



Energy research Centre of the Netherlands

# **Basisbedragen in de SDE+ 2013**

## **Conceptadvies**

**S.M. Lensink (ECN)**

**J.A. Wassenaar (KEMA)**

**M. Mozaffarian (ECN)**

**S.L. Luxembourg (ECN)**

**C.J. Faasen (KEMA)**



ECN-E--12-017

Mei 2012

## Verantwoording

Dit rapport is geschreven door ECN in samenwerking met KEMA en in opdracht van het Ministerie van EL&I. Het onderzoek staat geregistreerd onder projectnummer 5.1562.03.01. Contactpersoon voor het project is Sander Lensink ([lensink@ecn.nl](mailto:lensink@ecn.nl)).

Aan het onderzoek is tevens meegewerkt door Edward Pfeiffer, Paul Franck (KEMA), Paul Vethman (ECN) en Paul Lako (ECN). De auteurs danken hen voor hun inbreng.

## Abstract

On assignment of the Dutch Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation, ECN and KEMA have studied the cost of renewable energy production. This cost assessment for various categories is part of an advice on the subsidy base 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 2013. The advice covers 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 2013 base rates. The open market consultation is to be held in June/July 2012.

## Disclaimer

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.

## Inhoud

Lijst van tabellen	4
Lijst van figuren	5
Samenvatting	6
1. Inleiding	8
2. Proces	9
3. Werkwijze en uitgangspunten	10
4. Toelichting premiestructuur	12
5. Prijzen voor elektriciteit en biomassa	15
5.1 Elektriciteit	15
5.2 Biomassa	15
5.2.1 Vaste biomassa: snoei- en dunningshout	15
5.2.2 Vloeibare biomassa	15
5.2.3 Vergisting: biomassa voor allesvergisters	16
5.2.4 Vergisting: biomassa voor mestcovergisters	16
6. Technisch-economische parameters	19
6.1 Vergisting van biomassa	19
6.1.1 Biogashubs	19
6.1.2 AWZI/RWZI	21
6.1.3 Mestmonovergisting	24
6.1.4 Mestcovergisting	26
6.1.5 Allesvergisting	28
6.2 Thermische conversie <10 MW <sub>e</sub>	30
6.3 Thermische conversie van biomassa (>10 MW <sub>e</sub> )	31
6.4 Ketel met vaste biomassa	32
6.5 Ketel met vloeibare biomassa	32
6.6 Bestaande installaties	33
6.6.1 Warmtebenutting bij bestaande projecten	33
6.6.2 Verlengde levensduur vergisting	35
6.6.3 Verlengde levensduur verbranding	36
6.7 Waterkracht	37
6.8 Windenergie	38
6.9 Diepe geothermie	39
6.10 Vergassing van biomassa	40
6.11 Zonthermisch	41
6.12 Indicatieve berekeningen voor duurdere opties	41
6.12.1 Inleiding	41
6.12.2 Zon-PV > 15 kW <sub>p</sub>	42
6.12.3 Wind op zee	42
6.12.4 Energie uit vrije stroming	43
6.12.5 Osmose	43
7. Overzicht basisbedragen	45
Afkortingen	48
Referenties	49

## Lijst van tabellen

Tabel S.1	<i>Overzicht basisbedragen conceptadvies SDE+ 2013 voor vergisting van biomassa</i>	6
Tabel S.2	<i>Overzicht basisbedragen conceptadvies SDE+ 2013 voor thermische conversie van biomassa</i>	7
Tabel S.3	<i>Overzicht basisbedragen conceptadvies SDE+ 2013 voor overige opties</i>	7
Tabel 4.1	<i>Berekeningswijze correctiebedragen</i>	14
Tabel 5.1	<i>Prijsprojecties biomassa</i>	18
Tabel 6.1	<i>Technisch-economische parameters WKK-hub</i>	20
Tabel 6.2	<i>Technisch-economische parameters warmtehub</i>	20
Tabel 6.3	<i>Technisch-economische parameters groengashub</i>	21
Tabel 6.4	<i>Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (groen gas)</i>	22
Tabel 6.5	<i>Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (hernieuwbare warmte)</i>	22
Tabel 6.6	<i>Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (WKK)</i>	23
Tabel 6.7	<i>Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (elektriciteit)</i>	24
Tabel 6.8	<i>Technisch-economische parameters mestmonovergisting (ruw biogas)</i>	25
Tabel 6.9	<i>Technisch-economische parameters mestmonovergisting (groen gas)</i>	25
Tabel 6.10	<i>Technisch-economische parameters mestmonovergisting (hernieuwbare warmte)</i>	26
Tabel 6.11	<i>Technisch-economische parameters mestmonovergisting (WKK)</i>	26
Tabel 6.12	<i>Technisch-economische parameters mestcovergisting (ruw biogas)</i>	27
Tabel 6.13	<i>Technisch-economische parameters mestcovergisting (groen gas)</i>	27
Tabel 6.14	<i>Technisch-economische parameters mestcovergisting (hernieuwbare warmte)</i>	28
Tabel 6.15	<i>Technisch-economische parameters mestcovergisting (WKK)</i>	28
Tabel 6.16	<i>Technisch-economische parameters allesvergisting (ruw biogas)</i>	29
Tabel 6.17	<i>Technisch-economische parameters allesvergisting (groen gas)</i>	29
Tabel 6.18	<i>Technisch-economische parameters allesvergisting (hernieuwbare warmte)</i>	30
Tabel 6.19	<i>Technisch-economische parameters allesvergisting (WKK)</i>	30
Tabel 6.20	<i>Technisch-economische parameters thermische conversie van biomassa &lt;10 MW<sub>e</sub></i>	31
Tabel 6.21	<i>Technisch-economische parameters thermische conversie van biomassa &gt;10 MW<sub>e</sub></i>	32
Tabel 6.22	<i>Technisch-economische parameters heetwaterketel op vaste biomassa</i>	32
Tabel 6.23	<i>Technisch-economische parameters stoom-bioketel op vloeibare biomassa</i>	33
Tabel 6.24	<i>Technisch-economische parameters warmtebenutting bij bestaande projecten</i>	34
Tabel 6.25	<i>Technisch-economische parameters warmtebenutting bij bestaande mestcovergisting</i>	35
Tabel 6.26	<i>Technisch-economische parameters warmtebenutting bij compostering (warmte)</i>	35
Tabel 6.27	<i>Technisch-economische parameters verlengde levensduur vergisting (WKK)</i>	36
Tabel 6.28	<i>Technisch-economische parameters verlengde levensduur vergisting (ruw biogas)</i>	36
Tabel 6.29	<i>Technisch-economische parameters verlengde levensduur verbranding</i>	37
Tabel 6.30	<i>Technisch-economische parameters waterkracht met valhoogte kleiner 5 meter</i>	37
Tabel 6.31	<i>Technisch-economische parameters waterkracht met valhoogte ≥ 5 meter</i>	38
Tabel 6.32	<i>Basisbedragen voor wind op land en wind in meer op grond van de bestaande categorieën binnen de SDE+</i>	38
Tabel 6.33	<i>Technisch-economische parameters diepe geothermie (warmte)</i>	39
Tabel 6.34	<i>Technisch-economische parameters diepe geothermie (WKK)</i>	40
Tabel 6.35	<i>Technisch-economische parameters vergassing van biomassa</i>	41
Tabel 6.36	<i>Technisch-economische parameters zonthermisch</i>	41
Tabel 6.37	<i>Technisch-economische parameters zon-PV &gt; 15 kW<sub>p</sub></i>	42
Tabel 6.38	<i>Technisch-economische parameters wind op zee</i>	43

Tabel 6.39	<i>Technisch-economische parameters energie uit vrije stroming</i>	43
Tabel 6.40	<i>Technisch-economische parameters osmose</i>	44
Tabel 7.1	<i>Overzicht basisbedragen Conceptadvies 2013 voor vergisting van biomassa</i>	45
Tabel 7.2	<i>Overzicht basisbedragen Conceptadvies 2013 voor thermische conversie van biomassa</i>	46
Tabel 7.3	<i>Overzicht basisbedragen Conceptadvies 2013 voor overige opties</i>	46

## Lijst van figuren

Figuur 5.1	<i>Geïndexeerde maïsprijzen 1996-2011 gebaseerd op cijfers van het LEI, index=100 voor het tweede kwartaal van 2010</i>	16
Figuur 5.2	<i>Stromen en prijzen voor vergistingsinputs en -outputs</i>	17

## Samenvatting

Het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie heeft advies gevraagd aan ECN en KEMA over de basisbedragen voor 2013. Dit rapport is een conceptversie dat gebruikt kan worden om marktpartijen nader te consulteren. In Tabel S.1 staat het overzicht van de basisbedragen voor vergisting van biomassa, in Tabel S.2 voor thermische conversie van biomassa en in Tabel S.3 voor overige opties.

Voor enkele categorieën zijn de berekende basisbedragen hoger dan 15 €/kWh, de bovengrens in de SDE+. Voor deze opties, te weten wind op zee, energie uit vrije stroming, osmose en zon-PV, zijn de basisbedragen gebaseerd op indicatieve berekeningen. De kostenontwikkelingen bij wind op zee en zon-PV zijn wel van dien aard, dat in komende jaren het betreffende basisbedrag alsnog onder de 15 €/kWh uit kan komen. Meer specifieke aandacht voor deze twee technieken is daarom in de toekomst gerechtvaardigd.

Tabel S.1 *Overzicht basisbedragen conceptadvies SDE+ 2013 voor vergisting van biomassa*

	Hub	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen samengesteld
Allesvergisting (zelfstandig)	nee	<i>Warmte</i>	15,7	[€/GJ]	7000	-
	nee	<i>WKK</i>	27,3	[€/GJ]	8000 / 4000	5739
	nee	<i>Groen gas</i>	58,1	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Allesvergisting (hubtoepassing)	ja	<i>Warmte</i>	14,9	[€/GJ]	7000	-
	ja	<i>WKK</i>	18,9	[€/GJ]	8000 / 4000	5935
	ja	<i>Groen gas</i>	59,3	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Mestcovergisting (zelfstandig)	nee	<i>Warmte</i>	18,8	[€/GJ]	7000	-
	nee	<i>WKK</i>	30,8	[€/GJ]	8000 / 4000	5732
	nee	<i>Groen gas</i>	71,6	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Mestcovergisting (hubtoepassing)	ja	<i>Warmte</i>	18,2	[€/GJ]	7000	-
	ja	<i>WKK</i>	22,2	[€/GJ]	8000 / 4000	5935
	ja	<i>Groen gas</i>	69,6	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Mestmonovergisting (zelfstandig)	nee	<i>Warmte</i>	17,4	[€/GJ]	7000	-
	nee	<i>WKK</i>	47,4	[€/GJ]	8000 / 0	-
	nee	<i>Groen gas</i>	71,8	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Mestmonovergisting (hubtoepassing)	ja	<i>Warmte</i>	15,8	[€/GJ]	7000	-
	ja	<i>WKK</i>	19,9	[€/GJ]	8000 / 4000	5935
	ja	<i>Groen gas</i>	62,2	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
AWZI/RWZI (thermischedrukhydrolyse)	nee	<i>Elektriciteit</i>	9,6	[€/kWh]	8000	-
AWZI/RWZI (vervanging gasmotor)	nee	<i>Warmte</i>	12,2	[€/GJ]	7000	-
	nee	<i>WKK</i>	17,9	[€/GJ]	8000 / 4000	5750
	nee	<i>Groen gas</i>	34,8	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Allesvergisting (verlengde levensduur)	nee	<i>WKK</i>	22,5	[€/GJ]	8000 / 4000	5749
Allesvergisting (verlengde levensduur)	ja	<i>Groen gas</i>	47,5	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	nee	<i>WKK</i>	25,9	[€/GJ]	8000 / 4000	5749
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	ja	<i>Groen gas</i>	54,5	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	ja	<i>Warmte</i>	13,4	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande allesvergisting	nee	<i>Warmte</i>	6,3	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande mestcovergisting	nee	<i>Warmte</i>	8,2	[€/GJ]	4000	-
Warmtebenutting bij compostering	nee	<i>Warmte</i>	2,0	[€/GJ]	7000	-

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

Tabel S.2 *Overzicht basisbedragen conceptadvies SDE+ 2013 voor thermische conversie van biomassa*

	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen *	Vollasturen sa- mengesteld
Vergassing	<i>Groen gas</i>	97,5	[€ct/Nm <sup>3</sup> ]	7500	-
Verbranding kleiner dan 10 MW <sub>e</sub>	<i>WKK</i>	26,0	[€/GJ]	8000 / 7500	6214
Verbranding groter dan 10 MW <sub>e</sub>	<i>WKK</i>	22,2	[€/GJ]	8000 / 7500	6351
Verbranding verlengde levensduur	<i>WKK</i>	18,7	[€/GJ]	8000/4000	4429
Ketel op vaste biomassa	<i>Warmte</i>	10,9	[€/GJ]	7000	-
Ketel op vloeibare biomassa	<i>Warmte</i>	20,8	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande AVI's	<i>Warmte</i>	6,3	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande verbanding	<i>Warmte</i>	6,3	[€/GJ]	7000	-

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

Tabel S.3 *Overzicht basisbedragen conceptadvies SDE+ 2013 voor overige opties*

	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen *	Vollasturen samengesteld
<b>Bodemenergie en aardwarmte</b>					
Diepe geothermie	<i>Warmte</i>	9,0	[€/GJ]	5500	-
Diepe geothermie	<i>WKK</i>	18,9	[€/GJ]	8000 / 4000	4667
<b>Windenergie</b>					
Wind op land < 6 MW	<i>Elektriciteit</i>	9,6	[€ct/kWh]	2200	-
Wind op Land < 6 MW	<i>Elektriciteit</i>	8,5	[€ct/kWh]	2650	-
Wind op Land ≥ 6 MW	<i>Elektriciteit</i>	9,6	[€ct/kWh]	3000	-
Wind in meer	<i>Elektriciteit</i>	12,3	[€ct/kWh]	3100	-
Wind op zee	<i>Elektriciteit</i>	16,0	[€ct/kWh]	4000	-
<b>Energie uit water</b>					
Laag verval (<5 m)	<i>Elektriciteit</i>	11,8	[€ct/kWh]	7000	-
Hoog verval (>5 m)	<i>Elektriciteit</i>	7,1	[€ct/kWh]	4800	-
Energie uit vrije stroming	<i>Elektriciteit</i>	25,5	[€ct/kWh]	2800	-
Osmose	<i>Elektriciteit</i>	49,3	[€ct/kWh]	8000	-
<b>Zonne-energie</b>					
Zon-PV (> 15 kW <sub>p</sub> )	<i>Elektriciteit</i>	15,1	[€ct/kWh]	1000	-
Zonthermisch	<i>Warmte</i>	31,5	[€/GJ]	700	-

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

## 1. Inleiding

Het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I) heeft aan ECN en KEMA advies gevraagd over de hoogte van de basisbedragen in het kader van de SDE+-regeling voor 2013. Evenals bij vergelijkbare onderzoeken in voorgaande jaren, hebben ECN en KEMA in overleg met het ministerie gekozen om een conceptadvies aan de markt voor te leggen. Dit rapport bevat het conceptadvies.

