

Notitie

Afdeling Policy Studies
Van Ayla Uslu (ECN);Paula Schulze (DNV GL)
Aan Ministerie van Economische Zaken

Onderwerp **Kostenonderzoek vergisting SDE+ 2018**

1 **Introductie op proces**

2 Het ministerie van Economische Zaken heeft aan ECN gevraagd om, samen met DNV GL en bij geo-
3 thermie ondersteund door TNO, advies uit te brengen over de subsidiehoogtes voor hernieuwbare
4 energie in 2018. Om dit advies te kunnen geven hebben ECN en DNV GL ervoor gekozen – in
5 samenspraak met het ministerie van Economische Zaken als opdrachtgever en RVO als uitvoerder van
6 de SDE+-regeling – een iets gewijzigde procedure te hanteren.

7
8 Het nu voorliggende document bevat géén advies over de subsidiehoogtes, maar geeft een overzicht
9 van de kosten van hernieuwbare-energie-installaties, hoofdzakelijk zoals deze gemeld zijn aan RVO bij
10 de SDE+-aanvragen. De uitgangspunten voor het advies m.b.t. de SDE+ 2018 moeten nog worden
11 vastgesteld. Zo betekent de afwezigheid van data niet dat deze categorie zou kunnen verdwijnen in
12 2018.

13
14 Het uiteindelijke subsidieadvies is inclusief een adviesaanvraag over basisbedragen (productiekosten),
15 correctiebedragen (marktwaaarde geproduceerde energie) en basisenergieprijzen (ondergrens voor
16 correctiebedragen). In de eerste fase van het werk wordt op basis van anonieme en geaggregeerde
17 informatie van SDE+-aanvragen, die door RVO beschikbaar zijn gesteld, een kostenonderzoek
18 uitgevoerd. Dit kostenonderzoek wordt in april 2017 beschikbaar gesteld aan geïnteresseerde
19 marktpartijen, waarna in mei consultatiereacties opgesteld kunnen worden en consultatiegesprekken
20 met ECN en DNV GL gevoerd kunnen worden. In deze gesprekken kunnen kostenbevindingen
21 bediscussieerd worden, maar ook correctiebedragen, basisprijzen en wensen met betrekking tot de
22 uitgangspunten voor het subsidie-advies.

23
24 Op basis van een nota van antwoord van ECN en DNV GL op de consultatiegesprekken en de nu
25 gepresenteerde kostenbevindingen stelt het ministerie van Economische Zaken de uitgangspunten op
26 die voor ECN en DNV GL het kader bieden om advies uit te kunnen brengen over de basisbedragen
27 SDE+ 2018. In de zomermaanden van 2017 zal een conceptadvies gepubliceerd worden door ECN en
28 DNV GL dat vervolgens voor een schriftelijke consultatie aan marktpartijen wordt aangeboden,
29 waarna in het najaar van 2017 het eindadvies aan het ministerie zal worden gegeven.

30

31

32 Samenvatting

33 Deze notitie presenteert de resultaten van de kostenraming voor de vergisting categorieën. Deze
 34 raming is gebaseerd op de 2014-2016 SDE+-projecten. De detailgegevens voor deze projecten zijn ter
 35 beschikking gesteld door RVO. Het onderzoek richt zich voornamelijk op de techno-economische
 36 parameters, zoals de substraatmix; de biogas input capaciteit; de totale investeringskosten en de
 37 vaste O&M-kosten. Hieronder volgt een overzicht van de belangrijkste observaties.
 38

39 Vergisting en co-vergisting van dierlijke mest

40 Voor de categorie vergisting en co-vergisting van dierlijke mest bestaat het gebruik van substraatmix
 41 uit gemiddeld 60% mest, waar de referentie-installatie uitgaat van 50% mest. In de analyse van de
 42 SDE+-projecten komt de referentieprijs voor de grondstof uit op 9,1 €/GJ bij een energie-inhoud van
 43 2,9 GJ/ton co-vergistersinput. Ter vergelijking: in het 'Eindadvies SDE+ 2017' was de referentieprijs
 44 10,5 €/GJ bij een energie-inhoud van 3,4 GJ/ton. De schaalgrootte van de referentie-installatie zit ver
 45 onder de data range voor de categorie gecombineerde opwekking vergisting en co-vergisting van
 46 dierlijke mest. De vaste O&M-kosten blijken hoger te zijn dan die van de referentie-installatie uit het
 47 'Eindadvies SDE+ 2017'. De onderstaande tabellen omvatten de belangrijkste observaties voor deze
 48 categorie.

49 **Tabel 1:** Technisch-economische parameters energie uit mestco-vergisting (Hernieuwbaar gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Geobserveerde ranges	Gemiddelde
Referentiegrootte	[Nm ³ _{bruto ruw biogas} /h]	505	350-1500	964
Vollasturen	[h/a]	8000		
Interne warmtevraag	[% biogas]	5%		
Investeringskosten (totaal)	[€ per Nm ³ _{bruto ruw biogas} /h]	7247	2000-13000	5681
Vaste O&M-kosten (totaal)	[€ per Nm ³ _{bruto ruw biogas} /h]	512	130-750	512
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	3,4	1,4-5,3	2,9
Grondstofkosten	[€/ton]	35,4	11,4-67,4	26,4

50 **Tabel 2:** Technisch-economische parameters Gecombineerde opwekking vergisting en co-vergisting van dierlijke mest

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Observatie range	Gemiddelde
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	3,0	1,3-2,3	1,8
Elektrisch vermogen	[MW _e]	1,1		0,74
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	1,44		0,81
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000		
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000		
Maximaal elektrisch rendement		37%	37%-43%	41%
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	1145	320-715	551
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	85	70-200	108
Energie-inhoud brandstof	[GJ _{biogas} /ton]	3,4	1,4-5,3	2,9
Grondstofkosten	[€/ton]	35,4	11,4-67,4	26,4

51
52 De resultaten van de analyse geven dus aanleiding om voor de berekening van de SDE+ 2018
53 basisbedragen de volgende aanpassingen te doen op de referentie installatie:
54 • Aanpassing van de specifieke energie-inhoud en prijs van de co-producten voor productie van
55 hernieuwbaar gas, gecombineerde opwekking en warmte
56 • Aanpassing van de verhouding mest vs. co-producten voor productie van hernieuwbaar gas,
57 gecombineerde opwekking en warmte
58 • Aanpassing van de schaalgrootte en de techno-economische data voor hernieuwbaar gas en
59 gecombineerde opwekking.
60

