\ ruw\ biogas}$/h]	270	gezamenlijk
Energie-inhoud substraat	[GJ_{biogas}/ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	25	
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9%	

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

Tabel 64: Overzicht subsidieparameters Allesvergisting (hernieuwbaar gas)

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag (inclusief contractkosten)	[€/kWh]	0,063
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,020
Contractkosten	[€/kWh]	0,0008
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,027
Berekeningswijze correctiebedrag	TTF	

9.3 Gecombineerde opwekking allesvergisting

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

Voor de referentie-installatie is een schaal aangenomen van 3 MW_e (8,1 MW_{th_input}).

In Tabel 65 staan de technisch-economische parameters van allesvergisting voor gecombineerde opwekking (WKK).

Tabel 65: Technisch-economische parameters energie uit gecombineerde opwekking allesvergisting

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW_{th_input}]	8,1	
Elektrisch vermogen	[MW_e]	3,0	
Thermisch outputvermogen	[MW_{th_output}]	3,9	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement		37%	
Investeringskosten	[€/$kWth_{_input}$]	1055	€ 9 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/$kWth_{_input}$]	78	€ 632.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ_{biogas}/ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	25	
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0	

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

Tabel 66: Overzicht subsidieparameters Gecombineerde opwekking allesvergisting

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag (inclusief basisprijspremie)	[€/kWh]	0,095
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,028
Basisprijspremie	[€/kWh]	0,0009
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	0,65
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	5739
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,033
Berekeningswijze correctiebedrag	(APX + TTF x 70% * WK) / (1 + WK)	

9.4 Warmte allesvergisting

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

In Tabel 67 staan de technisch-economische parameters van allesvergisting voor hernieuwbare warmte.

Tabel 67: Technisch-economische parameters energie uit warmte allesvergisting

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW_{th_input}]	8,1	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne warmtevraag	[%]	5	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ_{output}]	5,41	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten	[€/kW_{th_output}]	586	€ 4,1 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_{th_output}]	46	€ 319.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ_{biogas}/ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	25	
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0	

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

Tabel 68: Overzicht subsidieparameters Warmte allesvergisting

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag (inclusief basisprijspremie)	[€/kWh]	0,055
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,027
Basisprijspremie	[€/kWh]	0,0009
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,035
Berekeningswijze correctiebedrag	(TTF + energiebelasting) / gasketelrendement	

9.5 Vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)

Voor de referentie-installatie is een productiecapaciteit aangenomen van 505 Nm^3/h ruw biogas (of 315 Nm^3/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_e. Schaaleffecten lijken voor vergisters beperkt te zijn. De maximale grootte van een vergistingstank wordt beperkt doordat het materiaal gehomogeniseerd moet kunnen worden; ook de diameter van het dak van een vergister is aan een maximum gebonden. Voor productie op grotere schaal worden dan ook vaak enkele tanks naast elkaar geplaatst.

Als referentie-gaszuiveringstechniek is gekozen voor gaswassing. De warmte die nodig is voor deze techniek wordt opgewekt door een deel van het ruwe biogas in een ketel te verstoken. De restwarmte die bij gaswassing vrijkomt is voldoende voor het verwarmen van de vergister. De benodigde elektriciteit wordt ingekocht. Er wordt aangenomen dat invoeding van het geproduceerde hernieuwbaar gas op het lokale net van 8 bar mogelijk is. Zie Tabel 69 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 69: Technisch-economische parameters energie uit mestcovergisting (hernieuwbaar gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[$Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$/h]	505	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	10%	
Interne elektriciteitsvraag (vergister)	[kWh/$Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$]	0,12	
Interne elektriciteitsvraag (gasopwaardering)	[kWh/$Nm^3_{netto,\ ruw\ biogas}$]	0,13	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per $Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$/h]	4500	€ 4 miljoen
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per $Nm^3_{netto,\ ruw\ biogas}$/h]	3350	gezamenlijk
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€ per $Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$/h]	280	€ 0,29 mln / jaar
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€ per $Nm^3_{netto,\ ruw\ biogas}$/h]	335	gezamenlijk
Energie-inhoud substraat	[GJ_{biogas}/ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	35,2	
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0,5	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9%	

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

Tabel 70: Overzicht subsidieparameters mestcovergisting (hernieuwbaar gas)

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag (inclusief contractkosten)	[€/kWh]	0,083
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,020
Contractkosten	[€/kWh]	0,0008
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,027
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_e (3 MW_{th_input}). Een installatie met deze schaalgrootte blijft ruim onder de MER-grens en kan van mest worden voorzien door twee grote bedrijven. Het eerste jaar zal extra kosten opleveren ten gevolge van het opstarten van de installatie. Deze meerkosten zijn verrekend in de investeringskosten en leiden tot een totaal aan investeringskosten van 1150 €/kW_{th_input}.

Het rendement van de gasmotor die deel uitmaakt van de WKK-installatie is berekend op een niveau dat aan de NO_x-emissie-eisen uit het Besluit Emissie-eisen Middelgrote Stookinstallaties (BEMS) voldaan wordt. Voor de SDE+-basisbedragen wordt gerekend met een elektrisch rendement bij de omzetting van het biogas naar netto elektriciteits-levering van 37%.

In Tabel 71 staan de technisch-economische parameters van mestcovergisting voor WKK.