ECN en KEMA adviseren het ministerie over de hoogte van de basisbedragen voor door het ministerie voorgeschreven categorieën. De Minister van EL&I beslist over de openstelling van de SDE+-regeling in 2013, de open te stellen categorieën en de basisbedragen voor nieuwe SDE+-beschikkingen in 2013.

### *Leeswijzer*

De uitgangspunten van het advies, zoals opdracht en rekenmethodiek, staan genoemd in Hoofdstuk 2. In Hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de werkwijze en randvoorwaarden, zoals flankerend beleid en financiële uitgangspunten. De feed-in-premiestructuur van de SDE+ wordt toegelicht in Hoofdstuk 4.

De prijsontwikkelingen voor elektriciteit, gas en biomassa worden toelicht in Hoofdstuk 5. Hoofdstuk 6 geeft per categorie een overzicht van de technisch-economische parameters van de hernieuwbare-energieopties. Hoofdstuk 7 besluit met conclusies waarbij de vertaalslag naar basisbedragen gemaakt is.



## 2. Proces

Dit rapport, het conceptadvies, is gepubliceerd op 15 mei 2012 ten behoeve van een openbare marktconsultatie. Als eerste aanzet hiertoe is op 7 mei 2012 een informatiebijeenkomst voor brancheorganisaties gehouden bij het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Met dit rapport worden marktpartijen uitgenodigd om schriftelijk een reactie op dit rapport naar ECN te sturen. Om de schriftelijke reacties mee te kunnen wegen in het eindadvies, dienen deze van onderbouwing in de vorm van verifieerbare informatie (contracten, offertes, business cases) te worden voorzien en verzonden te worden aan:

Dr. S.M. Lensink  
Energieonderzoek Centrum Nederland  
Unit Beleidsstudies  
Postbus 1  
1755 ZG PETTEN

De reacties kunnen ook per e-mail verstuurd worden aan [lensink@ecn.nl](mailto:lensink@ecn.nl).

De reacties dienen uiterlijk 15 juni 2012 bij ECN binnen te zijn.

Na de marktconsultatie zullen ECN en KEMA een eindadvies opstellen. In een aparte bijlage bij dit eindadvies zullen de binnengekomen consultatiereacties opgenomen worden, tenzij de betreffende marktpartij vertrouwelijkheid van de reactie wenst. Hierbij zullen ECN en KEMA aangegeven hoe zij de reacties hebben verwerkt in het advies. Het proces, het advies en de wijze waarop ECN en KEMA de binnengekomen marktreacties hebben meegewogen, zullen onderwerp zijn van een externe review door Fraunhofer ISI in opdracht van het Ministerie van EL&I.

### 3. Werkwijze en uitgangspunten

Het Ministerie van EL&I heeft aan ECN en KEMA advies gevraagd voor het vaststellen van de basisbedragen in het kader van de SDE+-regeling voor 2012. De te adviseren basisbedragen bevatten de productiekosten, vermeerderd met eventuele regelingsspecifieke meerkosten in relatie tot het afsluiten van elektriciteits- of gascontracten. Het ministerie heeft vooraf categorieën benoemd in de adviesvraag. Voor alle categorieën berekent ECN en KEMA de productiekosten van hernieuwbare elektriciteit, groen gas of hernieuwbare warmte. De Minister van EL&I besluit over de uiteindelijke openstelling van categorieën. Noch aan de opname noch aan de afwezigheid van een categorie in de adviesvraag kunnen conclusies ten aanzien van openstelling verbonden worden.

In het overleg tussen het Ministerie en ECN en KEMA zijn de uitgangspunten voor de berekening vastgesteld. Hierbij is rekening gehouden met de effectiviteit en efficiëntie van een regeling als de SDE+, cf. (Van Sambeek *et al.*, 2002). Dit impliceert dat de SDE+-vergoeding, en dus de basisbedragen, voldoende hoog moeten zijn om productie van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte en groen gas in de categorieën mogelijk te maken, maar dat de basisbedragen niet toereikend hoeven te zijn voor alle geplande projecten. Als vuistregel geldt dat het merendeel van de projecten per categorie met de basisbedragen doorgang moet kunnen vinden.

Bij het berekenen van de productiekosten dient rekening gehouden te worden met bestaande wet- en regelgeving, voor zover generiek van toepassing in Nederland. Het advies gaat dus uit van beleid waarvan vaststaat (op basis van besluitvorming) dat het in 2013 van kracht is. De productiekosten hebben betrekking op projecten waarvoor in 2013 SDE+ aangevraagd kan worden en die in 2013 of begin 2014 als bouwproject van start kunnen gaan. Voor de productiekosten van zon-PV heeft het Ministerie van EL&I aangegeven dat uitgegaan dient te worden van de productiekosten in de tweede helft van 2014.

Voor iedere categorie is een referentie-installatie bepaald. De referentie-installatie bestaat uit een bepaalde techniek (of combinatie van technieken) in combinatie met een gangbaar aantal vollasturen en voor de bio-energiecategorieën een referentiebrandstof. De referentie-installatie (eventueel in combinatie met een referentiebrandstof) acht ECN en KEMA ook gangbaar voor nieuwe projecten in de te onderzoeken categorie.

Voor de bepaalde brandstof-techniekcombinaties worden de technisch-economische parameters bepaald. Op basis van deze parameters worden de productiekosten en basisbedragen bepaald met behulp van een gestileerd kasstroommodel; dit model is te raadplegen via de ECN-website<sup>1</sup>.

De SDE+-regeling vergoedt het verschil tussen de productiekosten van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte en groen gas enerzijds en de marktprijs van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte of groen gas anderzijds. De productiekosten in deze zijn de meerkosten van de zogenoemde referentie-installatie om te komen tot productie van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte of groen gas ten opzichte van de alternatieve aanwending van de hernieuwbare-energiebron. 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. Gerekend wordt met de meerkosten om deze stromen of producten in te zetten voor productie van hernieuwbare elektriciteit of groen gas. Voor biomassakosten wordt uitgegaan van de prijzen die betaald moeten worden om de biomassa bij de installatie geleverd te krijgen. Om de meerkosten te bepalen wordt gerekend met het verschil tussen bovengenoemde biomassaprijzen en de prijzen voor biomassa, als deze biomassa niet ge-

---

<sup>1</sup> <http://www.ecn.nl/nl/units/ps/themas/hernieuwbare-energie/projecten/sde>.

bruikt zou worden voor productie van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte of groen gas.

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

Voor alle 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 in beginsel gelijk verondersteld aan de subsidieduur, met uitzondering van de afschrijvingstermijn van enkele componenten van installaties voor waterkracht en geothermie.

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

## 4. Toelichting premiestructuur

### *SDE+: Basisbedragen en correctiebedragen*

De SDE+-regeling is een regeling met een variabele feed-inpremie. Het is een exploitatievergoeding, waarbij de vergoeding in beginsel uitgekeerd wordt over alle hernieuwbare energie die wordt ingevoerd (vandaar 'feed in') op een net. De uit te keren premie is het verschil tussen een *basisbedrag* en een *correctiebedrag*. Het basisbedrag komt overeen met de productiekosten van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbare warmte of groen gas. Het correctiebedrag wordt vastgesteld op basis van de werkelijke inkomsten. Iedere categorie kent eigen basis- en correctiebedragen. De basisbedragen staan vast gedurende de looptijd van de SDE+-beschikking. De correctiebedragen worden ieder jaar herberekend.

### *Basisprijzen*

De uit te keren feed-inpremie is gemaximeerd. De premie dekt in beginsel de gehele onrendabele top van een productie-installatie, basisbedrag – correctiebedrag, tenzij de gas-, elektriciteits- of warmteprijs onder een bepaalde waarde zakt, onder de zogenoemde *basisprijs*. Deze waarde is in de SDE+-regeling vastgelegd op 2/3<sup>e</sup> van de verwachte correctiebedragen, gebaseerd op de langetermijn ontwikkeling van de energieprijzen.

### *Basisprijspremie en transactiekosten*

De SDE+-regeling vergoedt het verschil tussen de productiekosten en de marktprijs van elektriciteit, gas of warmte. Daarbij wordt verondersteld dat de geleverde hernieuwbare energie ook op de markt wordt verhandeld. De transactiekosten om contracten over de energielevering af te sluiten worden meegenomen in de basisbedragen. Deze bedragen 0,09 €/kWh voor elektriciteit, voor warmte zijn ze daar equivalent aan verondersteld. Voor groen gas is gerekend met jaarlijkse kosten van € 15.000 voor aansluitingen op een regionaal gasnet tot € 350.000 voor aansluiting op het hogedruknet. Ook de kosten van het risico dat de correctiebedragen onder de basisprijzen dalen, zijn meegewogen in het basisbedragen. Hiertoe wordt een basisprijspremie berekend, die gezien kan worden als een verzekeringspremie tegen lage energieprijzen. De basisprijspremie, variërend van 0 tot 0,25 €/kWh, verhoogt het basisbedrag.

### *Correctiebedragen, onbalans- en profielfactor*

Voor enkele categorieën, zoals windenergie en zon-PV, worden de correctiebedragen gecorrigeerd met een onbalansfactor of een profielfactor. Deze factoren zijn geen onderdeel van dit advies en worden in dit rapport dan ook niet behandeld. Ook de correctiebedragen zelf zijn geen onderdeel van dit advies, toch is hieronder ter verduidelijking de berekeningswijze nader toegelicht.

### *Vollasturen WKK*

Voor categorieën productie-installaties voor gecombineerde opwekking van elektriciteit en warmte wordt onderscheid gemaakt in het warmtevermogen en het elektriciteitsvermogen van een installatie. Daaraan gerelateerd is er ook onderscheid gemaakt tussen het aantal vollasturen voor warmteproductie en het aantal vollasturen voor elektriciteitsproductie. Om producenten de flexibiliteit te geven om de verhouding tussen warmte en elektriciteitsproductie te variëren, krijgen installaties een beschikking op basis van het totale vermogen (nominale vermogen elektriciteit plus nominale vermogen warmte). Deze nominale vermogens hoeven niet gelijktijdig realiseerbaar te zijn.

Bij het totale vermogen van een installatie hoort één maximum aantal vollasturen waarover jaarlijks subsidie wordt uitgekeerd. Dit maximum aantal vollasturen is een samengesteld aantal vollasturen voor elektriciteit en warmte gewogen naar de warmtekrachtverhouding van de referentie-installatie. Het gaat daarbij om de gemiddelde warmtekrachtverhouding van de referentie-

installatie tijdens productie. Het maximum aantal vollasturen voor gecombineerde opwekking van elektriciteit en warmte, waarbij geen elektriciteitsderving optreedt bij warmte-uitkoppeling, wordt als volgt berekend:

$$\text{Vollasturen voor gecombineerde opwekking} = \frac{\frac{\text{thermisch vermogen}_{\text{referentie}} \times \text{vollasturen warmte}_{\text{referentie}}}{\text{thermisch vermogen}_{\text{referentie}}} + \frac{\text{elektrisch vermogen}_{\text{referentie}} \times \text{vollasturen elektriciteit}_{\text{referentie}}}{\text{elektrisch vermogen}_{\text{referentie}}}}{\frac{\text{thermisch vermogen}_{\text{referentie}}}{\text{thermisch vermogen}_{\text{referentie}}} + \frac{\text{elektrisch vermogen}_{\text{referentie}}}{\text{elektrisch vermogen}_{\text{referentie}}}}$$

Bij installaties die gebruik maken van een turbine wijkt de warmtekrachtverhouding tijdens productie af van de warmtekrachtverhouding op basis van het elektrische en thermische vermogen van de installatie. Dit heeft te maken met het feit dat beide vermogens niet gelijktijdig benut kunnen worden. Bij warmteproductie op vollast daalt bij deze installaties het elektrisch vermogen. Er is dan sprake van elektriciteitsderving. Het maximum aantal vollasturen voor installaties voor gecombineerde opwekking van elektriciteit en warmte die gebruik maken van een turbine wordt als volgt berekend:

$$\text{Vollasturen voor gecombineerde opwekking} = \frac{\frac{\text{thermisch nominaal vermogen}_{\text{referentie}} \times \text{vollasturen warmte}_{\text{referentie}}}{\text{thermisch nominaal vermogen}_{\text{referentie}}} + \frac{\text{elektrisch vermogen}_{\text{referentie}} \times \text{vollasturen warmte}_{\text{referentie}}}{\text{elektrisch vermogen}_{\text{referentie}}}}{\frac{\text{thermisch nominaal vermogen}_{\text{referentie}}}{\text{thermisch nominaal vermogen}_{\text{referentie}}} + \frac{\text{elektrisch nominaal vermogen}_{\text{referentie}}}{\text{elektrisch nominaal vermogen}_{\text{referentie}}}} \times \left( \frac{\text{vollasturen elektriciteit}_{\text{referentie}}}{\text{vollasturen elektriciteit}_{\text{referentie}}} - \frac{\text{vollasturen warmte}_{\text{referentie}}}{\text{vollasturen warmte}_{\text{referentie}}} \right)$$

Een weging naar warmtekrachtverhouding zoals hierboven beschreven wordt ook toegepast bij het bepalen van de basisprijs en de correctiebedragen behorend bij de SDE+-regeling. De berekeningswijze van de correctiebedragen wordt omwille van transparantie tijdens het consultatieproces hieronder getoond. Deze bedragen zullen evenwel geen onderdeel uitmaken van het eindadvies.

### *Berekeningswijze correctiebedragen*

De correctiebedragen voor de verschillende categorieën binnen de SDE+ zijn gebaseerd op verschillende marktindices. Het gaat hierbij om de aardgasprijs en de elektriciteitsprijzen voor basislast en pieklast en afgeleiden hiervan. Voor de warmte- en WKK-opties bepaalt de prijs van warmte (mede) het correctiebedrag. De prijzen voor warmte zijn afgeleid van de aardgasprijs; er wordt een onderscheid gemaakt naar de referentiesituatie: gasketel of WKK. Voor warmtelevering door middel van een hub, diepe geothermie (warmte) en warmtebenutting bij bestaande installaties wordt WKK als referentie beschouwd (Hernieuwbare warmte – 1 in Tabel 4.1). De waarde van warmte is voor deze categorieën gesteld op 70% van de aardgasprijs. Voor de overige categorieën voor warmtelevering is een gasketel met 90% rendement als referentie gekozen (Hernieuwbare warmte - 2 in Tabel 4.1). Energiebelasting (EB) wordt meegerekend in overeenstemming met de omvang van het referentieproject.

Het correctiebedrag wordt uitgerekend door toepassing van onderstaande vergelijking

$$\text{Correctiebedrag} = \text{Prijsindex} \times \text{Factor}$$

In Tabel 4.1 is een overzicht gegeven van de verschillende berekeningsvarianten, die van toepassing zijn voor de verschillende categorieën.