61 Wegens beperkt beschikbare gegevens was het niet mogelijk de categorie Warmte te onderzoeken.
62

63 **Allesvergisting**

64 De beschikbare marktinformatie over allesvergisters toont aan dat er een grote spreiding is bij de
65 kosten van het substraat (van -27,5 tot 8,4 €/GJ). De spreiding wordt vooral veroorzaakt door het
66 gebruik van afvalstromen zoals groente-, fruit-, en tuinafval (GFT-afval) en slachtafval aan de ene kant,
67 en de vergisting van (ingekochte) VGI-stromen en gedeeltelijk typische (ingekochte) co-substraten aan
68 de andere kant.
69

70 De algemene observatie voor Allesvergisting is dat de beperkt beschikbare gegevens en grote
71 diversiteit over het type vergisting installaties het moeilijk maken om concrete conclusies te trekken.
72 Het is de vraag of de allesvergisting categorieën op dezelfde manier zullen worden opgenomen als in
73 het SDE+ Eindadvies 2017 (zie Annex).
74

75 **Kleinschalige vergisting 95% dierlijke mest**

76 De beschikbare informatie over mestmonovergisters toont aan dat de schaalgrootte van de
77 referentie-installatie uit het 'Eindadvies SDE+ 2017' kleiner is dan wat er daadwerkelijk gevraagd
78 wordt. Vanwege de aangekondigde tender voor monomestvergisting wordt in deze notitie niet nader
79 ingegaan op deze categorie.
80

81 **Grootschalige vergisting 95% dierlijke mest**

82 Wegens de beperkt beschikbare gegevens is het niet mogelijk om een diepgaand onderzoek uit te
83 voeren voor deze categorie. Er zijn maar een paar projecten binnen de hernieuwbaar gas categorie.
84 Desondanks, op basis van het beperkte aantal aanvragen voor projecten en andere bronnen, zijn de
85 techno-economische gegevens van een typische installatie opgenomen in de onderstaande tabel.
86

87
88

Tabel 3: Technisch-economische parameters energie uit grootschalige vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (hernieuwbaar gas)

Parameter	Eenheid	Range	Typisch installatie
Referentiegrootte	[kW _{input}]	2350-2650	2740
Vollasturen	[h/a]		
Interne warmtevraag	[% biogas]		15%
Investeringskosten	[€/kW _{input}]	1000-2000 gezaamenlijk	1353
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€/kW _{output}]		614
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/kW _{input}]	100-250 gezaamenlijk	150 gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/kW _{output}]		
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]		0,39
Grondstofkosten	[€/ton]		0

89

Tabel 4: Technisch-economische parameters energie uit grootschalige vergisting van meer dan 95% hernieuwbare mest (WKK)

90
91

Parameter	Eenheid	Typisch installatie
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	2,74
Elektrisch vermogen	[MW _e]	0,877
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	1,316
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	3500
Maximaal elektrisch rendement		32%
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	1673
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	84
Energie-inhoud brandstof	[GJ _{biogas} /ton]	0,39
Grondstofkosten	[€/ton]	0

92

Tabel 5: Technisch-economische parameters energie uit grootschalige vergisting van meer dan 95% hernieuwbare mest (warmte)

93
94

Parameter	Eenheid	A typical installation
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	2,74
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Interne warmtevraag	[%]	5
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	1413
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	64
Energie-inhoud brandstof	[GJ _{biogas} /ton]	0,39
Grondstofkosten	[€/ton]	0

95

96

97

98

99

100

101

102

103

Vollasturen

104

105

106

107

108

109

Een van de belangrijkste parameters voor definiëring van een passend referentiesysteem voor grootschalige mestmonovergisting is de mix van mest die wordt gebruikt. Afhankelijk van het type en de verhouding tussen vaste mest en drijfmest kan de opbrengst sterk wisselen. Zo bevat de mix typisch tussen de 10% en 80% drijfmest in de SDE+-projecten, terwijl op basis van eerdere marktinformatie is uitgegaan van 100% drijfmest als referentie.

Volgens de actuele productiegegevens voor een aantal bestaande installaties liggen de operationele vollasturen ver onder de SDE+-referentievollasturen voor de categorieën WKK en Warmte. Voor de WKK-categorie ligt de range tussen 3827-4531 uren per jaar en voor de warmtecategorie tussen 600-5345 uren per jaar.

110 **1 Introductie/achtergrond**

111 Deze notitie omvat de kostenraming voor vergisting categorieën. ECN en DNV GL hebben van RVO een
112 grote hoeveelheid specifieke gegevens ontvangen van ongeveer 40 SDE+-projecten. De focus ligt op
113 de afgelopen 3 jaar (2014-2016). Deze gegevens zijn zorgvuldig geanalyseerd om een vergelijking
114 mogelijk te maken tussen SDE+ referentie-installaties met deze gegevens voor elke vergisting
115 categorie. De totale investering en O&M kostengegevens zijn gefilterd om kostencomponenten op te
116 nemen die binnen de SDE+ subsidieschema vallen. De onderstaande tabel bevat de exacte aantallen
117 en typen projecten waar deze notitie op gebaseerd is.
118

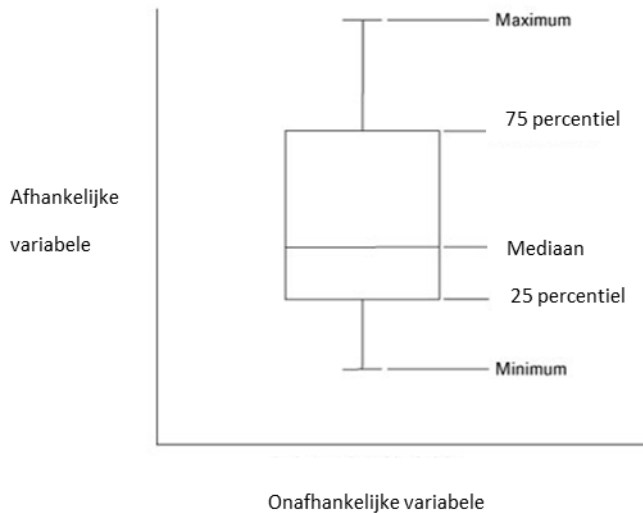
119 **Tabel 6:** Aantallen en typen geanalyseerde projecten

Categorie	Aantallen en typen geanalyseerde projecten
Alles vergisting	8 projecten (1 hernieuwbaar gas; 3 WKK; 4 Warmte)
Co-vergisting	21 projecten (11 hernieuwbaar gas; 9 WKK; 1 Warmte)
Mono-vergisting	4 projecten (2 hernieuwbaar gas; 1 WKK; 2 Warmte)

120
121 Hoofdstuk 2 behandelt de substraatmix en biedt een overzicht van de verschillende substraten en
122 gerelateerde prijzen.
123

124 Hoofdstuk 3 evalueert de technisch-economische data van de SDE+2017 referenties op basis van
125 informatie uit de bij RVO bekend zijnde haalbaarheidsstudies.
126

127 De focus ligt op de schaalgrootte van verschillende vergisting categorieën, de totale
128 investeringskosten en de vaste O&M-kosten. De resultaten in dit hoofdstuk zijn samengevat in de
129 vorm van onderstaand diagram. Er is gekozen voor dit type illustratie omdat het nuttig is om aan te
130 geven wanneer een verdeling scheef is en er sprake is van ongebruikelijke observaties in de dataset.
131 Figuur 1 geeft weer hoe de grafieken in de volgende secties te interpreteren. De groene punten in de
132 grafieken staan voor de gegevens uit het SDE+2017 eindadvies en de grijze boxen met lijnen
133 representeren de datareeks van de SDE+-projecten.