Tabel 71: Technisch-economische parameters energie uit mestcovergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW_{th_input}]	3,0	
Elektrisch vermogen	[MW_e]	1,1	
Thermisch outputvermogen	[MW_{th_output}]	1,44	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement		37%	
Investeringskosten	[€/kW_{th_input}]	1150	€ 3 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_{th_input}]	85	€ 253.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ_{biogas}/ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	35,2	
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0,5	

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

Tabel 72: Overzicht subsidieparameters Gecombineerde opwekking mestcovergisting

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag (inclusief basisprijspremie)	[€/kWh]	0,121
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,028
Basisprijspremie	[€/kWh]	0,0009
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	0,65
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	5732
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,033
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 investerings-kosten van 954 €/$kW_{th_output,}$ 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 73 staan de technisch-economische parameters van mestcovergisting voor warmte.

Tabel 73: Technisch-economische parameters energie uit mestcovergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW_{th_input}]	3,0	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne warmtevraag	[%]	5	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ_{output}]	5,41	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten	[€/kW_{th_output}]	954	€ 2,4 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_{th_output}]	71	€ 182.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ_{biogas}/ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	35,2	
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0,5	

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

Tabel 74: Overzicht subsidieparameters mestcovergisting (warmte)

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag (inclusief basisprijspremie)	[€/kWh]	0,082
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,027
Basisprijspremie	[€/kWh]	0,0009
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,035
Berekeningswijze correctiebedrag	(TTF + energiebelasting) / gasketelrendement	

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

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

Zie Tabel 75 voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van hernieuwbaar gas.

Tabel 75: Technisch-economische parameters energie uit mestmonovergisting (hernieuwbaar gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2016
Referentiegrootte	[$Nm^3_{bruto, ruw biogas}$/h]	20,5
Vollasturen	[h/a]	8000
Interne warmtevraag	[% biogas]	18%
Interne elektriciteitsvraag (vergister)	[kWh/$Nm^3_{bruto, ruw biogas}$]	0,37
Interne elektriciteitsvraag (gasopwaardering)	[kWh/$Nm^3_{netto, ruw biogas}$]	0,13
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,16
Investeringskosten (vergister)	[€ per $Nm^3_{bruto, ruw biogas}$/h]	16900
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per $Nm^3_{netto, ruw biogas}$/h]	14500
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€ per $Nm^3_{bruto, ruw biogas}$/h]	807
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€ per $Nm^3_{netto, ruw biogas}$/h]	555
Energie-inhoud substraat	[GJ_{biogas}/ton]	0,6
Grondstofkosten	[€/ton]	0
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,0%

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

Tabel 76: Overzicht subsidieparameters Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (hernieuwbaar gas)

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag (inclusief contractkosten)	[€/kWh]	0,141
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,020
Contractkosten	[€/kWh]	0,0008
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,027
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_e. Bij elektriciteit is technisch sprake van een WKK-installatie, waarbij de 26 kW_{th} 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 77 staan de technisch-economische parameters van mestmonovergisting voor elektriciteit en warmte.

Tabel 77: Technisch-economische parameters energie uit mestmonovergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW_{th_input}]	0,123	
Elektrisch vermogen	[MW_e]	0,039	
Thermisch outputvermogen	[MW_{th_output}]	0,026	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	0	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	32	
Investeringskosten	[€/kW_{th_input}]	3700	€ 0 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_{th_input}]	245	€ 30.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ_{biogas}/ton]	0,6	
Grondstofkosten	[€/ton]	0	
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0	

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

Tabel 78: Overzicht subsidieparameters Gecombineerde opwekking vergisting van meer dan 95% dierlijke mest

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag (inclusief basisprijspremie)	[€/kWh]	0,305
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,036
Basisprijspremie	[€/kWh]	0,0009
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:K]	0
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	8000
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,041
Berekeningswijze correctiebedrag	(APX + TTF x 70% * 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 79 staan de technisch-economische parameters van mestmonovergisting voor warmte.

Tabel 79: Technisch-economische parameters energie uit mestmonovergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW_{th_input}]	0,1	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne warmtevraag	[%]	5	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ_{output}]	5,41	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten	[€/kW_{th_output}]	3800	€ 0,4 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_{th_output}]	201	€ 19.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ_{biogas}/ton]	0,6	
Grondstofkosten	[€/ton]	0	
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0	

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

Tabel 80: Overzicht subsidieparameters Warmte vergisting van meer dan 95% dierlijke mest

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag (inclusief basisprijspremie)	[€/kWh]	0,109
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,027
Basisprijspremie	[€/kWh]	0,0009
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,035
Berekeningswijze correctiebedrag	(TTF + energiebelasting) / gasketelrendement	

10

Bevindingen bestaande installaties

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

- Verlengde levensduur thermische conversie ≤ 50 MW_e (0)
- Verlengde levensduur allesvergisting (0)
- Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (10.3)
- Verlengde levensduur allesvergisting (hernieuwbaar gas) (10.4)
- Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas) (10.5).

De volgende categorieën zijn ten opzichte van vorig jaar in overleg met het ministerie van EZ niet langer opgenomen in het rapport, aangezien hiervoor geen aanvragen meer worden verwacht:

- Uitbreiding bestaande thermische conversie van afval met warmte
- Bestaande allesvergisting, uitbreiding warmte
- Bestaande vergisting en covergisting van dierlijke mest, uitbreiding warmte
- Bestaande thermische conversie van vaste of vloeibare biomassa, uitbreiding warmte.