Tabel 4.1 *Berekeningswijze correctiebedragen*

	Warmte-referentie	Eenheid	Prijsindex	Factor
Hernieuwbare Warmte - 1	Gasketel	[€/GJ]	aardgasprijs(+ EB)/0,9	
Hernieuwbare Warmte - 2	WKK	[€/GJ]	0,7*(aardgasprijs+EB)	
WKK	WKK	[€/GJ]	samengesteld <sup>2</sup>	
Groen gas	-	[€/Nm <sup>3</sup> ]	aardgasprijs	
Hernieuwbare elektr. - Wind	-	[€/kWh]	Elek. - basislast	Onbalansfactor* windfactor
Hernieuwbare elektr. – Zon-PV	-	[€/kWh]	Elek. - pieklast	Onbalansfactor
Hernieuwbare elektr. – overig	-	[€/kWh]	Elek. - basislast	

<sup>2</sup> De prijsindex voor WKK is als volgt samengesteld:  $Index_{WKK} = \frac{0,7(aardgasprijs+EB)^{W/K} + El.prijs_{basislast}}{1+W/K}$ ; waarbij alle prijzen uitgedrukt zijn in [€/GJ].

## 5. Prijzen voor elektriciteit en biomassa

### 5.1 Elektriciteit

De basisbedragen zijn een maat voor de productiekosten van hernieuwbare-energieopties. De productiekosten zijn niet direct gerelateerd aan de prijzen van fossiele brandstoffen zoals kolen, gas en olie. Sommige installaties hebben een additionele energievraag die niet vanuit de eigen installatie gedekt wordt. Hierbij denke men aan groegasinstallaties, die elektriciteit gebruiken. Het elektriciteitstarief wordt aangenomen op 14 €/kWh bij een vraag tot 50 MWh/jaar en 7 €/kWh bij een hogere elektriciteitsvraag dan 50 MWh/jaar.

### 5.2 Biomassa

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

Snoei- en dunningshout is de referentiebrandstof voor nieuwe installaties voor thermische conversie van vaste biomassa<sup>3</sup>. 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. De prijsrange voor snoei- en dunningshout ligt tussen de 35 en de 55 €/ton. Als referentieprijs is 45 €/ton aangenomen of 5 €/GJ.

Omdat voor snoei- en dunningshout met name sprake is van een lokale markt met aan de grens interacties met Duitsland en België is dezelfde risico-opslag als die destijds bepaald is voor knip- en snoeihout van toepassing (Lensink *et al.*, 2010). Voor de categorie snoei- en dunningshout wordt een risico-opslag van 1 €/ton verondersteld.

In voorgaande jaren was B-hout de referentiebrandstof. Bij een stijging van het basisbedrag ten gevolge van het overschakelen van B-hout naar een nieuwe referentiebrandstof, is het zaak om concurrentievervalsing op de markt voor B-hout te voorkomen. Nagenoeg al het nationaal beschikbare B-hout zou immers al gebruikt worden, waardoor nieuwe installaties op uit Nederland afkomstig B-hout enkel tot verplaatsing van productie van hernieuwbare energie zou leiden. De nieuwe installaties zouden niet tot méér productie leiden. Daarom hebben ECN en KEMA, afgaande op signalen uit de marktconsultatie, geadviseerd om B-hout voor 2012 uit te sluiten van ondersteuning in de SDE+. De recentste signalen van de markt duiden er echter op, dat kosten-effectieve import van B-hout ook mogelijk zou zijn. De referentie-installaties in het conceptadvies maken, evenals in het advies voor 2012, geen gebruik van B-hout.

#### 5.2.2 Vloeibare biomassa

De prijs van plantaardige oliën laat nog steeds een oplopende tendens zien. De prijsbewegingen van deze oliën kunnen als leidend beschouwd worden voor de prijsbewegingen voor de referentiebrandstof van dierlijk vet. Voor 2013 wordt een gemiddelde prijs verwacht van 625 €/ton bij een stookwaarde van 39 GJ/ton. Door de correlatie tussen de prijzen van dierlijke vetten en plantaardige oliën en de goed ontwikkelde internationale markt voor plantaardige oliën kan het prijsrisico goed gemitigeerd worden.

---

<sup>3</sup> Voor grote installaties wordt ook import van hout chips overwogen. Het prijsniveau van deze stromen ligt op ca. 7 €/GJ.

### 5.2.3 Vergisting: biomassa voor allesvergisters

In de categorie van allesvergisting wordt een installatie beschouwd die reststromen gebruikt uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie of uit de biobrandstofproductie. Als referentiebrandstof wordt uitgegaan van reststoffen uit de voedings- en genotsmiddelen industrie, waar het prijsniveau bepaald wordt door veevoedermarkten. De referentieprijs voor 2013 is gelijk verondersteld aan de prijs voor 2012 van 25 €/ton bij een biogasproductie van 3,4 GJ/ton.

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

### 5.2.4 Vergisting: biomassa voor mestcovergisters

#### *Grondstoffen voor mestcovergisting - mest*

De prijs voor drijfmest kent regionale verschillen en loopt van € 0 tot -5 per ton in mesttekortgebieden tot maximaal € -15 tot -20 per ton in mestoverschotgebieden. Als referentieprijs wordt uitgegaan van € -15 per ton voor eigen bedrijf. Rekening houdend met transportkosten is de referentieprijs voor externe aanvoer -10 €/ton.

Van de totale input blijft ca. 90% over als digestaat. Voor de afvoer van digestaat dient gemiddeld 15 €/ton betaald te worden.

#### *Grondstoffen voor mestcovergisting - cosubstraat*

Dit jaar is de zogeheten positieve lijst van coproducten wederom uitgebreid, nu met ruim 80 nieuwe producten. Deze producten worden op dit moment hoofdzakelijk geëxporteerd naar buitenlandse vergisters. Met het toelaten van deze co-producten wordt meer aangesloten bij de regelgeving voor buitenlandse vergisters. Wel is er een begrenzing aan de gehalten zware metalen en organische verontreinigingen. Deze nieuwe uitbreiding zal de druk op de markt voor coproducten enigszins verlichten, en zal de biogasopbrengst van de installaties op niveau houden.

Jaar op jaar treden fluctuaties op in de marktprijzen van maïs. Zie voor de illustratie van de schommeling van prijzen Figuur 5.1.



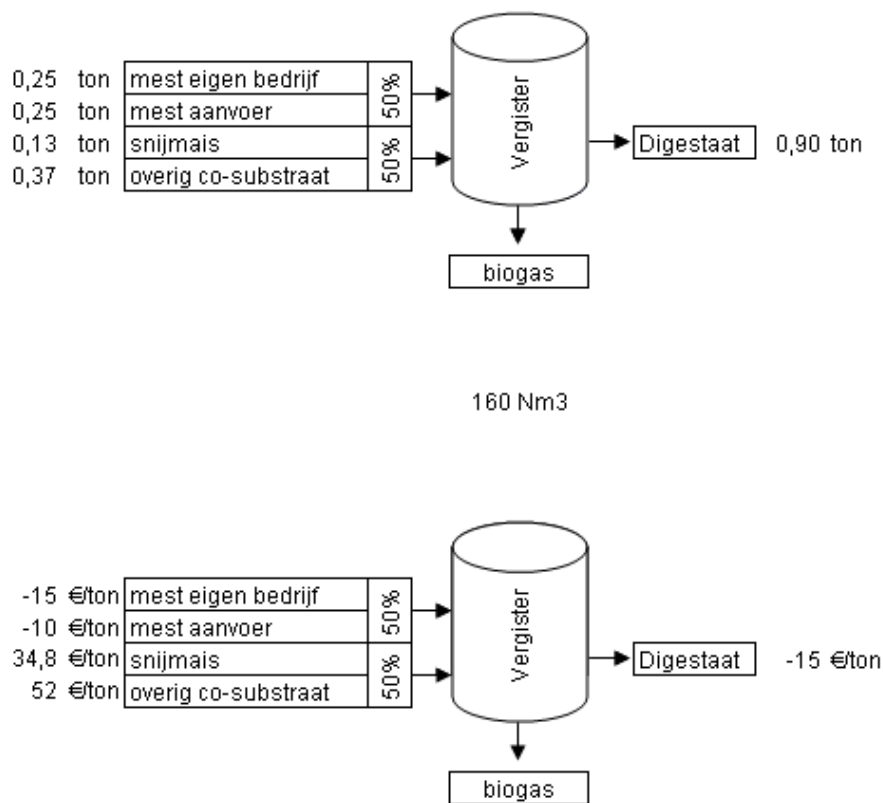
Figuur 5.1 Geïndexeerde maïsprijzen 1996-2011 gebaseerd op cijfers van het LEI, index=100 voor het tweede kwartaal van 2010



Om te voorkomen dat jaarlijkse schommelingen grote invloed krijgen op de berekende basisbedragen, is uit de marktconsultatie van 2010 naar voren gekomen dat een langjarig gemiddelde als uitgangspunt wenselijker is. Om te corrigeren voor schommelingen, is het gemiddelde van de afgelopen vijf jaar berekend op basis van handelsinformatie van het LEI (gecorrigeerd voor transport). De gemiddelde maïsprijs over de periode juni 2006 tot en met juni 2011 is 34,8 €/ton. In het eindadvies SDE+ 2013 zal het gemiddelde een update krijgen tot de maanden in 2012 die op het moment van schrijven bij het LEI beschikbaar zijn.

Aangezien door de hoge maïsprijzen van de laatste jaren steeds meer overige agrarische reststoffen ingezet worden om de gemiddelde cosubstraatprijs te drukken en de gemiddelde gasopbrengst te verhogen, is het aandeel maïs gereduceerd tot minder dan 30% van het cosubstraat. De overige 70% wordt opgevuld door energiemixen, gewasresten en glycerine. Al zal glycerine door de hoge prijs deels vervangen worden door nieuw toegestane co-producten die tot nu toe geëxporteerd werden.

Figuur 5.2 geeft een schematische weergave van de aangenomen grondstofstromen in de covergister.



Figuur 5.2 *Stromen en prijzen voor vergistingsinputs en -outputs*<sup>4</sup>

Naast maïs worden energierijke overige cosubstraten ingezet. Als referentiegasopbrengst van overig cosubstraat is 330 Nm<sup>3</sup>/ton aangenomen. De gemiddelde prijs voor cosubstraat (exclusief maïs) in 2012 is - gezien de prijsontwikkelingen van de energierijke cosubstraten - geïndexeerd met 4% naar 7,5 €/GJ of 52 €/ton met een netto gasopbrengst van 6,9 GJ/ton. Deze prijs wordt

<sup>4</sup> In de berekeningsmethodiek wordt uitgegaan van de in de markt gebruikelijke methode om de energie inhoud van de mestinput en cosubstraten uit te drukken in gasopbrengst in Nm<sup>3</sup>/ton of GJ/ton bij een bepaalde energie-inhoud van het gas (21 MJ/m<sup>3</sup>). In de berekening wordt gerekend met de energie-inhoud van grondstoffen in GJ gasopbrengst per ton input. Voor de volledigheid: tonnen input zijn gebaseerd op het gehele product en niet alleen op het drogestofgehalte.

nog aangepast in het eindadvies op basis van de indexatie van de maïsprijs. De gasopbrengst van de totale input, mest en cosubstraat bedraagt 3,4 GJ/ton. Voor toekomstige prijsontwikkelingen worden in de cashflow berekening van de basisbedragen alle kostenposten met 2%/jaar geïndexeerd voor inflatie. Dit geldt dus ook voor de grondstofkosten. Zie Tabel 5.1 voor een overzicht van de gehanteerde prijzen voor de referentiebrandstoffen.

Tabel 5.1 *Prijsprojecties biomassa*

	Energie-inhoud [GJ/ton]	Prijs (range) [€/ton]	Referentieprijs [€/GJ]
Vloeibare biomassa			
Dierlijk vet	39	625 (575-675)	16,0
Vaste biomassa			
Snoei- en dunningshout	9	45 (35-55)	5,0
Vergisting*			
Allesvergistingsinput	3,4	25	7,4
<i>Aanvoer dierlijke mest</i>	<i>0,63</i>	<i>-10 (-20 tot 0)</i>	<i>-16</i>
<i>Afvoer dierlijke mest</i>	<i>0,63</i>	<i>-15 (-30 tot -5)</i>	<i>-24</i>
<i>Maïs</i>	<i>3,8</i>	<i>34,8 (25-45)</i>	<i>9,2</i>
<i>Overig cosubstraat</i>	<i>6,9</i>	<i>52 (23 tot 200)</i>	<i>7,5</i>
Covergistingsinput	3,4	31 (14-32)	9,2

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

## 6. Technisch-economische parameters

### 6.1 Vergisting van biomassa

#### 6.1.1 Biogashubs

##### *Inleiding*

Ruw biogas dat geproduceerd is bij verschillende vergistinginstallaties kan via een lagedrukleiding naar een centraal punt worden getransporteerd. Op de zogeheten hubs wordt het biogas ingezet voor de productie van elektriciteit en/of warmte. Het kan ook gezuiverd worden tot groen gas.

Een productiesysteem voor ruw biogas bestaat uit de volgende onderdelen:

- Vergister.
- Beperkte gasreiniging: deze stap bestaat met name uit een diepere zwavelwaterstof-verwijdering dan bij direct gebruik ter plaatse van het biogas in een WKK en uit ammoniak-verwijdering.
- Warmte voor de vergister: een deel van het biogas wordt ingezet in een ketel om de vereiste warmte te leveren aan de vergister. Deze heeft verder elektriciteit van het net nodig.
- Gasdroging: het biogas dient voor het transport door ruw biogasleidingen goed ontwaterd te worden.
- Eventueel transport naar een externe toepassing: het biogas (CH<sub>4</sub> en CO<sub>2</sub>) wordt geleverd aan een andere installatie, waar het wordt ingezet ter vervanging van aardgas.

##### *Referentiesystemen productie ruw biogas*

De belangrijkste aannames bij de bepaling van de technisch-economische parameters voor de productie van ruw biogas zijn:

- De kosten voor CO<sub>2</sub>-afscheiding worden niet meegenomen in de berekening.
- De kosten voor verwijdering van zwavelwaterstof of ammoniak, voor zover vergelijkbaar bij direct gebruik ter plaatse van het biogas in een WKK, zijn verdisconteerd in de kosten voor de vergister. Daarnaast is rekening gehouden met extra kosten voor additionele gasreiniging, gasdroging, extra investering voor een betere gasmeting dan bij WKK-toepassingen en een compressor om ruw biogas op de juiste leidingdruk te brengen.
- Verbranding in een ketel van een deel van het ruwe biogas levert de warmte voor de vergister.
- De elektriciteit voor de installatie wordt afgenomen van het net.

De kosten voor de groengasproductie hebben betrekking op de extra kosten voor additionele gasreiniging, gasdroging, extra investering voor een betere gasmeting dan bij WKK-toepassingen en een compressor om ruw biogas op de juiste leidingdruk te brengen.

##### *Biogasleiding*

Om het ruwe biogas van de vergisters naar de centrale hub te leiden, is een biogasleiding nodig. De kosten van een biogasleiding met de geraamde diameter van 110 mm bedragen ca. 60.000 €/km. Er wordt uitgegaan van een pijpleiding met een lengte van 10 km.