Figuur 1: Toelichting op figuren

135

136

137

138 Hoofdstuk 4 is gericht op de vollasturen en onderzoekt de actuele productiedata van bestaande
139 installaties.

140

141 Alle bovengenoemde hoofdstukken bevatten een korte vergelijking van SDE+2017 techno-
142 economische gegevens met de uitkomsten van de observaties in tabellen en eindigen in sommige
143 gevallen met specifieke vragen ter adressering door de marktpartijen.

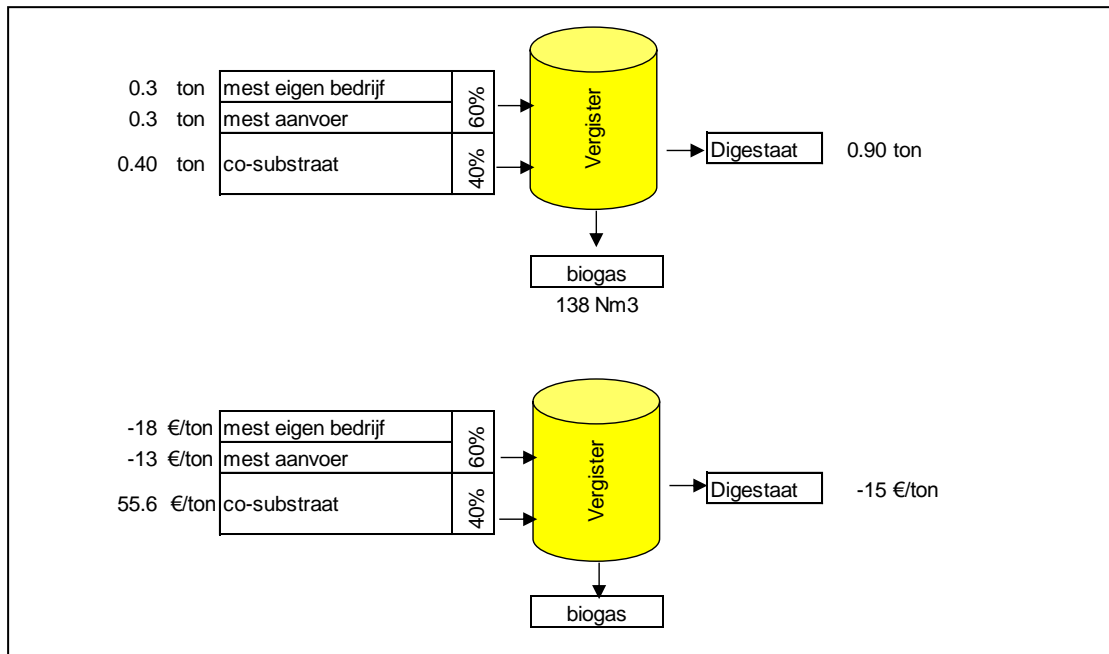
144 **2 Analyse inputstromen van co-vergisters**

145 **2.1 Grondstoffen voor mestco-vergisting: mest**

146 De prijs voor drijfmest kent regionale verschillen en loopt van € 0 tot -5 per ton in mest-
147 tekortgebieden tot maximaal € -15 tot -25 per ton in mestoverschotgebieden. Als referentieprij
148 wordt uitgegaan van € -18 per ton voor mest van het eigen bedrijf. Rekening houdend met
149 transportkosten is de referentieprij voor externe aanvoer -13 €/ton. Van de totale input blijft ca. 90%
150 aan massa over als digestaat. Voor de afvoer van digestaat dient gemiddeld 15 €/ton betaald te
151 worden.

152 **2.2 Verhouding Mest vs. co-substraten**

153 Uit een steekproef van 21 aanvragen voor SDE+ subsidies die ingediend zijn bij RVO in de categorie co-
154 vergisting is de verwachte verhouding van mest versus co-substraten geanalyseerd op basis van de
155 ingezette tonnages. Hieruit blijkt dat de verhouding sterk uiteenloopt tussen 50-95% mest. Gemiddeld
156 is er 60% mest ingezet. De marktinformatie gaf aanleiding om de referentiecasi aan te passen op de
157 hoeveelheden mest. Figuur 2 geeft een schematische weergave van de aangenomen
158 grondstofstromen in de co-vergister.

Figuur 2: Inputstromen co-vergisting
160
161

162 2.3 Grondstoffen voor mestco-vergisting: co-substraat

163 Uit een steekproef van 21 aanvragen voor SDE+ subsidies die ingediend zijn bij RVO in de categorie co-
164 vergisting is de verwachte substraatmix geanalyseerd. Hierbij zijn een aantal observaties gemaakt:

- 165 - Mais(silage) blijkt geen grote rol te spelen als co-substraat, voor maar enkele vergisters is
166 mais opgenomen in de substraatmix.
- 167 - Glycerine werd in 75% aanvragen genoemd als co-substraat, gevolgd door reststromen uit de
168 VGI (70%), graanresten (50%) en diverse soorten gras (50%).
- 169 - Soapstock en reststromen van supermarkten zijn in 25% van de aanvragen genoemd.
- 170 - Qua ingezette tonnages dragen Glycerine, VGI-reststromen en diverse soorten gras met elk
171 20% bij aan de totale inzet van co-producten; graanresten maken 15% uit¹.

172

173 Onderstaande tabel geeft een overzicht over de bandbreedte en gemiddelde biogasopbrengsten van
174 de meest relevante co-substraten.

175

¹ In deze calculatie is één aanvraag buiten beschouwing gelaten dat zulke grote hoeveelheden maïs verwachtte in te zetten dat de analyse naar de totale inzet van co-substraten buiten verhouding beïnvloed zou worden.