De gehanteerde biomassaprijzen in deze categorieën zijn reeds weergegeven in paragraaf 8.1 en 9.1.

10.1 Verlengde levensduur thermische conversie ≤ 50 MW_e

De categorie voor verlengde levensduur van verbrandingsinstallaties heeft betrekking op projecten die onder de huidige MEP-regeling vallen. Wanneer de MEP-regeling afloopt, kunnen deze installaties aanspraak maken op deze categorie. Deze projecten gebruiken vaak B-hout als brandstof. Biomassameestook-projecten vallen overigens niet in deze categorie.

Projecten in deze categorie zullen de komende jaren bestaan uit installaties die volledig op B-hout stoken en installaties die op schoon hout stoken. De brandstofprijs voor B-hout is verondersteld te liggen op 28 €/ton, met een bijbehorende energie-inhoud van 13 GJ/ton. De technisch-economische parameters voor de referentie-installatie op B-hout zijn vermeld in de onderstaande tabel. Deze parameters zijn gebaseerd op een referentie-installatie, die in 2015 SDE+-subsidie kan aanvragen (tot maximaal 5 jaar voor beëindiging MEP).

Voor de referentie-installatie is een schaal aangenomen van 20 MW_e en 50 MW_{th}. Het aantal vollasturen voor de referentie-installatie bedraagt 8000 uur per jaar elektriciteits-afzet en 4000 uur per jaar warmteafzet. Dit is lager dan de warmteafzet bij (grote) nieuwe projecten, omdat bestaande projecten niet opnieuw kunnen kiezen voor een locatie in de nabijheid van een geschikte warmtevraag. Verder is er uitgegaan van vaste O&M-kosten van 163 €/$kW_{th,\ input}$. Deze kosten zijn geïndexeerd in verband met de driejarige periode tussen aanvraag en subsidieverstrekking. Met het oog op de aangenomen levensduur van 12 jaar hebben ECN en DNV GL in de vaste O&M kosten rekening gehouden met grootschalig onderhoud aan de installatie, waaronder de vervanging van de turbine en aanpassingen om in de benodigde warmte-uitkoppeling te voorzien. De MEP-regeling voorzag niet in subsidiëring van warmte, daarom zijn vrijwel alle oorspronkelijke installaties uitgelegd op maximale elektriciteitsproductie en hebben deze installaties geen warmte-uitkoppeling. Verdere vaste O&M kosten bestaan uit personeelskosten, onderhoud en revisies, grondstoffen, afvalstoffen en hulpbrandstoffen (excl. hout en elektra). De variabele O&M-kosten zijn meegenomen in de generieke O&M-kostenpost.

Er is uitgegaan van een maximaal netto elektrisch rendement van 25% en een thermisch rendement van 63%. De aangenomen elektriciteitsderving voor elektriciteit: warmte van 1:4. Er wordt aangenomen dat de beschikking voor de subsidie verlengde levensduur tijdig bekend is, zodat de bestaande brandstofcontractportfolio voortgezet kan worden. Voor biomassacategorieën wordt uitgegaan van een subsidieduur van 12 jaar.

Staffel voor overlap met MEP-subsidie
Als toevoeging op de categorie thermische conversie van biomassa wordt hier een mogelijkheid beschreven om in te schrijven op deze categorie voordat de MEP-subsidie ten einde komt. In het huidige MEP-regime wordt enkel de geleverde elektriciteit gesubsidieerd, waardoor investeringen in warmte-uitkoppeling niet lonen. Door eerder

met de SDE+-subsidie te starten en de MEP-subsidie vroegtijdig te beëindigen, wordt het mogelijk gemaakt duurzame warmte te leveren. De levering van duurzame warmte door BEC's resulteert in een verhoging van het rendement, wat een grotere duurzame energie-afzet tot gevolg heeft.

Wanneer de MEP vroegtijdig beëindigd wordt en achtereenvolgens de SDE+-subsidie start, dan zal de subsidieverkrijger in totaal minder subsidie ontvangen. Dit komt doordat het MEP-subsidiebedrag hoger ligt dan het SDE+-subsidiebedrag. Om deze tekortkoming te voorkomen wordt er een staffel voorgesteld. Deze staffel compenseert een deel van de subsidie die de ontvanger in het MEP-systeem zou krijgen. De staffel wordt verwerkt in het basisbedrag van de SDE+-subsidie en de hoogte van de staffel is afhankelijk van het aantal jaren dat de MEP-subsidie verkort wordt.

De staffel voor de overlap met de MEP-subsidie is voor 3 tot en met 5 jaar marginaal naar boven bijgesteld, omdat in deze categorie moderne installaties met een hoger elektrisch rendement vallen. Deze installaties kennen daarom een relatief hoger MEP-tekort in vergelijking met eerder gerealiseerde BEC-installaties. Een compensatie hiervoor is verwerkt voor deze jaren.

In Tabel 81 is het basisbedrag weergegeven. In geval de MEP-inkomsten voortijdig wegvallen, is dat verrekend in de staffel in deze tabel waarin tevens enkele andere subsidieparameters vermeld staan.