### Beschrijving referentie-WKK-hub

De technisch-economische parameters voor de referentie WKK-hub, inclusief biogasleiding zijn weergegeven in Tabel 6.1. Deze parameters leiden tot een kostprijs van een WKK-hub van 4,9 €/GJ.

Tabel 6.1 *Technisch-economische parameters WKK-hub*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	11
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	4,5
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	4,8
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000
Maximaal elektrisch rendement	[%]	41
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		n.v.t.
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	255
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	45
Variabele O&M-kosten (electriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	0
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	n.v.t.
Brandstofprijs	[€/ton]	0
Brandstofprijsoverlag	[€/ton]	0
Productiekosten	[€/GJ]	4,9

### Beschrijving referentie-warmtehub

De technisch-economische parameters voor de referentie-warmtehub, inclusief biogasleiding zijn weergegeven in Tabel 6.2. Deze parameters leiden tot een kostprijs van een warmtehub van 0,8 €/GJ.

Tabel 6.2 *Technisch-economische parameters warmtehub*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	11
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	95
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	1,5
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	n.v.t.
Brandstofprijs	[€/ton]	0
Brandstofprijsoverlag	[€/ton]	0
Productiekosten	[€/GJ]	0,8

### Beschrijving referentie-groengashub

Het referentiesysteem voor een groengashub heeft een ruwbiogasinput van 2200 Nm<sup>3</sup>/h (of 1250 Nm<sup>3</sup>/h aan groen gas). Als gaszuiveringstechniek is gekozen voor gaswassing met chemicaliën. De warmte die nodig is voor deze techniek wordt opgewekt door een deel van het ruwe biogas in een ketel te stoken. De vereiste elektriciteit wordt afgenomen van het net.

Er wordt uitgegaan van de invoeding van het geproduceerde groen gas op het landelijke hogedruknet van 40 bar. Aangezien de gekozen referentie-zuiveringstechniek (gaswassing met chemicaliën) onder atmosferische druk werkt, dient het geproduceerde groen gas tot 40 bar gecomprimeerd te worden.

De technisch-economische parameters voor de referentie groengashub, inclusief biogasleiding en groengascompressie tot 40 bar, zijn weergegeven in Tabel 6.3. Deze parameters leiden tot een kostprijs van een groengashub van 14,7 €/Nm<sup>3</sup>.

Tabel 6.3 *Technisch-economische parameters groengashub*

		Conceptadvies 2013
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	2200
Vollasturen	[h/a]	8000
Interne warmtevraag	[% biogas]	10
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,23
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,07
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	n.v.t.
Grondstofkosten	[€/ton]	0
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0
Investeringskosten	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	2200
Vaste O&M-kosten	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	190
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9
Productiekosten	[€/Nm <sup>3</sup> ]	14,7

Ook invoeden in een middendruknet van een regionaal distributienet met een druk van maximaal 8 bar is mogelijk. Ook hiervoor dient er een extra compressor geplaatst te worden.

In tegenstelling tot gaswassing met chemicaliën werkt een cryogene zuiveringstechniek bij drukken van circa 8 bar, waardoor het gas direct op het regionale middendruknet ingevoed kan worden. Bovendien heeft deze techniek ook als potentieel voordeel dat een vaste of vloeibare stroom aan zuiver CO<sub>2</sub> vrijkomt, die wellicht commercieel handelbaar is. Nadeel is echter dat deze technologie vrij nieuw is; er zijn nog geen bestaande installaties met gasnetinvoeding die zich al enkele jaren bewezen hebben. Hoewel er al wel ervaring is bij enkele zelfstandige installaties, is cryogene zuiveringstechniek niet beschouwd als referentietechniek.

### 6.1.2 AWZI/RWZI

Op verzoek van EL&I hebben ECN en KEMA speciale aandacht besteed aan de verschillende technische mogelijkheden bij waterzuiveringsinstallaties. Dit is in lijn met de afspraak uit de Green Deal tussen de Rijksoverheid en de Unie van Waterschappen, waarmee men beoogt het kosteneffectieve potentieel aan hernieuwbare elektriciteit, groen gas en warmte bij de afvalwaterzuivering beter te benutten (UVW, 2011). Concreet zijn er twee zaken onderzocht: productie van hernieuwbare energie bij vervanging van een bestaande gasmotor, en vergroting van de capaciteit door middel van thermische-drukhydrolyse.

#### *Productie van groen gas na vervanging gasmotor*

Het referentiesysteem voor deze categorie heeft een ruwbiogasproductie van 70 Nm<sup>3</sup>/h (of 39 Nm<sup>3</sup>/h groen gas). Dat is vergelijkbaar met een WKK-vermogen van 140 kW<sub>e</sub>, daarmee is de referentie consistent met de referentie in het advies voor duurzame elektriciteit voor deze categorieën.

Voor waterzuiveringsinstallaties is gaswassing de referentietechnologie voor gaszuivering. De warmte die nodig is voor deze techniek wordt opgewekt door een deel van het ruwe biogas in een ketel te stoken. De restwarmte die hierbij vrijkomt, kan worden gebruikt voor het dekken van een deel van de warmtevraag van de vergister. De vereiste elektriciteit wordt betrokken van het net.

Zie Tabel 6.4 voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van groen gas.

Tabel 6.4 *Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (groen gas)*

		Conceptadvies 2013
Referentie grootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	70
Vollasturen	[h/a]	8000
Interne warmtevraag	[% biogas]	15
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,15
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,07
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	-
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	-
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	22
Grondstofkosten	[€/ton]	-
Grondstofprijsofslag	[€/ton]	-
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	8668
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	583
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9

*Productie van hernieuwbare warmte en WKK na vervanging gasmotor*

Het referentiesysteem voor de productie van hernieuwbare warmte en WKK heeft een thermische input van 400 kW. Dit resulteert in een elektrisch vermogen van 140 kW voor WKK.

In Tabel 6.5 en Tabel 6.6 staan de technisch-economische parameters van AWZI/RWZI voor respectievelijk hernieuwbare warmte en WKK.

Tabel 6.5 *Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (hernieuwbare warmte)*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	0,4
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Interne warmtevraag	[% biogas]	10
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ <sub>output</sub> ]	0,95
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,14
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	1507
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	84
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	22
Brandstofprijs	[€/ton]	-
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	-

Tabel 6.6 *Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (WKK)*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	0,4
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	0,14
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	0,18
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000
Maximaal elektrisch rendement	[%]	35,0
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	1300
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	105
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	0
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	22
Brandstofprijs	[€/ton]	-
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	-

### *Vergroting van de slibvergisting capaciteit in bestaande RWZI's door een voorgeschakelde thermische-drukhydrolyse*

Dit deel van het advies heeft betrekking op de mogelijkheid om meer biogas te produceren uit waterzuiveringsinstallaties door middel van een uitbreiding van een bestaande zuiveringsinstallatie met een thermische-drukhydrolyse. Aangenomen wordt dat de bestaande zuiveringsinstallatie reeds van een WKK-gasmotor is voorzien.

In RWZI's 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 RWZI gedekt. Een nieuwe ontwikkeling bij rioolwaterzuiveringsinstallaties is het uitbreiden van deze vergistinginstallaties met een ontwaterstap en een thermische drukhydrolyse stap. De voordelen van deze stappen zijn een betere ontsluiting van het slib waardoor een hogere gasopbrengst per ton slib wordt 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, beter ontwaterd kan worden, wat leidt tot lagere transportkosten.

In de referentie-installatie van de uitbreiding van de voorbewerking van een RWZI zijn alleen de investeringskosten in de thermische-drukhydrolysestap 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-drukhydrolysestap kan op verschillende manieren worden toegepast:

- Elektriciteitsproductie (meer opwekking voor eigen verbruik, waarbij de warmte van de WKK kan worden ingezet worden voor thermische-drukhydrolyse).
- Opwerking van biogas tot groengaskwaliteit.
- Ruwbiogaslevering voor externe warmtedoeleinden.

De hydrolyse kent een eigen warmtevraag. Aan deze warmtevraag kan voldaan worden door de WKK op basis van de gehele gasopbrengst van de vergister (ca. 360 Nm<sup>3</sup>/uur ruw biogas). Bij ruwbiogaslevering en of groengaslevering moet meer dan de meeropbrengst van de hydrolyse aan gas ingezet worden voor het verwarmen van de hydrolyse. Daarom concluderen ECN en KEMA dat alleen een WKK-optie hier nuttig kan zijn, waarbij een WKK van ca. 750 kW<sub>e</sub> de benodigde 450 kW<sub>th</sub> kan leveren. Omdat alle warmte gebruikt wordt voor het interne proces,

blijft alleen hernieuwbare elektriciteit als geleverd product over, waarover een SDE+-vergoeding ontvangen kan worden.

De technisch-economische parameters voor elektriciteitsproductie staan in Tabel 6.7.

Tabel 6.7 *Technisch-economische parameters AWZI/RWZI (electriciteit)*

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

### 6.1.3 Mestmonovergisting

Nederland beschikt over een grote mestvoorraad. Naast covergisting van mest voor de productie van groen gas, hernieuwbare warmte en WKK toepassingen is het ook mogelijk om mest zonder toepassing van cosubstraat te vergisten.

Mestmonovergisting heeft enkele voordelen ten opzichte van mestcovergisting. Belangrijk is dat deze optie buiten de ‘*food for fuel*’-discussie valt. Doordat er geen cosubstraat wordt toegepast, is de hoeveelheid af te zetten digestaat lager en zijn er geen extra toevoegingen aan de mineralenbalans. Verder zorgt de afwezigheid van cosubstraat voor minder afhankelijkheid van de cosubstraatkwaliteit en voor minder kosten omdat cosubstraat niet gekocht hoeft te worden. De afwezigheid van transport van cosubstraat heeft ook energetische en financiële voordelen.

#### *Beschrijving referentie-installatie voor productie van ruw biogas en groen gas*

Het referentiesysteem voor deze categorie heeft een ruwbiogasproductie van 24,5 Nm<sup>3</sup>/h (of 14 Nm<sup>3</sup>/h groen gas). Dat is vergelijkbaar met een WKK-vermogen van 54 kW<sub>e</sub>, daarmee is de referentie consistent met de referentie in het advies voor duurzame elektriciteit voor deze categorie.

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 stoken. De restwarmte die bij gaswassing vrijkomt is voldoende voor het verwarmen van de vergister. De vereiste elektriciteit wordt afgenomen van het net.

Zie Tabel 6.8 en Tabel 6.9 voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van ruw biogas respectievelijk groen gas.



Tabel 6.8 *Technisch-economische parameters mestmonovergisting (ruw biogas)*

		Conceptadvies 2013
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	24,5
Vollasturen	[h/a]	8000
Interne warmtevraag	[% biogas]	8
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,19
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,14
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	10947
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	446
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	0,77
Grondstofkosten	[€/ton]	-
Grondstofprijsofslag	[€/ton]	-
Investeringskosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	1175
Vaste O&M-kosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	118
Rendement gaszuivering	[% methaan]	-
Productiekosten ruw biogas	[€/Nm <sup>3</sup> ] / [€/GJ]	47,5 / 15,0
Basisbedrag via warmtehub (incl. 0,8 €/GJ hub)	[€/GJ]	15,8
Basisbedrag via WKK-hub (incl. 4,9 €/GJ hub)	[€/GJ]	19,9
Basisbedrag via groengashub (incl. 14,7 €/Nm <sup>3</sup> hub)	[€/Nm <sup>3</sup> ]	62,2

Tabel 6.9 *Technisch-economische parameters mestmonovergisting (groen gas)*

		Conceptadvies 2013
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	24,5
Vollasturen	[h/a]	8000
Interne warmtevraag	[% biogas]	13
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,32
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,14
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	10947
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	446
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	0,77
Grondstofkosten	[€/ton]	-
Grondstofprijsofslag	[€/ton]	-
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	7953
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	242
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9

#### *Beschrijving referentie-installatie voor hernieuwbare warmte en WKK*

De referentie-installatie voor de productie van hernieuwbare warmte en WKK is gebaseerd op mest uit eigen bedrijf. Rekening houdend met de energie-inhoud van mest en elektrisch rendement van gasmotor levert de referentie-installatie een netto elektrische output van 54 kW<sub>e</sub> op.

In Tabel 6.10 en Tabel 6.11 staan de technisch-economische parameters van mestmonovergisting voor respectievelijk hernieuwbare warmte en WKK.

Tabel 6.10 *Technisch-economische parameters mestmonovergisting (hernieuwbare warmte)*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	0,15
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Interne warmtevraag	[% biogas]	8
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ <sub>output</sub> ]	9,05
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,14
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	2010
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	112
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0,77
Brandstofprijs	[€/ton]	-
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	-

Tabel 6.11 *Technisch-economische parameters mestmonovergisting (WKK)*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	0,15
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	0,054
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	0,025
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	0
Maximaal elektrisch rendement	[%]	36,0
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	2700
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	110
Variabele O&M-kosten (electriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	0
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0,77
Brandstofprijs	[€/ton]	-
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	-

#### 6.1.4 Mestcovergisting

##### *Beschrijving referentie-installatie voor productie van ruw biogas en groen gas*

Op basis van de schaalgrootte van nieuwe initiatieven is een productiecapaciteit van nieuwe installaties geraamd van 505 Nm<sup>3</sup>/h ruw biogas (of 280 Nm<sup>3</sup>/h groen gas). De grootte van de vergister van een installatie met deze omvang is vergelijkbaar met die van een vergister van een bio-WKK van 1,1 MW<sub>e</sub>. 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. Op grote 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 stoken. De restwarmte die bij gaswassing vrijkomt is voldoende voor het verwarmen van de vergister. De vereiste elektriciteit wordt afgenomen van het net.

##### *Aanvullende opmerkingen*

Er wordt aangenomen dat de invoeding van het geproduceerde groen gas op het lokale net mogelijk is. Zie Tabel 6.12 en Tabel 6.13 voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van ruw biogas respectievelijk groen gas.