176 **Tabel 7:** Overzicht bandbreedte en gemiddelde biogasopbrengsten van co-substraten

Biomassa voor vergisting	Biogasopbrengst (range)	Biogasopbrengst (gewogen gemiddeld)	Co-substraatprijs (range)	Co-substraatprijs (gewogen gemiddeld)
	[m ³ ruw biogas/ton]	[m ³ ruw biogas/ton]	[€/ton]	[€/ton]
Glycerine	390-710	584	80-250	158
VGI-reststromen	100-650	276	11-125	46
Graanresten	400-527	422	55-75	62
Gras	150-220	170	-8-25	5
Soapstock	350-732	438	75-115	84
Supermarktmix	116-125	120	14-25	18

177
 178 De energie-inhoud van de ingezette co-substraten laat een grote spreiding zien van 185 tot 710
 179 m³/ton oftewel 3,9 tot 13,7 GJ/ton. De gewogen (op basis van massa) gemiddelde biogasopbrengst
 180 van alle opgevoerde co-substraten (uit de 21 aanvragen) is 384 m³/ton. Dit betekent een gemiddelde
 181 gasopbrengst van 7,6 GJ/ton co-substraat.

182
 183 Ook de biomassaprijs varieert sterk: in de aanvragen zijn de kosten voor co-producten aangegeven
 184 van gemiddeld 20,3 tot 250 €/ton, wat neerkomt op een specifieke substraatprijs van 6,3 tot 18,7
 185 €/GJ.

186
 187 Op basis van de beschikbare marktinformatie is in onderstaand tabel de co-substraatmix voor de
 188 referentiecasi in de categorie co-vergisting berekend.

189

190 **Tabel 8:** Berekening co-substraatmix voor de referentiecasi

Biomassa voor vergisting	Aandeel in de co-substraatmix	Biogasopbrengst	Co-substraatprijs
	%	[m ³ ruw biogas/ton]	[€/ton]
Glycerine	20%	584	158
VGI-reststromen	20%	276	46
Graanresten	15%	422	62
Gras	20%	170	5
Overige laagwaardige co-substraten	25%	120	18
TOTAAL	100%	300	55,6

191
 192 Als referentiegasopbrengst van co-substraat is 300 Nm³/ton gebruikt. De (gewogen) gemiddelde prijs
 193 voor co-substraat is aangenomen met 9,9 €/GJ van 55,6 €/ton, met een netto energie-inhoud van
 194 6,3 GJ/ton. De totale aangenomen grondstofkosten, bestaande uit aankoop van co-substraat en
 195 verwerkingskosten voor mest en digestaat, komen in de huidige mix uit op 26,4 €/ton oftewel
 196 19 cent/Nm³ ruw biogas, gerekend met een gasopbrengst van de totale input, mest en co-substraat
 197 van 2,9 GJ/ton (exclusief 0,5 €/ton brandstofprijsofslag). Een overzicht is weergegeven in Tabel 9.

198 **Tabel 9:** Energie-inhoud en prijzen van mest en co-substraat

	Energie-inhoud	Prijs (range)	Referentieprij
	[GJ/ton]	[€/ton]	[€/GJ]
<i>Aanvoer dierlijke mest</i>	0,63	-13 (-25 tot 0)	-21
<i>Afvoer dierlijke mest</i>	0,63	-18 (-30 tot -5)	-29
<i>Co-substraat</i>	6,3	55,6	8,8
Co-vergistingsinput	2,9	26,4	9,1

199
 200 Op bovenstaande gegevens is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd; om de impact van de energie-
 201 inhoud van het substraat (en de gerelateerde kosten) op het basisbedrag te analyseren, zijn er ook de
 202 energie-inhoud en de prijzen voor de co-vergisterinput berekend in het geval dat de 40% co-
 203 substraten volledig uit hoogwaardige co-producten bestaan (glycerine) of volledig uit laagwaardige co-
 204 producten bestaan (als referentie is supermarktmix gebruikt). De resultaten zijn gerapporteerd in
 205 Tabel 10 en Tabel 11.

206 **Tabel 10:** Gevoeligheidsanalyse energie-inhoud en prijzen van co-vergisterinput met alleen hoogwaardige co-producten

	Energie-inhoud	Prijs (range)	Referentieprij
	[GJ/ton]	[€/ton]	[€/GJ]
<i>Aanvoer dierlijke mest</i>	0,63	-13 (-25 tot 0)	-21
<i>Afvoer dierlijke mest</i>	0,63	-18 (-30 tot -5)	-29
<i>Co-substraat (100% glycerine)</i>	12,3	158	12,9
Co-vergistingsinput	5,3	67,4	12,8

207
 208 **Tabel 11:** Gevoeligheidsanalyse energie-inhoud en prijzen van co-vergisterinput met alleen laagwaardige co-producten

	Energie-inhoud	Prijs (range)	Referentieprij
	[GJ/ton]	[€/ton]	[€/GJ]
<i>Aanvoer dierlijke mest</i>	0,63	-13 (-25 tot 0)	-21
<i>Afvoer dierlijke mest</i>	0,63	-18 (-30 tot -5)	-29
<i>Co-substraat (100% laagwaardig co-product)</i>	2,5	18	7,1
Co-vergistingsinput	1,4	11,4	8,2

209
 210 In de extreme gevallen dat er alleen maar hoog-of laagwaardige co-producten toegepast worden
 211 varieert de energie-inhoud tussen 1,4 en 5,3 GJ/ton en de referentieprij van de co-vergisterinput
 212 tussen 8,2 en 12,8 €/GJ.
 213

214 Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt, dat bij inzet van alleen maar hoogwaardige en dure cosubstraten de
215 basisprijs met 18% omhoog gaat; bij inzet van alleen maar laagwaardige cosubstraten gaat de
216 basisprijs om 5,5% naar beneden.