Tabel 81: Overzicht subsidieparameters Verlengde levensduur thermische conversie ≤ 50 MW_e

	Eenheid	Advies SDE+2016
Basisbedrag (inclusief basisprijspremie)	[€/kWh]	0,064
Basisbedrag met 1 jaar MEP-compensatie	[€/kWh]	0,067
Basisbedrag met 2 jaar MEP-compensatie	[€/kWh]	0,069
Basisbedrag met 3 jaar MEP-compensatie	[€/kWh]	0,073
Basisbedrag met 4 jaar MEP-compensatie	[€/kWh]	0,077
Basisbedrag met 5 jaar MEP-compensatie	[€/kWh]	0,081
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,023
Basisprijspremie	[€/kWh]	0,0009
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	1,82
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	4429
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,028
Berekeningswijze correctiebedrag	(APX + TTF x 70% * WK) / (1 + WK)	

10.2 Verlengde levensduur allesvergisting (WKK)

De categorie van verlengde levensduur van allesvergisting heeft betrekking op vergistingsinstallaties waarvan de MEP-beschikking is afgelopen. Er is gerekend met een warmteafzet van 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 82 toont de technisch-economische parameters van verlengde levensduur allesvergisting (WKK).

Tabel 82: Technisch-economische parameters energie uit verlengde levensduur allesvergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW_{th_input}]	2	
Elektrisch vermogen	[MW_e]	0,8	
Thermisch outputvermogen	[MW_{th_output}]	0,925	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement	[%]	37	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/kW_{th_input}]	0	€ 0 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_{th_input}]	158	€ 0,3 mln / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4	
Brandstofprijs	[€/ton]	25	

In Tabel 83 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 83: Overzicht subsidieparameters Verlengde levensduur allesvergisting (WKK)

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag (inclusief basisprijspremie)	[€/kWh]	0,087
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,029
Basisprijspremie	[€/kWh]	0,0009
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	0,58
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	5855
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,034
Berekeningswijze correctiebedrag	(APX + TTF x 70% * WK) / (1 + WK)	

10.3 Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (WKK)

De categorie van verlengde levensduur van vergisting en covergisting van dierlijke mest heeft betrekking op vergistingsinstallaties waarvan de MEP-beschikking is afgelopen. Er is gerekend met een warmteafzet van 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 84 toont de technisch-economische parameters verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest.

Tabel 84: Technisch-economische parameters energie uit verlengde levensduur mestcovergisting (WKK)

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW_{th_input}]	2	
Elektrisch vermogen	[MW_e]	0,8	
Thermisch outputvermogen	[MW_{th_output}]	0,925	
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	
Maximaal elektrisch rendement		37%	
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	
Investeringskosten	[€/kW_{th_input}]	0	€ 0 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_{th_input}]	158	€ 0,3 mln / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4	
Brandstofprijs	[€/ton]	35,2	

In Tabel 85 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 85: Overzicht subsidieparameters Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (WKK)

	Eenheid	Advies SDE+ 2016
Basisbedrag (inclusief basisprijspremie)	[€/kWh]	0,108
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,029
Basisprijspremie	[€/kWh]	0,0009
Warmtekrachtverhouding (WK)	[W:E]	0,58
Samengesteld aantal vollasturen	[uur/jaar]	5855
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,034
Berekeningswijze correctiebedrag	(APX + TTF x 70% * WK) / (1 + WK)	

10.4 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. In Tabel 86 staan de technisch-economische parameters van productie ten behoeve van een groengas- of warmtehub gebaseerd op bestaande allesvergisters. Voor het verlengen van de levensduur zijn, analoog aan de WKK-optie, de kosten voor renovatie (exclusief de WKK-vervanging) meegenomen in de O&M-kosten.

Tabel 86: Technisch-economische parameters energie uit verlengde levensduur allesvergisting (hernieuwbaar gas en warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[$Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$/h]	370	
Vollasturen	[h/a]	8000 (gas) 7000 (warmte)	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5%	
Interne elektriciteitsvraag (vergister)	[kWh/$Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$]	0,12	
Interne elektriciteitsvraag (gasopwaardering)	[kWh/$Nm^3_{netto,\ ruw\ biogas}$]		
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per $Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$/h]	0	€ 0,14 miljoen gezamenlijk
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per $Nm^3_{netto,\ ruw\ biogas}$/h]	385	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€ per $Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$/h]	480	€ 0,191 mln / jaar gezamenlijk
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€ per $Nm^3_{netto,\ ruw\ biogas}$/h]	38	
Energie-inhoud substraat	[GJ_{biogas}/ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	25	
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9%	

In Tabel 87 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 87: Overzicht subsidieparameters Verlengde levensduur allesvergisting (hernieuwbaar gas en warmte)

	Eenheid	Advies SDE+ 2016 groen gas	Advies SDE+ 2016 warmte
Basisbedrag (inclusief contractkosten)	[€/kWh]	0,064	0,058
Basisprijs	[€/kWh]	0,020	0,016
Contractkosten	[€/kWh]	0,0031	0,0009
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,027	0,021
Berekeningswijze correctiebedrag		TTF	TTF x 70%

10.5 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. In Tabel 88 staan de technisch-economische parameters van productie ten behoeve van een groengas- of warmtehub gebaseerd op bestaande mestcovergisters. Voor het verlengen van de levensduur zijn, analoog aan de WKK-optie, de kosten voor renovatie (exclusief de WKK-vervanging) meegenomen in de O&M-kosten.