Tabel 6.12 *Technisch-economische parameters mestcovergisting (ruw biogas)*

		Conceptadvies 2013
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	505
Vollasturen	[h/a]	8000
Interne warmtevraag	[% biogas]	5
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,12
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,07
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	4500
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	280
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4
Grondstofkosten	[€/ton]	31
Grondstofprijsoverlag	[€/ton]	0,5
Investeringskosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	350
Vaste O&M-kosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	35
Rendement gaszuivering	[% methaan]	-
Productiekosten ruw biogas	[€/Nm <sup>3</sup> ] / [€/GJ]	54,9 / 17,3
Basisbedrag via warmtehub (incl. 0,8 €/GJ hub)	[€/GJ]	18,1
Basisbedrag via WKK-hub (incl. 4,9 €/GJ hub)	[€/GJ]	22,5
Basisbedrag via groengashub (incl. 14,7 €/Nm <sup>3</sup> hub)	[€/Nm <sup>3</sup> ]	69,6

Tabel 6.13 *Technisch-economische parameters mestcovergisting (groen gas)*

		Conceptadvies 2013
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	505
Vollasturen	[h/a]	8000
Interne warmtevraag	[% biogas]	10
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,25
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,07
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	4500
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	280
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4
Grondstofkosten	[€/ton]	31
Grondstofprijsoverlag	[€/ton]	0,5
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	3020
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	300
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9

### *Beschrijving referentie-installatie voor hernieuwbare warmte en WKK*

Mestcovergistingsinstallaties blijken steeds groter te worden, waarbij veel nieuwe initiatieven tussen de 1 en 1,5 MW liggen met een trend waarneembaar naar grote projecten (>1,5 MW), waarbij mest niet alleen van het eigen bedrijf afkomstig is. Door de jaren heen is de samenstelling van het cosubstraat veranderd, waardoor de gasopbrengst per ton cosubstraat substantieel gestegen is naar ruim boven de 100 Nm<sup>3</sup>/ton. Voor de referentie-installatie is een schaal aangenomen van 1,1 MW<sub>e</sub>. Een installatie met deze schaalgrootte blijft ruim onder de MER-grens en kan worden voorzien met mest van twee grote bedrijven. Rekening houdend met extra opstartkosten in het eerste jaar wordt uitgegaan van investeringskosten van 1150 €/kW<sub>th</sub>.

Bij de hernieuwbare-warmteoptie is uitgegaan van investeringskosten van 747 €/kW<sub>th</sub> voor ruw biogas. Hierbij zijn de kosten voor een additionele ketel toegevoegd van € 190.000 (63 €/kW<sub>th</sub>). Dit leidt tot een totale investering 810 €/kW<sub>th</sub>. De ketel levert warmte/stoom van ca. 120°C. Er zijn geen kosten meegenomen voor een gasleiding of een warmtenet.

### Aanvullende opmerkingen

In de berekeningsmethodiek wordt uitgegaan van de totale energie-inhoud van de inputstromen. De energie-inhoud van het gas wordt berekend met een rendement van de vergister van 67%. Het totale rendement van de installatie wordt bepaald door het rendement van de vergister, het bruto rendement van de gasmotor en het eigen verbruik van de installatie. Het gasmotorrendement is gecorrigeerd voor de NO<sub>x</sub>-emissie-eisen uit BEMS. Voor de SDE-basisbedragen wordt gerekend met een elektrisch rendement bij de omzetting van het biogas naar netto elektriciteitslevering van 37%. De grondstofkosten voor mestcovergisting zijn volatiel door de afhankelijkheid van zowel mestprijzen als cosubstraatkosten. Hoewel het niet mogelijk is om langetermijncontracten af te sluiten om al deze prijsrisico's af te dekken, bestaat enige flexibiliteit in de substraatmix. De grondstoffen worden van een regionale markt afgenomen, waardoor de prijsopslag beperkt is tot € 1 per ton cosubstraat.

In Tabel 6.14 en Tabel 6.15 staan de technisch-economische parameters van mestcovergisting voor respectievelijk hernieuwbare warmte en WKK.

Tabel 6.14 *Technisch-economische parameters mestcovergisting (hernieuwbare warmte)*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	3,0
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Interne warmtevraag	[% biogas]	5
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ <sub>output</sub> ]	5,71
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,07
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	810
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	45
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4
Brandstofprijs	[€/ton]	31
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	0,5

Tabel 6.15 *Technisch-economische parameters mestcovergisting (WKK)*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	3,0
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	1,1
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	1,4
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000
Maximaal elektrisch rendement	[%]	37,0
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	1150
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	85
Variabele O&M-kosten (electriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	0
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4
Brandstofprijs	[€/ton]	31
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	0,5

### 6.1.5 Allesvergisting

#### *Beschrijving referentie-installatie voor productie van ruw biogas en groen gas*

Als referentie voor deze categorie wordt uitgegaan van een vergister met diverse reststromen uit de voedings- en genotmiddelensector met een productiecapaciteit aan ruw biogas van 950 Nm<sup>3</sup>/h. Ook GFT-afval kan ingezet worden. De grootte van dergelijke installatie is vergelijkbaar met een bio-WKK van 2 MW<sub>e</sub>. Het geproduceerde biogas wordt opgewerkt tot groen gas door

middel van gaswassingstechnologie. Er wordt gerekend met een grondstofprijs van 25 €/ton. De energie-inhoud van het biogas is 3,4 GJ/ton substraat. Zie Tabel 6.16 en Tabel 6.17 voor de technisch-economische parameters van productie van ruw biogas respectievelijk groen gas bij allesvergisters.

Tabel 6.16 *Technisch-economische parameters allesvergisting (ruw biogas)*

		Conceptadvies 2013
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	950
Vollasturen	[h/a]	8000
Interne warmtevraag	[% biogas]	5
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,12
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,07
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	3900
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	220
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4
Grondstofkosten	[€/ton]	25
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0
Investeringskosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	275
Vaste O&M-kosten (beperkte gasreiniging/gasdroging)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	25
Rendement gaszuivering	[% methaan]	-
Productiekosten ruw biogas	[€/ct/Nm <sup>3</sup> ] / [€/GJ]	44,6 / 14,1
Basisbedrag via warmtehub (incl. 0,8 €/GJ hub)	[€/GJ]	14,9
Basisbedrag via WKK-hub (incl. 4,9 €/GJ hub)	[€/GJ]	19,2
Basisbedrag via groengashub (incl. 14,7 €/ct/Nm <sup>3</sup> hub)	[€/ct/Nm <sup>3</sup> ]	59,3

Tabel 6.17 *Technisch-economische parameters allesvergisting (groen gas)*

		Conceptadvies 2013
Referentiegrootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	950
Vollasturen	[h/a]	8000
Interne warmtevraag	[% biogas]	10
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,25
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,07
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	3900
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	220
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4
Grondstofkosten	[€/ton]	25
Grondstofprijsopslag	[€/ton]	0
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	2400
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	240
Rendement gaszuivering	[% methaan]	99,9

#### *Beschrijving referentie-installatie voor hernieuwbare warmte en WKK*

Bij deze vergistingoptie wordt een bestaande installatie uitgebreid met een warmteproductie- of een elektriciteitsproductie-installatie op een geïntegreerde manier. De grondstof komt hoofdzakelijk beschikbaar vanuit de bestaande installatie en de energie van het geproduceerde biogas wordt goeddeels teruggeleverd aan dezelfde installatie in de vorm van elektriciteit, biogas, warmte of een combinatie daarvan. Een typische spreiding in de installatiegrootte is 2 tot 7 MW<sub>e</sub>, met een referentievermogen van 3 MW<sub>e</sub>. De prijzen voor grondstoffen worden in eerste instantie bepaald door de veevoedermarkten, waar vrijwel alle grondstoffen een alternatief gebruik hebben. Voor de grondstof is een prijs geraamd van 25 €/ton. De kosten voor het afvoeren van digestaat zijn verrekend met de grondstofkosten. De energie-inhoud van het biogas bedraagt 3,4 GJ/ton substraat.

In Tabel 6.18 en Tabel 6.19 staan de technisch-economische parameters van mestcovergisting voor respectievelijk hernieuwbare warmte en WKK.

Tabel 6.18 *Technisch-economische parameters allesvergisting (hernieuwbare warmte)*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	8,1
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Interne warmtevraag	[% biogas]	5
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ <sub>output</sub> ]	5,71
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,07
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	725
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	40
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4
Brandstofprijs	[€/ton]	25
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	0

Tabel 6.19 *Technisch-economische parameters allesvergisting (WKK)*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	8,1
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	3,0
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	3,9
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000
Maximaal elektrisch rendement	[%]	37
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	1185
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	78
Variabele O&M-kosten (electriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	0
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4
Brandstofprijs	[€/ton]	25
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	0

## 6.2 Thermische conversie <10 MW<sub>e</sub>

Veel initiatieven tot 10 MW<sub>e</sub> worden ontwikkeld voor lokaal beschikbare biomassastromen. Decentrale overheden spelen vaak een initiërende of faciliterende rol. Installaties tot 10 MW<sub>e</sub> dienen te voldoen aan BEMS, waardoor extra maatregelen genomen dienen te worden om de uitstoot van stikstofoxiden te verminderen, bijvoorbeeld met behulp van een DeNOx. De meerinvestering voor een DeNOx is geraamd op 45 €/kW<sub>e</sub> voor kleinschalige installaties. Verbruik van een reductiemiddel zoals ureum levert een verhoging van O&M-kosten op die geraamd is op 0,006 €/kWh. Installaties onder de 10 MW<sub>e</sub> kunnen ook op goede locaties veel vollasturen leveren. Het aantal vollasturen is net als de categorie grootschalige thermische conversie op 7500 uur gesteld. Dit zal resulteren in een lager basisbedrag dan in het advies voor de SDE+ 2012, waarin het aantal vollasturen warmte met 4000 uren aanzienlijk lager lag.

Tabel 6.20 *Technisch-economische parameters thermische conversie van biomassa <10 MW<sub>e</sub>*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	8,7
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	1,65
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	5,0
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7500
Maximaal elektrisch rendement	[%]	19
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		1:4
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	1400
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	80
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	0,006
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9
Brandstofprijs	[€/ton]	45
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	1

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

De referentie is een houtgestookte installatie van 25 MW<sub>e</sub>. Voor zulke relatief grote installaties is een aftapcondensatieturbine mogelijk voor eventuele warmtelevering. De ketel heeft een thermisch vermogen van ca. 80 MW<sub>th</sub> en kan via een lagedrukstoomaftap warmte op een temperatuur van 100-120°C leveren aan een stadsverwarmingsnet. Uitgangspunt is dat maximaal 50 MW<sub>th</sub> uitgekoppeld kan worden.

Bij warmtelevering wordt minder elektriciteit geproduceerd: dit wordt verrekend met een factor van 0,25 MW<sub>e</sub> bij levering van 1 MW<sub>th</sub> warmte. Door de installatie te koppelen, bijvoorbeeld aan een groot bestaand stadverwarmingsnet, kan de warmte maximaal ingezet worden. Het aantal vollasturen warmtelevering is dan ook hoog met 7500 uur. De locatie van een dergelijke installatie zal een industrieel gebied zijn, bij voorkeur in de directe nabijheid van de bestaande conventionele warmtekrachtinstallaties en goede aanvoerroutes voor biomassa.

De referentie installatie is gebaseerd op snoei- en dunningshout als brandstof. Met dit type hout kunnen hogere stoomparameters toegepast worden waardoor een hoger elektrisch rendement haalbaar is. Door de lagere energie-inhoud van verse houtstromen is een groter opslag- en transportsysteem en een groter verbrandingsdeel van de installatie nodig. De rookgasreiniging kan lichter uitgevoerd worden aangezien vers hout minder schadelijke componenten bevat dan B-hout.

De technisch-economische data die horen bij deze referentie-installatie zijn samengevat in Tabel 6.21.

Tabel 6.21 *Technisch-economische parameters thermische conversie van biomassa >10 MW<sub>e</sub>*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	67
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	22
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	50
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7500
Maximaal elektrisch rendement	[%]	33
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		1:4
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	1930
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	110
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	0
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9
Brandstofprijs	[€/ton]	45
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	1

## 6.4 Ketel met vaste biomassa

De referentie-installatie voor deze categorie is een heetwaterketel met een verbrandingsrooster waar snoei- en dunningshout ingezet wordt als referentiebrandstof. De referentie-installatie heeft een warmteleveringscapaciteit van 10 MW<sub>th</sub> en is representatief voor installaties tussen de 1 en 15 MW<sub>th</sub>. Bij de referentie-installatie wordt de ketel geplaatst bij een bestaand ketelhuis in de industrie of bij een stadswarmtecentrale. Geen kosten zijn meegenomen voor het distributiesysteem van een warmtenet. Civiele werken maken onderdeel uit van de investeringskosten. In de vaste O&M-kosten en in de investering is rekening gehouden met een kostenpost voor rookgasreiniging inclusief een DeNOx. De toepassing van de warmte is deels industrieel en deels voor ruimteverwarming. Het aantal vollasturen bedraagt 7000 uur, zie ook Tabel 6.22.

Tabel 6.22 *Technisch-economische parameters heetwaterketel op vaste biomassa*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	11,1
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	10
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	370
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	62
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9
Brandstofprijs	[€/ton]	45
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	1

## 6.5 Ketel met vloeibare biomassa

In sommige gevallen zijn gasketels relatief snel en eenvoudig te vervangen door ketels op vloeibare biomassa. Als referentiebrandstof is gekozen voor dierlijk vet. In Tabel 6.23 staan de parameters met betrekking op een ketel op vloeibare biomassa.



Tabel 6.23 *Technisch-economische parameters stoom-bioketel op vloeibare biomassa*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	11,1
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	10
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	40
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	24
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	-
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	39
Brandstofprijs	[€/ton]	625
Brandstofprijsopslag	[€/ton]	0

## 6.6 Bestaande installaties

### 6.6.1 Warmtebenutting bij bestaande projecten

Bestaande hernieuwbare-energieprojecten hebben vaak mogelijkheden om extra warmte te leveren. Deze warmtebenutting is zonder aanvullende ondersteuning vaak niet rendabel. ECN en KEMA verwachten dat aanzienlijk potentieel van hernieuwbare warmte nuttig toe te passen is bij bestaande AVI's en bij bestaande vergistingsinstallaties. ECN en KEMA rekenen daarbij de kostprijs van levering van hernieuwbare warmte uit. De uitbetaling in de SDE+-regeling wordt gecorrigeerd voor de marktprijs van de warmte. Het oogmerk daarbij, dat mede het onderzoekskader van ECN en KEMA vormt, is dat hiermee de verduurzaming van een warmtevraag mogelijk wordt gemaakt. Het benutten van een latente warmtevraag, zoals digestaatdroging, hoeft daarmee niet aantrekkelijk te zijn, tenzij digestaat voorheen met behulp van aardgas gedroogd werd.

#### *Uitbreiding van warmtelevering bij AVI's*

Nuttige toepassing van warmte die vrijkomt bij bestaande afvalverbranders is representatief voor warmtelevering vanuit de meeste bestaande processen. Warmtelevering bij AVI's geldt dus als referentie-installatie. Door warmtelevering neemt het rendement van een AVI toe. Het rendement van een AVI is tegenwoordig een criterium of een AVI voldoet aan de Europese eisen voor nuttige toepassing, de zogeheten R1-status. Het hebben van een R1-status is van belang bij aanbestedingen van afval, waar onder andere beoordeeld wordt op energetisch rendement. Het is tevens een harde voorwaarde voor import van brandbaar afval.

Het verhogen van het rendement van AVI's door warmtelevering is een trend van de laatste jaren. Diverse AVI's hebben al warmte- of stoomlevering gerealiseerd of hebben verregaande plannen om deze projecten te realiseren. In de SDE-regeling werd het verhogen van het rendement gestimuleerd door de AVI-staffel. Bestaande SDE-beschikkingen zijn daarbij nog gebaseerd op de AVI-staffel. Daarom heeft dit advies betrekking op bestaande AVI's zonder SDE-beschikking.