217
218 Opname van hoogwaardige co-substraat (bijvoorbeeld glycerine) in de substraatmix kan de capaciteit
219 en dus de CAPEX en OPEX van de vergister (en bijbehorende voedingssystemen en opslag voor het
220 substraat) beïnvloeden. Echter, het kwantificeren van de mogelijke effecten zijn complex. Het
221 reactorontwerp is afhankelijk van de dagelijkse substraat instromingssnelheid en de hydraulische
222 retentietijd (HRT). Zo zal een gelijke hoeveelheid substraatmengsel met een aanzienlijk aandeel
223 glycerine in beginsel leiden tot een hogere biogasopbrengst dan een referentie met lager percentage
224 glycerine. De hogere biogasopbrengst zal een grotere capaciteit WKK, ketel of
225 gasopwaarderingsstechnologie vereisen om het biogas verder te verwerken. Daardoor kan meer
226 energie worden geproduceerd. Als alternatief kan de verblijftijd worden verminderd wat leidt tot
227 grotere hoeveelheden substraat die ingevoerd worden in dezelfde reactorgrootte. Een andere optie
228 is dat de vergister meer gematigd kan worden geconstrueerd voor dezelfde doorvoer ter vermindering
229 van de investeringskosten van de vergister. Er is geen rechttoe rechtaan antwoord op de vraag welke
230 optie een betere business case oplevert. Het hangt onder meer op de prijs van glycerine, de mogelijke
231 minimum retentietijd (volgens Timmerman et al (2015) neemt het positieve effect van de invoer van
232 glycerine af met kortere retentietijden). Naast deze is het bepalen van de ideale verhouding van
233 glycerine en mest van groot belang. Hogere aandelen glycerine kunnen resulteren in een organische
234 overbelasting en het falen van de vergister. (Wohlgemut et al (2008); Fountoulakis et al (2010)). Robra
235 et al (2010) evalueerden de biogasproductie van substraatmixen van 5%, 10% en 15%
236 gewichtsprocent glycerine met runderdrijfmest. De resultaten tonen een toename van 9,5%, 14,3% en
237 14,6% methaan inhoud respectievelijk bij de invoer van 5%, 10% en 15 % glycerine vergeleken met
238 vergisting van runderdrijfmest zonder toevoeging van glycerine. Alleen de 5% en 10% glycerine
239 behandelingen hadden dus een statistisch hogere totale biogasopbrengst in vergelijking met de pure
240 runderdrijfmest (Sell et al 2011).

241
242 Samenvattend kan worden gezegd dat glycerine maar in beperkte hoeveelheden leidt tot een hogere
243 biogasopbrengst bij een constant reactorvolume; er is echter geen directe uitspraak mogelijk over een
244 mogelijk kostendalend effect op CAPEX en OPEX van een installatie omdat andere parameters zoals de
245 hydraulische verblijftijd ook van invloed zijn.

246

247 Conclusie analyse SDE+ aanvragen voor de categorie co-vergisting

248 Voor de categorie vergisting en co-vergisting van dierlijke mest bestaat het gebruik van substraatmix
249 uit gemiddeld 60% mest, waar de referentie-installatie uitgaat van 50% mest. In de analyse van de
250 SDE+-projecten komt de referentieprijs voor de grondstof uit op 9,1 €/GJ bij een energie-inhoud van
251 2,9 GJ/ton co-vergistersinput. Ter vergelijking: in het 'Eindadvies SDE+ 2017' was de referentieprijs
252 10,5 €/GJ bij een energie-inhoud van 3,4 GJ/ton.

253

254 De resultaten van de analyse geven dus aanleiding om voor de berekening van de SDE+ 2018
255 basisbedragen de volgende aanpassingen te doen op de referentie-installatie:

- 256 - Aanpassing van de specifieke energie-inhoud en prijs van de co-producten voor productie van
257 hernieuwbaar gas, gecombineerde opwekking en warmte

- 258 - Aanpassing van de verhouding mest vs. co-producten voor productie van hernieuwbaar gas,
259 gecombineerde opwekking en warmte.

260 **3 Analyse techno-economisch data van SDE+ referentie** 261 **installaties**

262 **3.1 Allesvergisting (hernieuwbaar gas)**

263 De SDE+-projecten binnen deze categorie waren zeer beperkt, hierdoor was het niet mogelijk om een
264 kostenraming uit te voeren.

265

266 **3.2 Gecombineerde opwekking allesvergisting**

267 Figuur 3 illustreert de vergelijking van de SDE+2017 referentie Biogas input capaciteit met de SDE+-
268 projecten in de jaren 2014-2016. Zoals blijkt komt de referentiecapaciteit aardig overeen met het
269 gemiddelde van de SDE+-projecten.

270

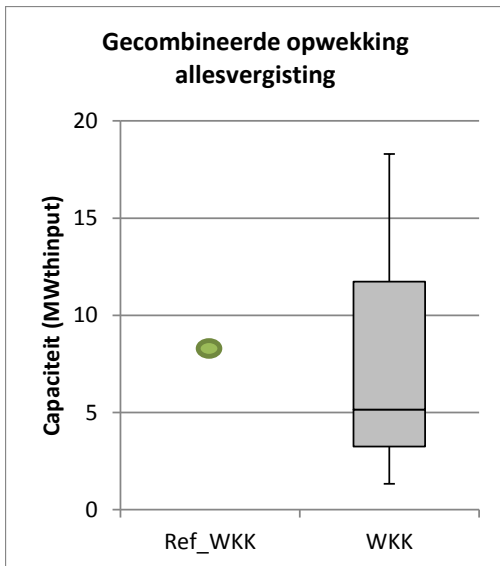
271 De totale specifieke investeringskosten van de SDE+-projecten variëren tussen 550-3800 €/kWth
272 input. Een dergelijke brede range hangt voornamelijk samen met het type vergister of in de totale
273 kosten een nieuwe WKK meegenomen is, en of het geproduceerde biogas naar een centraal WKK gaat
274 (hetgeen betekent dat de WKK-gerelateerde investeringskosten niet meegenomen zijn). Afhankelijk
275 van het type substraatmix kunnen de totale investeringskosten van de vergisters oplopen in verband
276 met de noodzakelijke invoedingssystemen, zoals bij afvalstromen van een darmwasserij waar een
277 floatbuffer voor de vergister de totale kosten kan doen toenemen.

278

279 De vergelijking van investeringskosten in Figuur 4 laat zien dat de specifieke investeringskosten van de
280 referentie-installatie binnen de range liggen, dichtbij de mediaan van de dataset en lager dan het
281 gemiddelde van de SDE+ projecten. De gemiddelde specifieke investeringskosten van de RVO
282 datarange zijn 1500 €/kWthinput. De vaste O&M-kosten vallen hoger uit en het gemiddelde van de
283 SDE+-projecten liggen redelijk binnen de range.