Tabel 88: Technisch-economische parameters energie uit verlengde levensduur vergisting en covergisting van mest (ruw biogas)

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[$Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$/h]	370	
Vollasturen	[h/a]	8000 (gas) 7000 (warmte)	
Interne warmtevraag	[% biogas]	5%	
Interne elektriciteitsvraag (vergister)	[kWh/$Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$]	0,12	
Interne elektriciteitsvraag (gasopwaardering)	[kWh/$Nm^3_{netto,\ ruw\ biogas}$]		
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per $Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$/h]	0	€ 0 miljoen gezamenlijk
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per $Nm^3_{netto,\ ruw\ biogas}$/h]	385	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€ per $Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$/h]	480	€ 0,19 mln / jaar gezamenlijk
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€ per $Nm^3_{netto,\ ruw\ biogas}$/h]	38	
Energie-inhoud substraat	[GJ_{biogas}/ton]	3,4	
Grondstofkosten	[€/ton]	35,2	
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0,5	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9%	

In Tabel 89 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 89: Overzicht subsidieparameters Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)

	Eenheid	Advies SDE+ 2016 groen gas	Advies SDE+ 2016 warmte
Basisbedrag (inclusief contractkosten)	[€/kWh]	0,076	0,072
Basisprijs SDE+ 2015	[€/kWh]	0,020	0,016
Contractkosten	[€/kWh]	0,0031	0,0009
Definitief correctiebedrag 2014	[€/kWh]	0,027	0,021
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/projecten/sde/sde-2016.

De resulterende concept basisbedragen SDE+2016 staan in Tabel 90 tot en met Tabel 95. Zoals in hoofdstuk 2 gemeld zijn voor de SDE+ 2016 alle basisbedragen 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+2015[10] opgenomen.

[10] https://www.ecn.nl/publicaties/ECN-E--14-035.

Tabel 90: Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2016: waterkracht, wind- en zonne-energie (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie drager	Advies basisbedrag SDE+ 2016	Vollast-uren	Advies basisbedrag SDE+ 2015
Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm	E	0,175	5700	0,175
Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm, renovatie	E	0,067	4300	0,067
Vrije stromingsenergie, valhoogte < 50 cm	E	0,275	2800	0,275
Osmose	E	0,612	8000	0,585
Fotovoltaïsche zonnepanelen, ≥ 15 kWp en aansluiting >3*80A	E	0,137	950	0,141
Zonthermie, apertuuroppervlakte ≥ 100 m^2	E	0,119	700	0,137
Wind op land, ≥ 8 m/s	E	0,073	n.v.t.	0,074
Wind op land, ≥ 7,5 en < 8 m/s	E	0,079	n.v.t.	0,081
Wind op land, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	E	0,084	n.v.t.	0,086
Wind op land, < 7,0 m/s	E	0,096	n.v.t.	0,098
Wind op land één op één vervanging, ≥ 8 m/s	E	0,052	n.v.t.	0,053
Wind op land één op één vervanging, ≥ 7,5 en < 8 m/s	E	0,057	n.v.t.	0,058
Wind op land één op één vervanging, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	E	0,063	n.v.t.	0,065
Wind op land één op één vervanging, < 7,0 m/s	E	0,072	n.v.t.	0,074
Wind op verbindende waterkeringen, ≥ 8 m/s	E	0,079	n.v.t.	0,081
Wind op verbindende waterkeringen, ≥ 7,5 en < 8 m/s	E	0,086	n.v.t.	0,088
Wind op verbindende waterkeringen, ≥ 7,0 en < 7,5 m/s	E	0,092	n.v.t.	0,094
Wind op verbindende waterkeringen, < 7,0 m/s	E	0,105	n.v.t.	0,107
Wind in meer, water ≥ 1 km^2	E	0,113	n.v.t.	0,114

Tabel 91: Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2016: geothermie (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energiedrager	Advies basisbedrag SDE+ 2016	Vollasturen	Advies basisbedrag SDE+ 2015
Geothermische warmte, diepte ≥ 500 m	W	0,052	5500	0,052
Geothermische warmte, diepte ≥ 3500 m	W	0,055	7000	0,055

Tabel 92: Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2016: waterzuiveringsinstallaties (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie -drager	Advies basisbedrag SDE+ 2016	Vollasturen (kracht/ warmte)	Vollasturen samen-gesteld	Warmte-kracht-verhouding	Advies basisbedrag SDE+ 2015
RWZI - Thermofiele gisting van secundair slib	WKK	0,061	8000/4000	5729	0,66	0,061
AWZI/RWZI - thermische drukhydrolyse	E	0,095	8000	-	-	0,095
AWZI/RWZI (hernieuwbaar gas)	G	0,033	8000	-	-	0,034