Voor extra warmtelevering vanuit AVI's zijn extra uitkoppelingskosten benodigd voor het uitkoppelen van warmte, zoals warmtewisselaars. Kosten voor de distributie van warmte of stoom zijn geen onderdeel van de berekening van de onrendabele top van de referentie-installatie. Als referentiegrootte is een uitkoppeling van 20 MW<sub>th</sub> aangehouden, met 7000 vollasturen warmtelevering per jaar. Bij warmtelevering wordt minder elektriciteit geproduceerd. Dit wordt verrekend met een factor van 0,25 MW<sub>e</sub> bij levering van 1 MW<sub>th</sub> warmte, zie ook Tabel 6.24.

Tabel 6.24 *Technisch-economische parameters warmtebenutting bij bestaande projecten*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	20
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		1:4
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	250
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	3
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	4,3
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0
Brandstofprijis	[€/ton]	0
Brandstofprijisopslag	[€/ton]	0

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

#### *Warmtebenutting bij bestaande mestcovergistingsinstallaties*

Het te adviseren basisbedrag heeft betrekking op de uitbreiding van een bestaande installatie. Deze bestaande installatie is een mestcovergistingsinstallatie op eigen erf. Anders dan bij een nieuwe installatie heeft de initiatiefnemer bij een bestaande installatie geen keuze in locatie. Een bestaande vergister zal zich daarom moeten beperken tot de warmtevraag in de nabije omgeving. Het meest voor de hand liggend daarbij is de latente warmtevraag voor digestaatdroging op eigen erf.

Het biogas uit de vergistingstank wordt benut in een gasmotor voor elektriciteitsopwekking. Als uitgangspunt van de berekening wordt aangenomen dat de installatie tot medio 2017 een MEP-vergoeding ontvangt. De installatie kan uitgebreid zijn met een tweede gasmotor waarop een SDE-beschikking is toegekend. Aangenomen wordt dat deze uitbreiding geen gevolgen heeft voor de kosten van warmtebenutting.

De kosten die betrekking hebben op de aanvoer van mest en cosubstraat en afvoer van digestaat worden afgedekt via de MEP-vergoeding. Extra warmtebenutting leidt niet tot een verandering in deze biomassastromen. Aangenomen wordt daarom dat de biomassakosten geen gevolgen hebben voor de kosten van warmtebenutting.

De schaalgrootte van huidige covergistingsinstallaties varieert aanzienlijk, waarbij de kleinsten een elektrisch vermogen hebben van minder dan 50 kWe, terwijl dat van de grootste meer dan 5 MWe is. Een kleine meerderheid van de installaties heeft evenwel een vermogen van tussen de 300 en 700 kWe of rond de 1,1 MWe. Ruim 80% van de (OV)MEP installaties heeft een vermogen dat gelijk is aan of groter is dan 350 kWe. Voor de berekening is daarom een installatie doorgerekend van 350 kWe. De mogelijke warmtebenutting bij deze installaties bedraagt 350 kW<sub>th</sub>.

In de berekening van het basisbedrag wordt uitgegaan van 4000 vollasturen. De gemiddelde warmtelevering bij bestaande installaties komt overeen met ca. 1000 vollasturen. De extra warmtebenutting vereist een investering in een rookgaskoeler (inclusief civiele werken), warmtewisselaars (inclusief aansluitkosten), warmteleiding en bijkomende bouwkosten. Investeringskosten zijn bepaald op 240 €/kW<sub>th</sub>. De O&M zijn bepaald op 55 €/kW<sub>th</sub>/a. De technisch economische parameters zijn opgenomen in Tabel 6.25.

Tabel 6.25 *Technisch-economische parameters warmtebenutting bij bestaande mestcovergisting*

		Conceptadvies 2013
Vermogen van warmteafzet	[MW <sub>th output</sub> ]	0,350
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000
Investeringskosten	[€/kW <sub>th output</sub> ]	240
Vaste O&M kosten	[€/kW <sub>th output/a</sub> ]	55
Variabele O&M kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4
Brandstofprijs	[€/ton]	0
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	0

Aangezien de SDE+-beschikking binnen deze categorie een looptijd heeft van 5 jaar, zijn de ook de duur van de lening en de afschrijvingstermijn hierop aangepast voor de berekening van het basisbedrag.

#### *Warmtebenutting bij compostering*

Bij processen van compostering komt broeiwarmte vrij. Een gedeelte daarvan is nodig voor het op temperatuur houden van het proces. Het resterende deel is overtollig en beschikbaar voor nuttige toepassing. Daarvoor is het nodig om een warmtewisselaar te plaatsen in het bestaande luchtafvoer systeem. Tevens wordt gerekend met kosten voor pompen en voor een leiding met een lengte van 1,5 kilometer voor warmtetransport. De totale investeringskosten zijn ingeschat op 675 k€, oftewel 338 €/kW<sub>th</sub> uitkoppeling. Voor deze en overige parameters zie Tabel 6.26. De resulterende productiekosten bedragen 2 €/GJ. Dit is lager dan de gebruikelijke marktprijs voor warmte. Naar mening van ECN en KEMA is warmtebenutting bij compostering derhalve rendabel te noemen.

Tabel 6.26 *Technisch-economische parameters warmtebenutting bij compostering (warmte)*

		Conceptadvies 2013
Installatiegrootte	[MW <sub>th output</sub> ]	2
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Investeringskosten	[€/kW <sub>th output</sub> ]	338
Vaste O&M kosten	[€/kW <sub>th output/a</sub> ]	3
Variabele O&M kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0
Brandstofprijs	[€/ton]	0
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	0

#### 6.6.2 Verlengde levensduur vergisting

De categorie van verlengde levensduur van vergisting heeft betrekking op vergistingsinstallaties waarvan de MEP-beschikking is afgelopen. Er is gerekend met een warmteafzet van 4000 vollasturen, gelijk aan de warmteafzet bij nieuwe projecten. Met het oog op de aangenomen levensduur van 12 jaar hebben ECN en KEMA gerekend met gehele vervanging van de gasmotor à 500 €/kW. Deze kosten zijn ondergebracht in de O&M-kosten.

Tabel 6.27 *Technisch-economische parameters verlengde levensduur vergisting (WKK)*

		Conceptadvies 2013 Allesvergisting	Conceptadvies 2013 Mestcovergisting
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	2,2	2,2
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	0,8	0,8
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	1,0	1,0
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000	8000
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000	4000
Maximaal elektrisch rendement	[%]	37	37
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-	-
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	0	0
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	148,5	148,5
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	0	0
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	3,4	3,4
Brandstofprijs	[€/ton]	25	31
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	0	0,5

Vergistingsinstallaties kunnen er ook voor kiezen om niet de gasmotor te vervangen, maar om de installatie aan te sluiten op een groengashub, zodat niet langer elektriciteit maar groen gas geproduceerd wordt. In Tabel 6.28 staan de technisch-economische parameters van productie ten behoeve van een groengashub gebaseerd op bestaande alles- en mestcovergisters.

Tabel 6.28 *Technisch-economische parameters verlengde levensduur vergisting (ruw biogas)*

		Conceptadvies 2013 Allesvergisting	Conceptadvies 2013 Mestcovergisting
Referentie grootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	370	370
Vollasturen	[h/a]	8000	8000
Interne warmtevraag	[% biogas]	5	5
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,12	0,12
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,07	0,07
Investeringskosten (vergister)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	0	0
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	150	150
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	3,4	3,4
Grondstofkosten	[€/ton]	25	31
Grondstofprijsofslag	[€/ton]	0	0,5
Investeringskosten (beperkte gasreini- ging/gasdroging)	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	350	350
Vaste O&M-kosten (beperkte gasreini- ging/gasdroging)	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	35	35
Rendement gaszuivering	[% methaan]	-	-
Productiekosten ruw biogas	[€/Nm <sup>3</sup> ]/ [€/GJ]	32,8/10,4	39,7/12,5
Basisbedrag via warmtehub (incl. 0,8 €/GJ hub)	[€/GJ]	11,2	13,3
Basisbedrag (incl. 14,7 €/Nm <sup>3</sup> hub)	[€/Nm <sup>3</sup> ]	47,5	54,4

### 6.6.3 Verlengde levensduur verbranding

De categorie voor verlengde levensduur van verbrandingsinstallaties heeft betrekking op projecten die uit de MEP zijn gelopen, met uitzondering van meestook van biomassa. De technisch-economische parameters van Tabel 6.29 zijn gebaseerd op enkele projecten waarvan de MEP-beschikking binnenkort afloopt of reeds is afgelopen. Voor de brandstofprijs is aansluiting gezocht bij de brandstofprijs voor nieuwe projecten (zie Paragraaf 5.2.1). Voor de verlengde le-

vensduur worden renovatiekosten niet beschouwd. Er is gerekend met een warmteafzet van 4000 vollasturen. Dit is lager dan de warmteafzet bij nieuwe projecten (zie paragrafen 6.2 en 6.3), omdat bestaande projecten niet opnieuw kunnen kiezen voor een locatie in de nabijheid van een geschikte warmtevraag.

Tabel 6.29 *Technisch-economische parameters verlengde levensduur verbranding*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	85
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	20
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	50
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000
Maximaal elektrisch rendement	[%]	23,5
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		1:4
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	0
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	80
Variabele O&M-kosten (elektriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	0
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9
Brandstofprijs	[€/ton]	45
Brandstofprijsoverlag	[€/ton]	0

## 6.7 Waterkracht

Het verval van rivieren in de Nederlandse delta is gering. Bestaande kunstwerken in rivieren zijn geschikt om valhoogte te creëren die benut kan worden in waterkrachtcentrales. In de praktijk varieert deze doorgaans van 3 tot 6 meter, maar hij kan oplopen tot 11 meter in uitzonderlijke situaties. Voor kleinschalige waterkracht zijn twee referentie-installaties bepaald (valhoogte < 5 m en valhoogte ≥ 5 m). De potentiële 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.

De referentie-installaties voor beide waterkracht categorieën zijn onveranderd ten opzichte van het eindadvies SDE+ 2012. (Lensink *et al.* 2011) De technisch-economische parameters van de referentie-installaties voor waterkracht zijn samengevat in Tabel 6.30 en Tabel 6.31.

Tabel 6.30 *Technisch-economische parameters waterkracht met valhoogte kleiner 5 meter*

		Conceptadvies 2013
Installatiegrootte	[MW]	0,5
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	5900
Vollasturen	[h/a]	7000
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	210
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0

Tabel 6.31 *Technisch-economische parameters waterkracht met valhoogte  $\geq 5$  meter*

		Conceptadvies 2013
Installatiegrootte	[MW]	2,8
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	2440
Vollasturen	[h/a]	4800
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	84,0
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0

## 6.8 Windenergie

Binnen de Wind op Land categorieën speelt het streven van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie om te komen tot een vorm van differentiatie van het basisbedrag naar het windaanbod. Parallel aan het onderzoek gericht op basisbedragen onderzoeken ECN en KEMA momenteel een mogelijke invulling van een dergelijke differentiatie. De Nederlandse Wind Energy Associatie (NWEA) is bij dit traject betrokken. Het onderzoek naar differentiatie maakt geen deel uit van dit rapport. Daarom zijn hier basisbedragen opgenomen voor de vier categorieën rond wind op land en in meer conform de SDE+ 2012.

Om tot de basisbedragen voor windenergie op land te komen, worden verschillende windturbines met bijbehorende investeringen gebruikt. Omdat de update van de prijsinformatie vanuit de markt momenteel nog incompleet is, is voor de basisbedragen op grond van de huidige SDE+ systematiek gebruik gemaakt van het turbinekostenniveau van 2011. Op grond van onder andere een recente publicatie van NREL is de verwachting dat de turbineprijzen voor 2013 een dalende trend zullen laten zien (NREL, 2012). Bovenop de turbineprijs zijn bijkomende kosten geraamd van 27% voor fundatie (inclusief heipalen), elektrische infrastructuur in het park, netaansluiting, civiele infrastructuur, grondverwervingskosten, bouwrente en CAR-verzekering tijdens de bouw.

De referentie-installatie is een denkbeeldig park van ca. 15 MW bestaande uit turbines van 2 á 3 MW. De variabele kosten bestaan uit garantie- en onderhoudscontracten en worden geraamd op ongeveer 1 €/kWh, waar bovenop inflatie van 2%/jaar wordt gerekend. De vaste jaarlijkse kosten zijn 15,3 €/kW voor kosten als WA-verzekering, machinebreukverzekering, stilstandverzekering, netinstandhoudingskosten, eigenverbruik, OZB, opstalvergoeding, beheer en land- en wegonderhoud. Na overleg met NWEA en het Ministerie van EL&I hebben ECN en KEMA besloten te rekenen met grondkosten van 5,3 €/MWh.

In 2012 zijn voor Wind op Land drie categorieën opgenomen in de SDE+. Twee daarvan hebben betrekking op turbines met een vermogen kleiner dan 6 MW en een op turbines met een vermogen van tenminste 6 MW. Daarnaast is een categorie voor Wind in Meer opgenomen. Op grond van de bovenstaande kostenparameters zijn voor deze categorieën basisbedragen berekend. Hierbij is in categorie  $\geq 6$  MW rekening gehouden met lagere onderhoudskosten per kWh door het grotere aantal vollasturen (VLU), deze ingeschat op 0,0095 €/kWh. Voor de categorie Wind in Meer is gerekend met variabele O&M kosten van 2,23 €/kWh, inclusief een afdracht voor plaatsing in het water van 0,53 €/kWh. De resulterende basisbedragen zijn opgenomen in Tabel 6.32.

Tabel 6.32 *Basisbedragen voor wind op land en wind in meer op grond van de bestaande categorieën binnen de SDE+*

	Vollasturen	Basisbedrag
Wind op Land < 6 MW – 2200 VLU	2200	9,6
Wind op Land < 6 MW – 2650 VLU	2650	8,5
Wind op Land $\geq 6$ MW	3000	9,6
Wind in Meer	3100	12,3

## 6.9 Diepe geothermie

### *Geothermische warmte*

Informatie over een aantal recente initiatieven op het gebied van geothermie vormt de basis voor aanpassing van een aantal parameters.

### *Referentie-installatie Geothermische warmte*

De referentie-installatie voor geothermische warmte voor de SDE+ 2013 is gebaseerd op warmtelevering aan een of meerdere glastuinbouwbedrijven. Uitgangspunt hierbij is een geothermische bron (de aquifer) op 2300 meter diepte. Bij een gradiënt van 30°C per km wordt een brontemperatuur van 80°C gerealiseerd wordt middels . De geothermische bron bestaat uit een doublet (een productie- en een injectieput) met een debiet van 150 m<sup>3</sup>/uur en een vermogen van 6,7 MW<sub>th</sub>. Hierbij wordt een warmtebenutting, die overeenkomt met een ΔT van 40 °C verondersteld. Voor de warmteafzet wordt uitgegaan van 5500 vollasturen, door het combineren van de warmtevraag van meerdere partijen kan de warmteafzet mogelijk verhoogd worden.