284

Figuur 3: Vergelijking van de SDE+-referentie met de SDE+-projecten

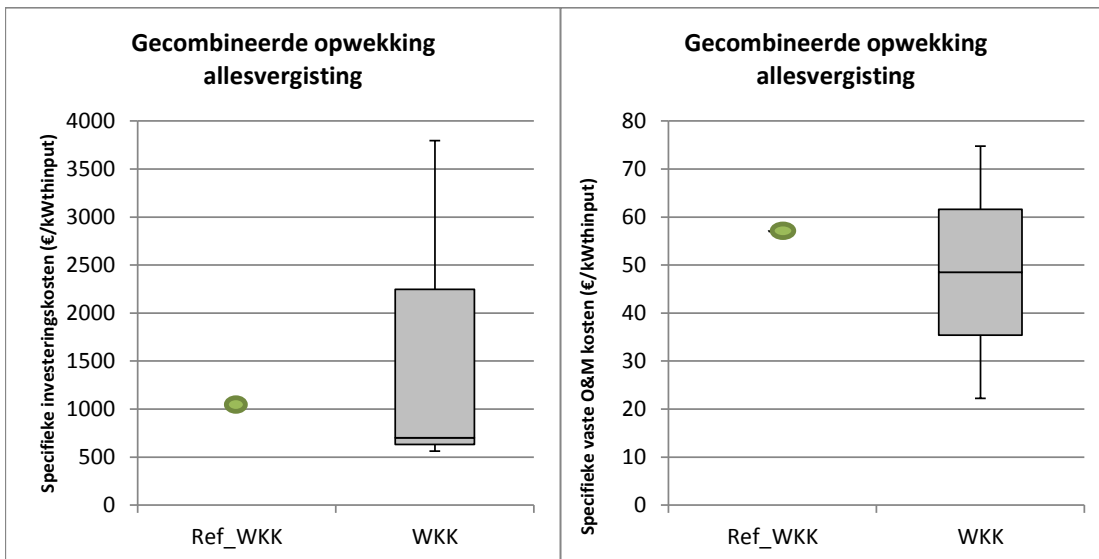


285

286

287

Figuur 4: Investerings en O&M-kosten van de SDE+-projecten in vergelijking met de SDE+2017 referentie



288

289

290

291 3.3 Warmte allesvergisting

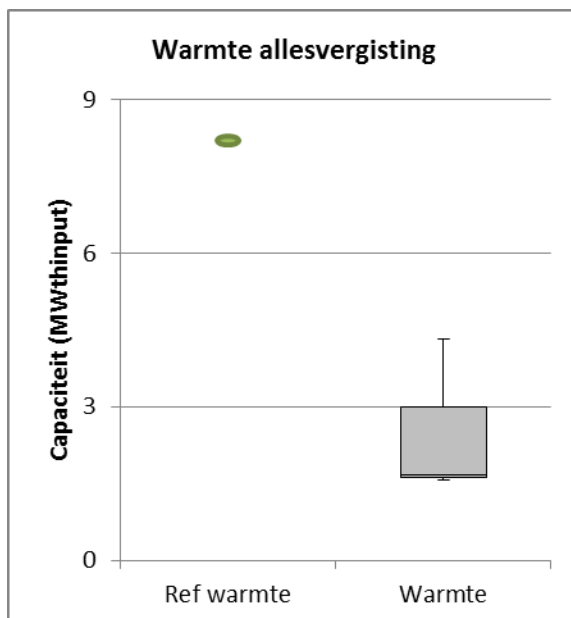
292 In deze categorie observeren we dat de recente projecten aanzienlijk lagere biogas productie-
 293 capaciteit hebben dan de SDE+2017 referentie-installatie, zoals afgebeeld in Figuur 5. Een algemene
 294 trend bij de SDE+-projecten Allesvergisting en Warmte in de afgelopen 3 jaar is dat het merendeel van
 295 de projecten vergistingsgerelateerde investeringen en het leidingwerk om biogas aan te sluiten op een
 296 **bestaande stoomketel** betreffen. Hierdoor zijn in de investeringskosten niet de kosten gerelateerd
 297 aan de ketelinstallatie meegenomen. Figuur 6 presenteert de vergelijking van de specifieke
 298 investeringskosten tussen de SDE+-projecten en de referentie-installatie. Enerzijds laat de linkerkant
 299 van de grafiek zien dat de specifieke investeringskosten in de referentie-installatie veel lager zijn dan
 300 het gemiddelde van de SDE+-projecten. Anderzijds passen de investeringskosten aan de rechterkant
 301 mooi in de trendlijn die resulteert uit de SDE+-projecten. Het is echter belangrijk om aan te geven dat
 302 het aantal projecten beperkt is tot vier, en zoals eerder vermeld zijn in de totale investeringen van de
 303 SDE+-projecten de investeringskosten voor de ketel niet meegenomen. Dit is mede relevant voor de
 304 O&M-analyse. Figuur 7 illustreert de vaste O&M kostenvergelijking.

305

306 De hoge investeringskosten van de SDE+-projecten zijn gerelateerd aan het type installatie en de
 307 substraatvoeding. Zo kan een anaerobe membraanbioreactor die anaerobe digestie combineert met
 308 fysieke scheidingsmembranen, resulteren in veel hogere investeringskosten.

309

310 **Figuur 5:** Vergelijking van de referentie-installatie met de SDE+-projecten