Tabel 93: Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2016: verbranding en vergassing van biomassa (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2016	Vollasturen (kracht/ warmte)	Vollasturen samen-gesteld	Warmte-kracht-verhouding	Advies basisbedrag SDE+ 2015
Biomassavergassing (≥95% biogeen)	G	0,151	7500	-	-	0,139
Nieuwe capaciteit voor meestook	E	0,115	7000	-	-	0,115
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,5-5 MW_{th}	W	0,051	4000	-	-	0,051
Ketel op vaste of vloeibare biomassa, ≥5 MW_{th}	W	0,043	7000	-	-	0,043
Ketel op vloeibare biomassa	W	0,072	7000	-	-	0,072
Warmte, houtpellets	W	0,054	7000	-	-	0,054
Thermische conversie van biomassa, 10-100 MW_e	WKK	0,084	7500/7500	7500	5,26	0,084
Thermische conversie van biomassa, ≤ 10 MW_e	WKK	0,144	8000/4000	4241	2,44	0,144

Tabel 94: Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2016: vergisting van biomassa (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2016	Vollasturen (kracht/ warmte)	Vollasturen samengesteld	Warmte-kracht-verhouding	Advies basisbedrag SDE+ 2015
Allesvergisting (hernieuwbaar gas)	G	0,063	8000	-	-	0,063
Gecombineerde opwekking allesvergisting	WKK	0,095	8000/4000	5739	0,65	0,095
Warmte allesvergisting	W	0,055	7000	-	-	0,053
Vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	G	0,083	8000	-	-	0,083
Gecombineerde opwekking vergisting en covergisting van dierlijke mest	WKK	0,121	8000/4000	5732	0,65	0,121
Warmte vergisting en covergisting van dierlijke mest	W	0,082	7000	-	-	0,080
Vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	G	0,141	8000	-	-	0,136
Gecombineerde opwekking vergisting van meer dan 95% dierlijke mest	WKK	0,305	8000	-	-	0,305
Warmte vergisting van meer dan 95% dierlijke mest	W	0,109	7000	-	-	0,106

Tabel 95: Geadviseerde basisbedragen voor SDE+ 2016: bestaande installaties (bedragen in €/kWh)

Categorie	Energie-drager	Advies basisbedrag SDE+ 2016	Vollasturen (kracht/ warmte)	Vollasturen samen-gesteld	Warmte-kracht-verhouding	Advies basis-bedrag SDE+ 2015
Verlengde levensduur thermische conversie ≤ 50 MW_e	WKK	0,064	8000/4000	4429	1,82	0,064
Verlengde levensduur allesvergisting, gecombineerde opwekking	WKK	0,087	8000/4000	5855	0,58	0,087
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest, gecombineerde opwekking	WKK	0,108	8000/4000	5855	0,58	0,108
Verlengde levensduur allesvergisting (hernieuwbaar gas)	G	0,064	8000	-	-	0,064
Verlengde levensduur allesvergisting (warmte)	W	0,058	7000	-	-	0,058
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (hernieuwbaar gas)	G	0,076	8000	-	-	0,076
Verlengde levensduur vergisting en covergisting van dierlijke mest (warmte)	W	0,072	7000	-	-	0,072

Afkortingen

APX	*Amsterdam Power eXchange*, marktindex voor elektriciteit (day ahead)
AVI	Afvalverbrandingsinstallatie
AWZI	Afvalwaterzuiveringsinstallatie
CAR	*Construction all risk*, bouwverzekering
EGS	Enhanced Geothermal System
EZ	ministerie van Economische Zaken
LEI	Landbouw Economische Instituut
MEP	Milieukwaliteit elektriciteitsproductie
O&M	*Operation&Maintenance,* Onderhoud&Beheer
ORC	Organische Rankine cyclus
ROI	Rookgasontzwavelingsinstallatie
RBV	Rijksvastgoedbedrijf
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
SDE	Stimuleringsregeling duurzame energieproductie
SNG	*Substitute Natural Gas* of *Synthetic Natural Gas*
TTF	*Title Transfer Facility*, 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

Coenen, J., M. van Gastel, K. de Jong (2004): *Potentieel voor duurzame energie met stortgas uit afvalstorten.* September 2004, Cogen Projects en Energieprojecten.com.

EL&I (2012): *Actieplan Aardwarmte*. Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I), april 2011.

Holl, H.-G. et al. (2003): *First hand experience in a second hand borehole: Hydraulic experiments and scaling in the geothermal well Groß Schönebeck after reopening.* International Geothermal Conference, Reykjavík, September 2003, Session #1.

KNMI, CBS, RVO.NL. (2014): *Windsnelheid per gemeente in Nederland*. 27 oktober 2014. http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/brochures/2014/10/27/windsnelheid-per-gemeente-in-nederland.html.

Kraan, C., Lensink, S.M. (2014): *Basisprijzen SDE+ 2015*. ECN, Petten, ECN-N--14-023, oktober 2014.

Lako, P., Luxembourg, S.L., Lensink, S.M., Groen, B., in ’t (2012): *Aanvullend advies geothermie in SDE+ 2013*. ECN/DNV KEMA, Petten/Arnhem, ECN-N--12-025, december 2012.

Lako, P., Luxembourg, S.L., Ruiter, A.J., Groen, B., in ’t (2011): *Geothermische Energie en de SDE*. ECN/KEMA, Petten/Arnhem, ECN-E--11-022, februari 2011.

Lensink, S.M. *et al* (2012): *Basisbedragen in de SDE+ 2013 - Eindadvies*. ECN/DNV KEMA, Petten/Arnhem, ECN-E--12-038, september 2012.