De investeringskosten van het doublet en de bovengrondse installatie zijn 10,3 M€, wat overeenkomt met 1550 €/kW<sub>th</sub>. De boorkosten bedragen 7,9 M€, inclusief een verhoging van 1 M€ ten gevolge van veiligheidsmarges met betrekking tot de bijvangst van koolwaterstoffen en het afvangen ervan. Hiermee komen de specifieke boorkosten op 1720 €/m(verticaal). De overige kosten, onder andere voor de bovengrondse installatie maar ook de premie voor de garantieregeling bedragen 2,4 M€.

De vaste O&M-kosten worden geschat op 1,5% van de investeringskosten. Rekening houdend met de verhoogde investeringskosten, komt dit overeen met € 23/kW<sub>th</sub> per jaar. De variabele O&M-kosten, die voortvloeien uit de benodigde pompenergie, uitgaande van een COP<sup>5</sup> van 20 en elektriciteitskosten van 7,2 €/kWh, zijn 1 €/GJ warmte. Voor de technisch-economische parameters van geothermische warmte wordt verwezen naar Tabel 6.33.

Tabel 6.33 *Technisch-economische parameters diepe geothermie (warmte)*

		Conceptadvies 2013
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th,output</sub> ]	6,7
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	5500
Investeringskosten	[€/kW <sub>th,output</sub> ]	1550
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th,output</sub> ]	23
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	1,0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0
Brandstofprijs	[€/ton]	0
Brandstofprijsoverlag	[€/ton]	0

### *Geothermische warmtekracht*

Er zijn geen signalen uit de markt opgevangen dat de in het eindadvies voor SDE+ 2012 beschreven installatie niet zou stroken met (toekomstige) business cases in deze categorie. De referentie-installatie is daarom onveranderd ten opzichte van de SDE+ 2012.

<sup>5</sup> De Coefficient of Performance (COP) geeft de verhouding weer tussen de geproduceerde geothermische energie en de benodigde pompenergie. Een COP van 20 wordt onder Nederlandse geologische condities als redelijkerwijs haalbaar beschouwd.

De installatie voor geothermische warmtekracht is een variant op de referentieinstallatie in (Lako *et al.*, 2011), gebaseerd op een doublet en een diepte van de hydrothermale bron van 4000 m. De referentie-installatie in (Lako *et al.*, 2011) gaat uit van conservatieve aannames die leiden tot hoge kosten voor de geothermische warmte en elektriciteit (warmtekracht). In de hier gekozen variant zijn voor twee parameters gunstiger uitgangspunten gekozen, namelijk:

- Temperatuur 150°C in plaats van 130°C (35°C per km in plaats van 30°C per km).
- Debiet 200 m<sup>3</sup>/uur in plaats van 150 m<sup>3</sup>/uur.

Wijzigingen in deze parameters zijn doorgerekend in (Lako *et al.*, 2011). Hier worden gewijzigde parameters gecombineerd in een enkele variant, die als realistischer wordt beschouwd. Er wordt aangenomen dat de warmte wordt geleverd aan een afstandsverwarmingsnetwerk met een temperatuurniveau van 75°C. Het vermogen van de geothermische bron is hoger dan in (Lako *et al.*, 2011): 25,6 MW<sub>th</sub> in plaats van 15,7 MW<sub>th</sub>. Het netto elektrisch vermogen van de ORC wordt geschat op 2 MW<sub>e</sub>, wat overeenkomt met een netto rendement van ca. 8%. Het aantal vollasturen voor elektriciteit is aangenomen op 8000 uur/jaar. Het warmtevermogen voor de afstandsverwarming bedraagt 10 MW<sub>th</sub>, wat overeenkomt met een thermisch rendement van 39%. Het aantal vollasturen voor warmtelevering is 4000 uur/jaar. Voor de technisch-economische parameters wordt verwezen naar Tabel 6.34.

Tabel 6.34 *Technisch-economische parameters diepe geothermie (WKK)*

		Conceptadvies 2013
Inputvermogen	[MW <sub>th_input</sub> ]	25,6
Elektrisch vermogen	[MW <sub>e</sub> ]	2
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	10
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	4000
Maximaal elektrisch rendement	[%]	7,8
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		0
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	1130
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_input</sub> ]	49
Variabele O&M-kosten (electriciteit)	[€/kWh <sub>e</sub> ]	0
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0
Brandstofprijs	[€/ton]	0
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	0

## 6.10 Vergassing van biomassa

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

Voor de referentie-installatie is uitgegaan van een commerciële installatie waarvan de techniek het stadium van kleinschalige demonstratie is gepasseerd. De referentie-installatie heeft een grootte van ca. 12 MW<sub>th</sub> oftewel een productievermogen van 790 Nm<sup>3</sup> SNG/uur. De installatie kan in haar eigen warmtebehoefte voorzien; wel is de inkoop van elektriciteit voor eigen verbruik meegenomen in de berekening van het basisbedrag. De combinatie van een houtvergasser en een gasopwaarderingsinstallatie zorgt voor een complexe productie-installatie: daarom wordt uitgegaan van 7500 vollasturen per jaar. Zie Tabel 6.35 voor de technisch-economische parameters.



Tabel 6.35 *Technisch-economische parameters vergassing van biomassa*

		Conceptadvies 2013
Referentie grootte	[Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	790
Vollasturen	[h/a]	7500
Interne warmtevraag	[% biogas]	0
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> ]	0,20
Elektriciteitstarief	[€/kWh]	0,07
Energie-inhoud substraat	[GJ <sub>biogas</sub> /ton]	14
Grondstofkosten	[€/ton]	25
Grondstofprijsofslag	[€/ton]	1
Investeringskosten	[€ per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	31400
Vaste O&M-kosten	[€/a per Nm <sup>3</sup> <sub>biogas</sub> /h]	2688
Rendement gaszuivering	[% methaan]	100

## 6.11 Zonthermisch

Voor zonthermische toepassingen, zoals bereiding van warm tapwater en zo mogelijk bijverwarming (koppeling met CV), bestaan diverse markten, zoals woningen, flatgebouwen, kantoorgebouwen en agrarische bedrijven. De benodigde temperatuur van het warme water is 65-80 °C. Hier wordt een grote zonneboilerinstallatie, zoals toegepast in de agrarische sector (kalvermesterij) als referentie gehanteerd. Het collectoroppervlak varieert van 132 tot 165 m<sup>2</sup>. Het vermogen van de zonneboilerinstallatie wordt geschat op 0,7 kW<sub>th</sub>/m<sup>2</sup>. De investeringskosten per kW<sub>th</sub> lopen uiteen van ca. € 700 tot € 720 per kW<sub>th</sub>, de vaste O&M kosten van € 4,6 tot € 5,1 per kW<sub>th</sub> en het aantal vollasturen van 637 tot 693 (functie van grootte van opslagsysteem en de warmtevraag).

De referentie zonneboilerinstallatie heeft een collector van 143,5 m<sup>2</sup> overeenkomend met 100 kW<sub>th</sub> en 700 vollasturen. De investeringskosten zijn € 700 per kW<sub>th</sub>, de vaste O&M-kosten € 5,0 per kW<sub>th</sub>.

Tabel 6.36 *Technisch-economische parameters zonthermisch*

		Conceptadvies 2013
Thermisch outputvermogen	[MW <sub>th_output</sub> ]	0,1
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	700
Investeringskosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	700
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>th_output</sub> ]	5,0
Variabele O&M-kosten (warmte)	[€/GJ]	0
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	0
Brandstofprijs	[€/ton]	0
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	0

## 6.12 Indicatieve berekeningen voor duurdere opties

### 6.12.1 Inleiding

In de adviesvraag van het Ministerie van EL&I is gevraagd om voor diverse categorieën een basisbedrag te adviseren. Mocht uit de initiële analyse blijken dat het basisbedrag significant boven de 15 €/kWh uitkomt, dan kan het advies volstaan met deze melding op basis van een indicatief basisbedrag. Een gedetailleerde berekening is daarmee overbodig, omdat het Ministerie wel geadviseerd kan worden om de opties toe te laten tot de vrije categorie (met basisbedrag van 15 €/kWh). In deze paragraaf worden alle categorieën behandeld, waarvoor dienovereenkomstig een indicatief basisbedrag is berekend.

### 6.12.2 Zon-PV > 15 kW<sub>p</sub>

De referentie-installatie voor zon-PV is ten opzichte van het eindadvies SDE+ 2012 niet gewijzigd: er wordt uitgegaan van een dakgebonden systeem van 100 kW<sub>p</sub>. In het kader van het huidige advies wordt een inschatting gegeven van de laagst mogelijke kosten eind 2014.

In 2011 heeft zich een enorme prijsdaling tot wel 40% bij zonnepanelen voorgedaan. Belangrijke aanjagers hiervan waren prijsdalingen van polysilicium, technologische vooruitgang maar voor een groot deel ook de overproductiecapaciteit. Door de recente sterke prijsdalingen staan de marges van veel producenten onder druk, ook van de grotere partijen. 2012 is wat dat betreft een spannend jaar voor de PV sector, te meer ook daar belangrijke afzetmarkten als Duitsland en Italië sterk zullen snijden in de beschikbare feed-in subsidies.

Voordelige dakgebonden *turn key*-systemen met een omvang ongeveer 100 kW<sub>p</sub> hebben in Nederland een prijsniveau van ongeveer 1300 - 1400 €/kW<sub>p</sub> (alle prijzen verder exclusief BTW). Op grond van de historische groeicurve kan een leereffect van ongeveer 19% per verdubbeling van de wereldwijde productie van zonnepanelen worden verondersteld. Toepassing van een dergelijk leereffect en een groei van de wereldwijde PV-markt van ongeveer 20% per jaar, leidt tot een inschatting van de investeringskosten voor systemen tot 100 kW<sub>p</sub> van 1230 €/kW<sub>p</sub> tegen het einde van 2014. Dit correspondeert met een basisbedrag van 15,6 €/kWh. De technisch-economische parameters zijn samengevat in Tabel 6.37.

Uitgaande van de elektriciteitsproductie gedurende de SDE+ beleidsperiode ligt het basisbedrag van zon-PV nog net boven de 15 €/kWh. Indien de volledige productie gedurende de levensduur van 25 jaar wordt meegenomen duiken de opwekkosten hier net onder.

Tabel 6.37 *Technisch-economische parameters zon-PV > 15 kW<sub>p</sub>*

		Conceptadvies 2013
Installatiegrootte	[MW]	0,1
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	1230
Vollasturen	[h/a]	1000
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	-
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,017

### 6.12.3 Wind op zee

De referentie-installatie voor wind op zee is gekozen als een 300 MW windpark buiten de 12-mijlszone. Hiermee correspondeert de referentie-installatie in grote mate met de parken die vergunningen hebben ontvangen. De kostenindicatie is gebaseerd op de kostenramingen die voortvloeiend uit de 950 MW-tender zijn gemaakt (Lensink *et al.*, 2009). De kosten van wind op zee zullen op termijn dalen, maar deze daling zal naar verwachting niet voor 2015 significant inzetten (Greenacre *et al.*, 2010). Daarmee blijven de productiekosten naar verwachting boven de 15 €/kWh liggen, zie Tabel 6.38.

Hoewel het corresponderende basisbedragen nu boven de 15 €/kWh uitkomt, adviseren ECN en KEMA ook in komende jaren het prijsniveau van wind op zee te monitoren. Verschillende parken zijn in binnen- en buitenland in ontwikkeling en door de sterk toenemende ervaring in de wind-op-zeesector kunnen de kosten voor 2020 significant dalen.

Tabel 6.38 *Technisch-economische parameters wind op zee*

		Conceptadvies 2013
Installatiegrootte	[MW]	300
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	4000
Vollasturen	[h/a]	4000
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	150
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	-

#### 6.12.4 Energie uit vrije stroming

Voor dit advies is voornamelijk gekeken naar *inshore* vrijegetijdenstromingsenergie; hierbij gaat het om projecten die gerealiseerd worden in of nabij kunstwerken zoals zeeweringen of halfdoorlatende dammen en die gebruik maken van de aanwezige getijdenwerking. Sinds het advies in het kader van de SDE 2011 (Lensink *et al.*, 2010) zijn geen projecten in deze categorie gerealiseerd. Er wordt een aantal pilotprojecten gepland die mogelijk in 2012 een beschikking kunnen aanvragen. De referentie-installatie is gebaseerd op een aantal projecten die volgens de sector op korte termijn in aanmerking komen voor realisatie en is daarmee onveranderd ten opzichte van het advies voor SDE 2011. Het gaat hier om pilotprojecten die volgens de sector met adequate productiesubsidie commercieel te exploiteren zijn. De technologie van vrije-stromingsturbines staat aan het begin van commercialisatie; dit maakt dat investerings- en O&M-kosten relatief hoog uitvallen. Het is niet de verwachting dat projecten in de categorie 'Energie uit vrije stroming' rendabel gerealiseerd kunnen worden voor het maximale basisbedrag van 15 €/kWh.

Initiatieven binnen de categorie 'Energie uit water' zijn divers, qua technologie en toepassing. Naast *inshore* vrijegetijdenstromingsenergie vormt ook de inzet van vrijestromingsturbines in rivieren en kanalen bij sluizen een mogelijke toepassing binnen de categorie 'Energie uit water'. Ook voor deze toepassing geldt dat het maximale basisbedrag van 15 €/kWh ontoereikend is voor rendabele exploitatie. De technisch-economische parameters in Tabel 6.39 zijn gebaseerd op *inshore* vrijegetijdenstromingsenergie.

Tabel 6.39 *Technisch-economische parameters energie uit vrije stroming*

		Conceptadvies 2013
Installatiegrootte	[MW]	1,5
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	5100
Vollasturen	[h/a]	2800
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	155
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0

#### 6.12.5 Osmose

Uit het potentiaalverschil tussen zoet en zout water kan energie (elektriciteit dan wel arbeid) worden opgewekt. Deze vorm van elektriciteitsopwekking, waaraan gerefereerd wordt met de begrippen osmose-energie en *Blue Energy* (in het Engels ook wel *salinity gradient power*), wordt geanalyseerd in (Lako *et al.*, 2010). De onderstaande kosten zijn hierop gebaseerd. Er zijn twee varianten van osmose-energie die in het onderzoek- en ontwikkelingsstadium zijn:

- Pressure-Retarded Osmosis, afgekort PRO, ontwikkeld door het Noorse Statkraft.
- Reverse ElectroDialysis, afgekort RED, ontwikkeld door het Nederlandse REDstack.

### *Pressure-Retarded Osmosis (PRO)*

Pressure-Retarded Osmosis (PRO) is in het demonstratiestadium. De kosten van PRO bestaan uit diverse componenten zoals infrastructuur, membranen en elektriciteitsopwekking. In Nederland zal er soms een keuze zijn tussen opwekken van elektriciteit of het (gedeeltelijk) benutten van de mechanische energie om water op te pompen, bijvoorbeeld bij het spuien van water uit IJsselmeer bij de Afsluitdijk. Het grootste deel van het potentieel zal echter, ook in het geval van PRO, benut worden voor elektriciteitsopwekking.