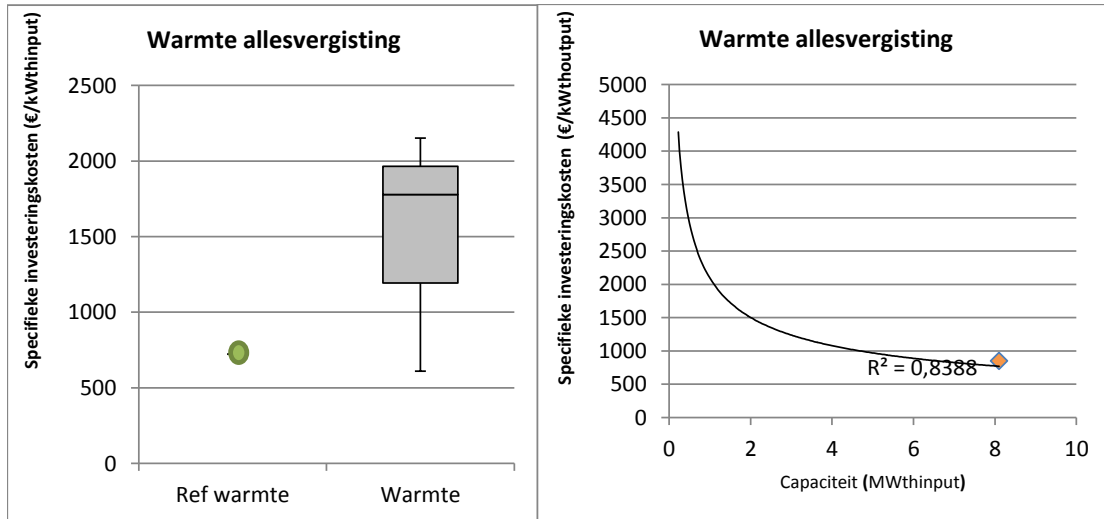
311

312

313

314
315

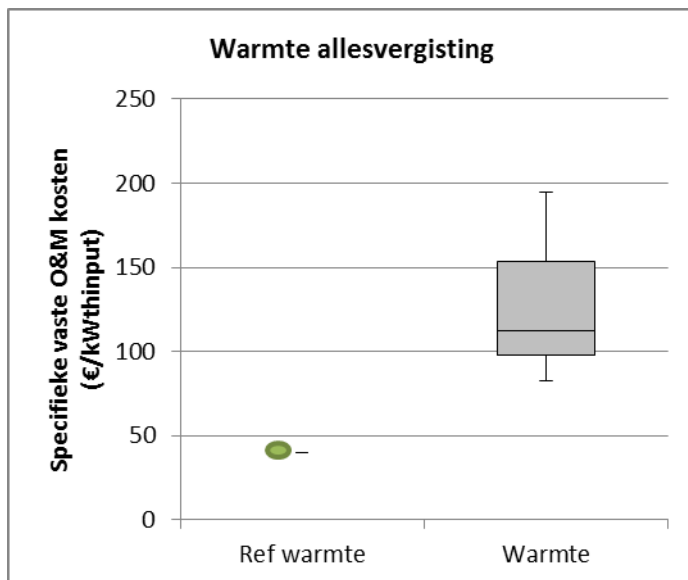
Figuur 6: Vergelijking van de Referentie met de SDE+-projecten op specifieke investeringskosten en capaciteit voor Allesvergistig



316

317

Figuur 7: Vaste O&M-kosten van de SDE+-projecten in vergelijking met de SDE+ Referentie



319

320

321

322 Conclusie analyse van de aanvragen voor de categorie 323 allesvergisting

324 De algemene observatie voor de allesvergisting categorieën is dat er maar zeer beperkt
325 marktinformatie beschikbaar is. De gegevens uit de aanvragen die in deze studie geanalyseerd konden
326 worden, toonden aan dat er een grote diversiteit is m.b.t. de gebruikte inputstromen, schaalgrootte
327 en CAPEX van de installaties. De substraatprijs varieert tussen -27,5 en 8,4 €/GJ; deze spreiding wordt
328 vooral veroorzaakt door het gebruik van afvalstromen zoals groente-, fruit-, en tuinafval (GFT-afval) en
329 slachtafval met negatieve substraatprijzen aan de ene kant, en de vergisting van (ingekochte) VGI-
330 stromen en gedeeltelijk typische (ingekochte) co-substraten aan de andere kant.

331
332 De schaalgrootte van de input van de gecombineerde opwekking van allesvergisting bedraagt 1.5-18
333 MWth. De CAPEX van de installaties varieert van 560-3800 €/kWth input en de OPEX bandbreedte
334 bedraagt 20-75 €/kWth input. De SDE-data in deze categorie vallen daarbinnen. De capaciteit van de
335 SDE+-referentie voor de warmte-optie is hoger dan de SDE+-projecten, terwijl de OPEX naar
336 verhouding laag blijkt te zijn. Over de hernieuwbare-gasoptie kunnen geen conclusies worden
337 getrokken vanwege gebrek aan data.

338
339 De algemene observatie voor Allesvergisting is dat de maar beperkt beschikbare marktgegevens over
340 de allesvergisting categorieën en de grote diversiteit aan installaties het moeilijk maken om tot één
341 generieke referentie-installatie te komen. Er wordt aanbevolen om tijdens de consultaties, de markt
342 de vraag voor te leggen of een splitsing van de categorie (bijvoorbeeld door GFT-vergisters een aparte
343 categorie toe te wijzen) zinvol geacht wordt.

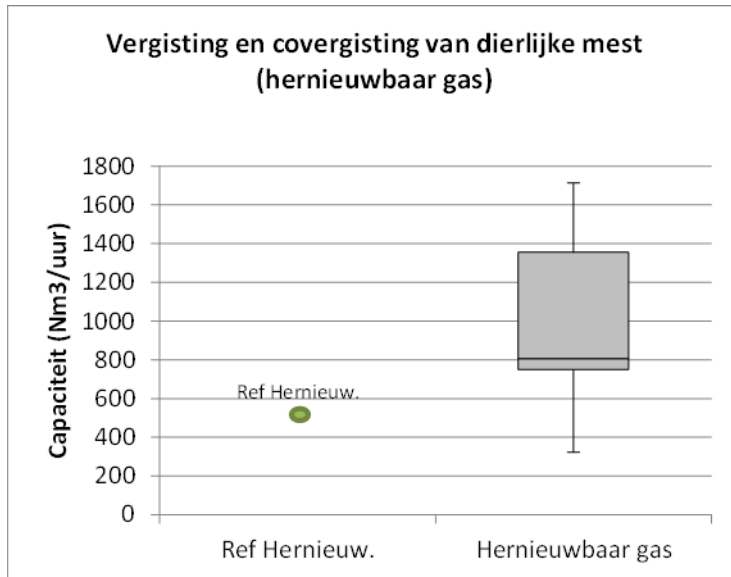
344
345

346 **3.4 Vergisting en co-vergisting van dierlijke mest** 347 **(hernieuwbaar gas)**

348
349 Voor de Hernieuwbaar gas categorie variëren capaciteiten van de SDE+-projecten meestal tussen de
350 350-1500 Nm³/uur. Er is slechts een aantal projecten met veel hogere capaciteit, die boven 3500
351 Nm³/uur liggen. Ondanks het feit dat de SDE+2017 capaciteit van 505 Nm³/uur binnen de range ligt is
352 het vrij laag wanneer we het vergelijken met de steekproeven in Figuur 8.
353

354
355

Figuur 8: Capaciteit vergelijking hernieuwbaar gas projecten van de vergisting en co-vergisting van dierlijke mest