Lensink, S.M. *et al* (2013): *Conceptadvies basisbedragen SDE+ 2014 voor marktconsultatie*. ECN/DNV KEMA, Petten/Arnhem, ECN-E--13-024, mei 2013.

Lensink, S.M., Van Zuijlen, C.L. (2014a): *Correctiebedragen t.b.v. bevoorschotting 2015 (SDE+)*. ECN, Petten, ECN-N--14-027, oktober 2014.

Lensink, S.M., Van Zuijlen, C.L. (2014): *Eindadvies basisbedragen SDE+ 2015.* ECN-E--14-035, oktober 2014.

Putten, M. van, *et al* (2012*): Finding a way to optimize drilling depths in clastic aquifers for geothermal energy*. Submitted to Geothermics.

STOWA (2011): *Optimalisatie WKK en biogasbenutting.* STOWA 2011-33, ISBN 978.90.5773.549.3. Rapport opgesteld door Grontmij.

Straathof, D.H.L. (2012): *Costs of Deep Geothermal Energy in the Netherlands* – MSc thesis Sustainable Development Utrecht University. ECN, October 2012.

Straka, W. et al. (2010): *Geothermal Adaptation of Abandoned Hydrocarbon Infrastructure - an Option for the Oil; Industry to Extend Reservoir Utilization into the Area of Renewable Energy*. Proceedings World Geothermal Congress 2010; Bali, Indonesia, 25-29 April 2010.

Veeger, F. (2013a): *The utilisation of hydrocarbon exploration and production wells for geothermal heat production*. MSc thesis TU Delft; supervisors M. Buxton, (Associate Professor Resource Engineering, TU Delft). S. Hagedoorn (Programme Manager Geothermal; Brabant Water), K.H. Wolf. (Associate Professor for Petrophysiscs TU Delft), D. Swart (Well Engineering Partners).

Veeger, F. (2013b): *The utilisation of oil and gas wells for geothermal heat production*. Hydreco; Symposium 'Hot Topics', DAP, 11 February 2013.

Veeger, F. (2015): Persoonlijke communicatie, 2015.

Verslagen ECN Consultatieronde SDE+2015 (2014). Vertrouwelijk.

Bijlage A. Hubs en productie van ruw biogas

A.1. Inleiding

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

Ruw biogas voldoet, anders dan hernieuwbaar gas, niet aan de specificaties om in het aardgasnet te mogen worden ingevoed. Hoofdzakelijk bestaand uit methaan en kooldioxide, dat geproduceerd is bij verschillende vergistingsinstallaties, kan ruw biogas via een lagedrukleiding naar een centraal punt worden getransporteerd. Op de zogeheten hubs wordt het biogas ingezet voor de productie van elektriciteit of warmte. Het kan ook gezuiverd worden tot hernieuwbaar gas. Voor de meeste categorieën wordt gerekend met de kosten van verwerking van ruw biogas tot warmte, elektriciteit of hernieuwbaar gas op de locatie zelf. Voor enkele categorieën ligt verwerking via een hub meer in de rede (verlengde levensduur van allesvergisters, mestcovergisters en agrarische vergisters die kunnen kiezen om niet enkel de WKK te vervangen). Daarom toont deze paragraaf als toelichting op de parameters in het hoofdstuk over vergisting de technisch-economische parameters van hubs. Onderstaande paragrafen zijn onveranderd overgenomen uit het Eindadvies basisbedragen SDE+ 2015 als basis voor de SDE+2016.

A.2. Referentiesystemen productie ruw biogas

Bij de bepaling van de technisch-economische parameters voor de productie van ruw biogas worden de kosten voor CO_2-afscheiding niet meegenomen. Verder worden de kosten voor verwijdering van zwavelwaterstof of ammoniak verdisconteerd in de kosten voor de vergister. Daarnaast is aangenomen dat in een ketel een deel van het ruwe biogas wordt verbrand om warmte voor de vergister te leveren. De elektriciteit voor de installatie wordt ingekocht en de kosten daarvan zijn meegenomen in de O&M-kosten.

A.3. Beschrijving referentie-warmtehub

De technisch-economische parameters voor de referentie-warmtehub inclusief biogasleiding zijn weergegeven in Tabel 96. Deze parameters leiden tot een kostprijs van een warmtehub van 1,1 €/GJ. Het biogas wordt met een jaargemiddelde efficiëntie van 90% omgezet in warmte.

Tabel 96: Technisch-economische parameters warmtehub

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Inputvermogen	[MW_{th_input}]	12,7	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne warmtevraag	[%]	5	
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ_{output}]	0,8	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten	[€/kW_{th_output}]	120	€ 1,4 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW_{th_output}]	1,7	€ 19.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ_{biogas}/ton]	0,0	
Grondstofkosten	[€/ton]	0	
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0	

A.4. Beschrijving referentie-gashub (hernieuwbaar gas)