In november 2009 opende Statkraft in Tofte aan het Oslofjord een PRO-prototype van 2-4 kW. De ontwikkelingskosten van de technologie bedragen tot nu toe \$18 miljoen. Hoe groter de zoet/zoutgradiënt is, des te efficiënter zal een PRO-centrale werken. Tegelijkertijd is het van belang dat het zeewater en het zoete water zo schoon mogelijk zijn.

### *Reverse ElectroDialysis (RED)*

REDstack, een spin-off van Wetsus (Leeuwarden), richt zich op het ontwikkelen, opschalen en vermarkten van de RED-technologie (Post, 2009; Dlugolecki *et al.*, 2009). Ook in de Verenigde Staten wordt aan de RED-technologie gewerkt. Het potentieel bij de Afsluitdijk, met een spui-stroom van minimaal 200 m<sup>3</sup>/s, is ca. 200 MW. Het potentieel bij IJmuiden, waar het Noordzee-kanaal uitmondt in de Noordzee, wordt geschat op 5-7 MW.

Een bijzonderheid van Blue Energy (zowel PRO als RED) is dat de installatie een groot aantal uren per jaar in bedrijf kan zijn. Het aantal vollasturen kan zelfs 8000 uur per bedragen. Een hoge capaciteitsfactor is alleen haalbaar in het commerciële stadium.

Voor deze opties geldt dat ze in het stadium van onderzoek, ontwikkeling en demonstratie (prototype) zijn. ECN en KEMA schatten de investeringskosten van een installatie (PRO of RED) van 10 MW<sub>e</sub> in 2020 op € 7110/kW<sub>e</sub>. Het is technisch en economisch echter niet haalbaar om nu een installatie van meer dan 1 MW<sub>e</sub> te realiseren, omdat techniekontwikkeling stapsgewijs verloopt. Wanneer wordt gerekend met een schaalfactor overeenkomend met een vermogenscoëfficiënt van 0,8 tot 0,9, nemen de investeringskosten toe tot € 36000/kW<sub>e</sub>. De overige aannames (onderhouds- en bedieningskosten en aantal vollasturen) is gelijk verondersteld aan die van de installatie van 10 MW<sub>e</sub>.

Mogelijkerwijs komt nog een andere optie beschikbaar, de 'hydrocratic generator'. Wader LLC (VS) ontwikkelt deze technologie in eerste instantie voor zeewaterontzilting. De technologie kan ook worden toegepast voor of in combinatie met 'salinity gradient power' (Jones en Finley, 2003).

Tabel 6.40 *Technisch-economische parameters osmose*

		Conceptadvies 2013
Installatiegrootte	[MW]	1
Investeringskosten	[€/kW <sub>e</sub> ]	36000
Vollasturen	[h/a]	8000
Vaste O&M-kosten	[€/kW <sub>e</sub> /a]	130
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0

## 7. Overzicht basisbedragen

Op basis van de technisch-economische parameters van de verschillende opties, zie hoofdstuk 6, zijn met behulp van kasstroommodellen de basisbedragen berekend. Deze modellen zijn te raadplegen op <http://www.ecn.nl/nl/units/ps/themas/hernieuwbare-energie/projecten/sde/sde-2013/>.

In Tabel 7.1 staat het overzicht van de basisbedragen in dit conceptadvies voor vergisting van biomassa. Bij hubtoepassingen valt op dat er vooral bij WKK-hubs een duidelijk kostenvoordeel door schaalvergroting waarneembaar is. Voor warmte- en groengashubs is het kostenvoordeel, indien überhaupt aanwezig, gering. In de praktijk kan een hubaansluiting voor een individuele vergister wel degelijk een kostenvoordeel inhouden, bijvoorbeeld omdat de vergister slecht gesitueerd is ten opzichte van het gasnet. Daar waar een gering verschil in basisbedragen berekend is, zoals bij hubs en bij warmteketels, adviseren ECN en KEMA te overwegen om categorieën samen te voegen omwille van eenvoud van de SDE+-regeling.

Tabel 7.1 *Overzicht basisbedragen Conceptadvies 2013 voor vergisting van biomassa*

	Hub	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen *	Vollasturen samengesteld
Allesvergisting (zelfstandig)	nee	Warmte	15,7	[€/GJ]	7000	-
	nee	WKK	27,3	[€/GJ]	8000 / 4000	5739
	nee	Groen gas	58,1	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Allesvergisting (hubtoepassing)	ja	Warmte	14,9	[€/GJ]	7000	-
	ja	WKK	18,9	[€/GJ]	8000 / 4000	5935
	ja	Groen gas	59,3	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Mestcovergisting (zelfstandig)	nee	Warmte	18,8	[€/GJ]	7000	-
	nee	WKK	30,8	[€/GJ]	8000 / 4000	5732
	nee	Groen gas	71,6	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Mestcovergisting (hubtoepassing)	ja	Warmte	18,2	[€/GJ]	7000	-
	ja	WKK	22,2	[€/GJ]	8000 / 4000	5935
	ja	Groen gas	69,6	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Mestmonovergisting (zelfstandig)	nee	Warmte	17,4	[€/GJ]	7000	-
	nee	WKK	47,4	[€/GJ]	8000 / 0	-
	nee	Groen gas	71,8	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Mestmonovergisting (hubtoepassing)	ja	Warmte	15,8	[€/GJ]	7000	-
	ja	WKK	19,9	[€/GJ]	8000 / 4000	5935
	ja	Groen gas	62,2	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
AWZI/RWZI (thermischedrukhydrolyse)	nee	Elektriciteit	9,6	[€/kWh]	8000	-
AWZI/RWZI (vervanging gasmotor)	nee	Warmte	12,2	[€/GJ]	7000	-
	nee	WKK	17,9	[€/GJ]	8000 / 4000	5750
	nee	Groen gas	34,8	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Allesvergisting (verlengde levensduur)	nee	WKK	22,5	[€/GJ]	8000 / 4000	5749
Allesvergisting (verlengde levensduur)	ja	Groen gas	47,5	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	nee	WKK	25,9	[€/GJ]	8000 / 4000	5749
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	ja	Groen gas	54,5	[€/Nm <sup>3</sup> ]	8000	-
Mestcovergisting (verlengde levensduur)	ja	Warmte	13,4	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande allesvergisting	nee	Warmte	6,3	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande mestcovergisting	nee	Warmte	8,2	[€/GJ]	4000	-
Warmtebenutting bij compostering	nee	Warmte	2,0	[€/GJ]	7000	-

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

De basisbedragen voor thermische conversie van biomassa staan in Tabel 7.2. Voor vergassing van biomassa is een grootschalige installatie beschouwd. Nieuwe projecten kunnen eerst een demonstratiekarakter hebben en daardoor duurder uitvallen. Het basisbedrag is daarentegen het representatieve kostenniveau bij grootschalige uitrol.

Tabel 7.2 *Overzicht basisbedragen Conceptadvies 2013 voor thermische conversie van biomassa*

	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen sa- mengesteld
Vergassing	<i>Groen gas</i>	97,5	[€ct/Nm <sup>3</sup> ]	7500	-
Verbranding kleiner dan 10 MW <sub>e</sub>	<i>WKK</i>	26,0	[€/GJ]	8000 / 7500	6214
Verbranding groter dan 10 MW <sub>e</sub>	<i>WKK</i>	22,2	[€/GJ]	8000 / 7500	6351
Verbranding verlengde levensduur	<i>WKK</i>	18,7	[€/GJ]	8000/4000	4429
Ketel op vaste biomassa	<i>Warmte</i>	10,9	[€/GJ]	7000	-
Ketel op vloeibare biomassa	<i>Warmte</i>	20,8	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande AVI's	<i>Warmte</i>	6,3	[€/GJ]	7000	-
Warmtebenutting bestaande verbanding	<i>Warmte</i>	6,3	[€/GJ]	7000	-

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

De niet-biomassa gerelateerde opties, ruwweg te categoriseren in de klassieke elementen van aarde, vuur, lucht en water, staan in Tabel 7.3.

Ten opzichte van het eindadvies SDE+ 2012 is de referentie-installatie voor Geothermische warmte beter toegespitst op warmtelevering in de glastuinbouw. Dit heeft geleid tot een lager basisbedrag.

Tabel 7.3 *Overzicht basisbedragen Conceptadvies 2013 voor overige opties*

	Energieproduct	Basisbedrag	Eenheid	Vollasturen*	Vollasturen sa- mengesteld
<b>Bodemenergie en aardwarmte</b>					
Diepe geothermie	<i>Warmte</i>	9,0	[€/GJ]	5500	-
Diepe geothermie	<i>WKK</i>	18,9	[€/GJ]	8000 / 4000	4667
<b>Windenergie</b>					
Wind op land < 6 MW	<i>Elektriciteit</i>	9,6	[€ct/kWh]	2200	-
Wind op Land < 6 MW	<i>Elektriciteit</i>	8,5	[€ct/kWh]	2650	-
Wind op Land ≥ 6 MW	<i>Elektriciteit</i>	9,6	[€ct/kWh]	3000	-
Wind in meer	<i>Elektriciteit</i>	12,3	[€ct/kWh]	3100	-
Wind op zee	<i>Elektriciteit</i>	16,0	[€ct/kWh]	4000	-
<b>Energie uit water</b>					
Laag verval (<5 m)	<i>Elektriciteit</i>	11,8	[€ct/kWh]	7000	-
Hoog verval (>5 m)	<i>Elektriciteit</i>	7,1	[€ct/kWh]	4800	-
Energie uit vrije stroming	<i>Elektriciteit</i>	25,5	[€ct/kWh]	2800	-
Osmose	<i>Elektriciteit</i>	49,3	[€ct/kWh]	8000	-
<b>Zonne-energie</b>					
Zon-PV (> 15 kW <sub>p</sub> )	<i>Elektriciteit</i>	15,1	[€ct/kWh]	1000	-
Zonthermisch	<i>Warmte</i>	31,5	[€/GJ]	700	-

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

Voor enkele categorieën liggen de berekende basisbedragen boven 15 €ct/kWh, de bovengrens in de SDE+. Voor deze opties, te weten wind op zee, energie uit vrije stroming, osmose en zon-PV, zijn de basisbedragen gebaseerd op indicatieve berekeningen. De kostenontwikkelingen bij wind op zee en zon-PV zijn wel van dien aard, dat in komende jaren het betreffende basisbedrag alsnog onder de 15 €ct/kWh uit kan gaan komen.

De basisbedragen die in dit rapport genoemd staan, hebben betrekking op een representatieve installatie. In de praktijk zullen er situaties zijn waar de kosten hoger of lager uitvallen door lokale omstandigheden.

## Afkortingen

AVI	Afvalverbrandingsinstallatie
BEC	Bioenergiecentrale
BEMS	Besluit emissie-eisen middelgrote stookinstallaties
CAR	<i>Construction all risk</i> , bouwverzekering
COP	<i>Coefficient of performance</i> , prestatiecoëfficiënt
EEG	<i>Erneurbare-Energien-Gesetz</i>
EIA	Energieinvesteringsaftrek
EL&I	Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie
ETS	<i>Emissions Trading System</i> , Emissiehandelssysteem
GvO	Garanties van oorsprong
IEA	Internationaal energieagentschap
IRE	Investeringsregeling in energiebesparing
LEI	Landbouw Economische Instituut
MEI	Marktintroductie energieinnovaties
MEP	Milieukwaliteit elektriciteitsproductie
MER	Milieu-effectrapportage
MIA	Milieu-investeringsaftrek
NWEA	Nederland Wind Energie Associatie
O&M	<i>Operation&amp;Maintenance</i> , Onderhoud&Beheer
ORC	Organische Rankine cyclus
OT	Onrendabele top
PS	Processtoom
SDE	Stimulering duurzame energieproductie
SNG	<i>Substitute Natural Gas of Synthetic Natural Gas</i>
VLU	Vollasturen
WKK	Warmtekrachtkoppeling



## Referenties

- Długolecki (2009): *Practical potential of reverse electro dialysis as process for sustainable energy generation*, Environmental Science & Technology, vol 43, nr 17, 2009.
- Greenacre, P., R. Gross en P. Heptonstall (2010): *Great Expectations: The cost of offshore wind in UK waters - understanding the past and project the future*, UKERC, Londen, september 2010.
- Jones, A.T., en W. Finley (2003): *Recent Developments in Salinity Gradient Power*, OceanUS Consulting, San Francisco, 2003.
- Lako, P., S.L. Luxembourg, B. in 't Groen (2011): *Geothermische energie en de SDE*, ECN-E--11-022, Petten, april 2011.
- Lako, P., S.L. Luxembourg, L.W.M. Beurskens (2010): *Karakteristieken van duurzame energie in relatie tot de Afsluitdijk*, ECN-E--10-044, Petten, juni 2010.
- Lensink, S.M., J. van Stralen en A. Wakker (2009): *Subsidie-aanvragen 950 MW tender (openbaar)*, ECN-BS--09-037, december 2009.
- Lensink, S.M., Wassenaar, J.A., Luxembourg, S.L., Faasen, C.J., Mozaffarian, M., *Eindadvies basisbedragen 2011*, ECN-E--10-082, Petten, september 2010
- Lensink, S.M., J.A. Wassenaar, M. Mozaffarian, S.L. Luxembourg en C.J. Faasen (2011): *Basisbedragen in de SDE+ 2012*, *Eindadvies*, ECN-E--11-054, Petten, september 2011.
- Mozaffarian, M., J.A. Wassenaar, S.M. Lensink (2011): *Hernieuwbare warmte in de SDE-plusregeling*. Mei 2011, ECN-E-11-035.
- NREL 2012, *Recent Developments in Levelized Cost of Energy from U.S. Wind Power Projects*, <http://eetd.lbl.gov/ea/ems/reports/wind-energy-costs-2-2012.pdf>
- Post, J.W. (2009): *Blue Energy: electricity production from salinity gradients by reverse electro dialysis*, PhD Thesis Wageningen University, november 2009.
- Sambeek, E.J.W. van, H.J. de Vries, A.E. Pfeiffer en J.W. Cleijne (2004): *Onrendabele toppen van duurzame elektriciteitsopties, Advies ten behoeve van de vaststelling van de MEP-subsidies voor de periode juli tot en met december 2006 en 2007*, ECN-C--04-101, november 2004.
- Sambeek, E.J.W. van, T.J. de Lange, W.J.A. Ruijgrok en A.E. Pfeiffer (2002): *Invulling van het wetsvoorstel MEP voor duurzame elektriciteit, Samenvattend overzicht van een mogelijke categorisatie en producentenvergoedingen*, ECN-C--02-088, Petten, november 2002.
- Tilburg, X. van, H.M. Londo, M. Mozaffarian en E.A. Pfeiffer (2008a): *Technisch-economische parameters van groengasproductie 2008-2009: Eindadvies basisbedragen voor de SDE-regeling*, ECN-E--08-004, Amsterdam, januari 2008.
- UVW (2011): *Green Deal tussen Rijksoverheid en Unie van Waterschappen*. Beschikbaar via [www.uvw.nl](http://www.uvw.nl). Nieuwegein, oktober 2011.