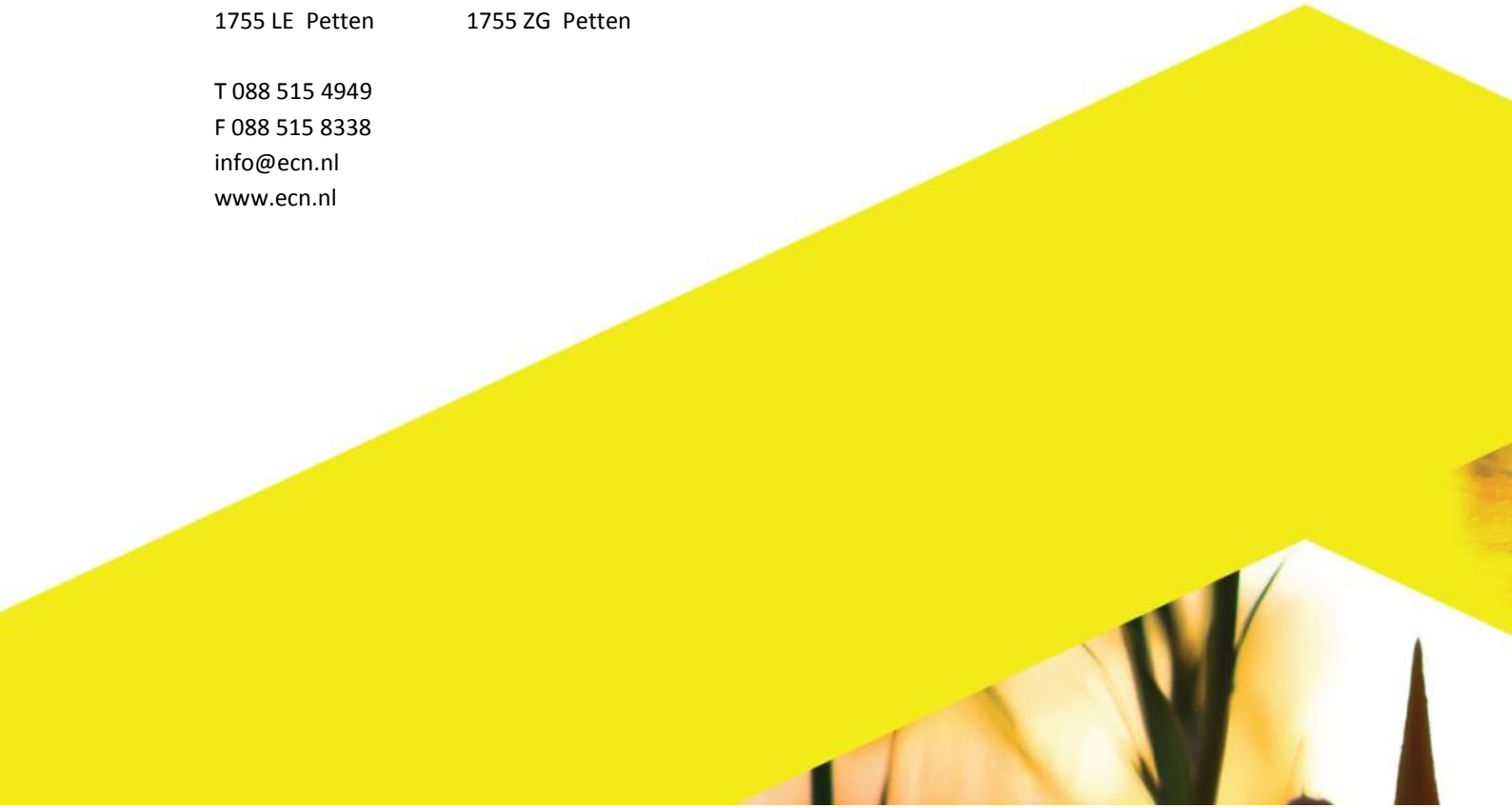
Het referentiesysteem voor een gashub (hernieuwbaar gas) heeft een ruwbiogasinput van 2200 Nm^3/h (of 1300 Nm^3/h aan hernieuwbaar gas) met gaswassing met behulp van chemicaliën als gaszuiveringstechniek. De warmte die nodig is voor deze techniek wordt opgewekt door een deel van het ruwe biogas in een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

De technisch-economische parameters voor deze referentie gashub, inclusief biogasleiding en hernieuwbaar gascompressie tot 40 bar, zijn weergegeven in Tabel 97. Deze parameters leiden tot een kostprijs van de gashub van 16,7 €ct/Nm^3. Het biogas wordt met een jaargemiddelde efficiëntie van bijna 90% omgezet in hernieuwbaar gas.

Tabel 97: Technisch-economische parameters gashub (hernieuwbaar gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2016	Totaalbedrag voor referentie
Referentiegrootte	[$Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$/h]	2200	
Vollasturen	[h/a]	8000	
Interne warmtevraag	[% biogas]	10%	
Interne elektriciteitsvraag (vergister)	[kWh/$Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$]	0,12	
Interne elektriciteitsvraag (gasopwaardering)	[kWh/$Nm^3_{netto,\ ruw\ biogas}$]	0,13	
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten (vergister)	[€ per $Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$/h]	0	€ 4 miljoen gezamenlijk
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per $Nm^3_{netto,\ ruw\ biogas}$/h]	2270	
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€ per $Nm^3_{bruto,\ ruw\ biogas}$/h]	0	€ 0,38 mln / jaar gezamenlijk
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€ per $Nm^3_{netto,\ ruw\ biogas}$/h]	190	
Energie-inhoud substraat	[GJ_{biogas}/ton]	0,0	
Grondstofkosten	[€/ton]	0	
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0	
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9%	

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