356

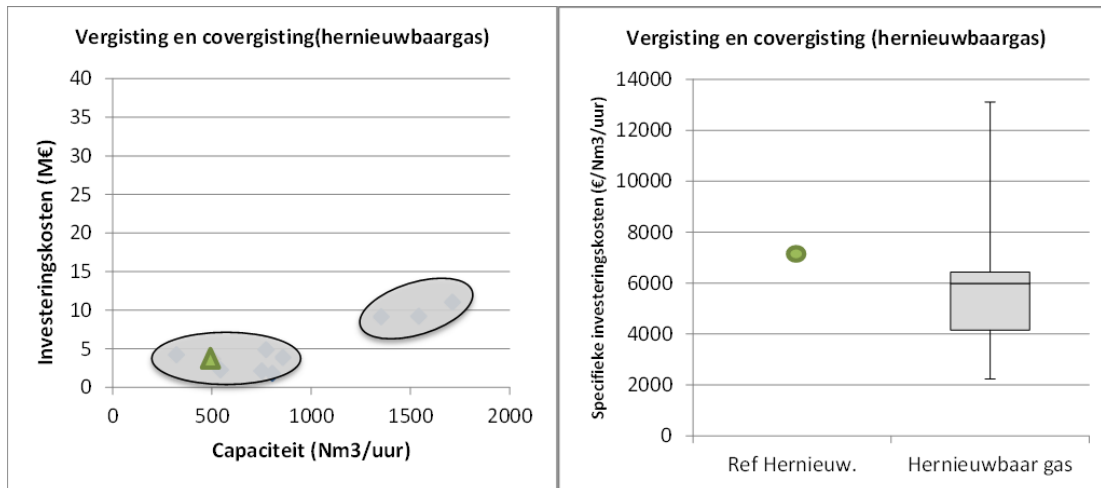
357

358 Figuur 9 presenteert de totale investeringskosten van de SDE+-projecten als functie van de
 359 schaalgrootte, en presenteert de range van de specifieke investeringskosten (rechts). De totale
 360 investeringskosten van de projecten omvatten een brede range van verschillende parameters. De
 361 onderdelen die niet gedekt zijn binnen het SDE+ subsidie regime zijn uitgezonderd van de totale
 362 kosten (bijv. kosten gerelateerd aan digestaatbehandeling (v.b. scheiding stikstof van fosfaat) of
 363 kosten gerelateerd aan waterzuiveringsinstallaties, die hoge kosten met zich mee kunnen brengen).
 364 Ondanks het feit dat de hoge specifieke investeringskosten in Figuur 9 betrekking hebben op een
 365 relatief kleinschalig project, corresponderen de lagere specifieke investeringskosten niet noodzakelijk
 366 met grootschalige projecten, en kunnen er geen conclusies verbonden worden op basis van
 367 kostenbesparing door schaalvergroting. De belangrijkste kostenverschillen hebben te maken met het
 368 type vergister (bijv. mestzakvergisters lijken veel goedkoper) en de implementatie van dergelijke
 369 projecten als uitbreiding van bestaande installaties die reeds voorzien zijn van basisfaciliteiten.

370

371 Zoals weergegeven in de grafieken liggen de specifieke investeringskosten van de SDE+ 2017
 372 referentie-installatie binnen de range, maar op een relatief hoger niveau. De SDE+ referentie-
 373 installatie kan aangepast worden aan het gemiddelde van de SDE+-projecten zodat dit figuur enerzijds
 374 de marktcondities beter vertegenwoordigt en anderzijds de technologieneutraliteit (geen voorkeur
 375 voor een specifieke technologie) reflecteert. Het gemiddelde van de specifieke investeringskosten
 376 komt neer op 5681 €/Nm³/uur.

377 **Figuur 9:** Totale investering en specifieke investeringskosten van de SDE+-projecten in vergelijking met de SDE+2017 ref.



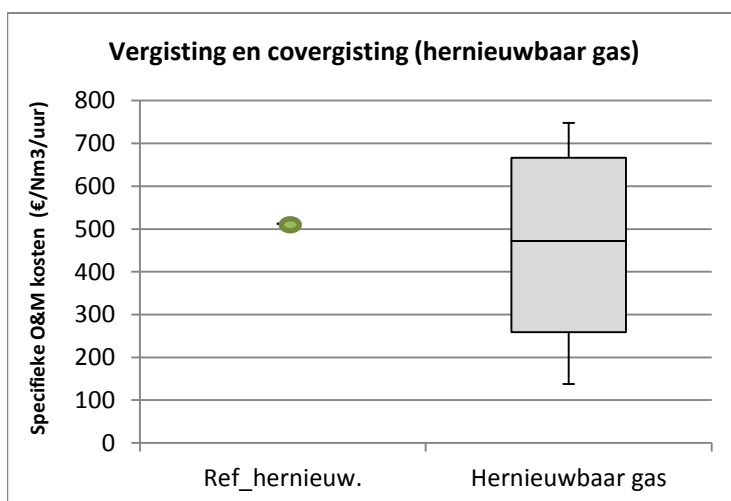
378

379

380 Figuur 10 geeft de specifieke O&M-kosten weer van veel verschillende SDE+-projecten en de SDE+
 381 2017 referentie-installatie. Net als bij de totale investeringskosten zijn de O&M kostengegevens zo
 382 verwerkt dat de kostenposten die binnen de SDE+ vallen alleen meegenomen zijn (v.b. O&M-kosten
 383 gerelateerd aan digestaatbehandeling of waterzuivering, de energiekosten en de substraatkosten zijn
 384 niet meegenomen). De SDE+2017 specifieke investeringskosten komen mooi overeen met de O&M
 385 range.

386

387 **Figuur 10:** Specifieke O&M kosten van SDE+-projecten in vergelijking tot SDE+ Referentie-installatie



388

389

390 Tabel 12 vat de belangrijkste observaties in deze categorie samen in vergelijking met het bestaande
 391 SDE+ advies.
 392

393 **Tabel 12:** Technisch-economische parameters energie uit mestco-vergisting (hernieuwbaar gas)

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Geobserveerde ranges	Gemiddelde
Referentiegrootte	[Nm ³ _{bruto ruw biogas} /h]	505	350-1500	964
Vollasturen	[h/a]	8000		
Interne warmtevraag	[% biogas]	5%		
Investeringskosten (totaal)	[€ per Nm ³ _{bruto ruw biogas} /h]	7247	2000-13000	5,681
Vaste O&M-kosten (totaal)	[€ per Nm ³ _{bruto ruw biogas} /h]	512	130-750	512
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]	3,4	1,4-5,3	2,9
Grondstofkosten	[€/ton]	35,4	11,4-67,4	26,4

394

395 **3.5 Gecombineerde opwekking vergisting en co-vergisting** 396 **van dierlijke mest**

397

398 Een algemene observatie is dat het merendeel van de SDE+-projecten tussen 2014 en 2016 een
 399 uitbreiding betrof van bestaande projecten. Ze hebben relatief lage capaciteit vergeleken met de
 400 SDE+2017 referentie. Figuur 11 illustreert de range van SDE+-projecten in vergelijking met de 2017
 401 SDE+ referentie. De referentie capaciteit ligt rond de 40% hoger dan het gemiddelde van de meeste
 402 projecten.

403

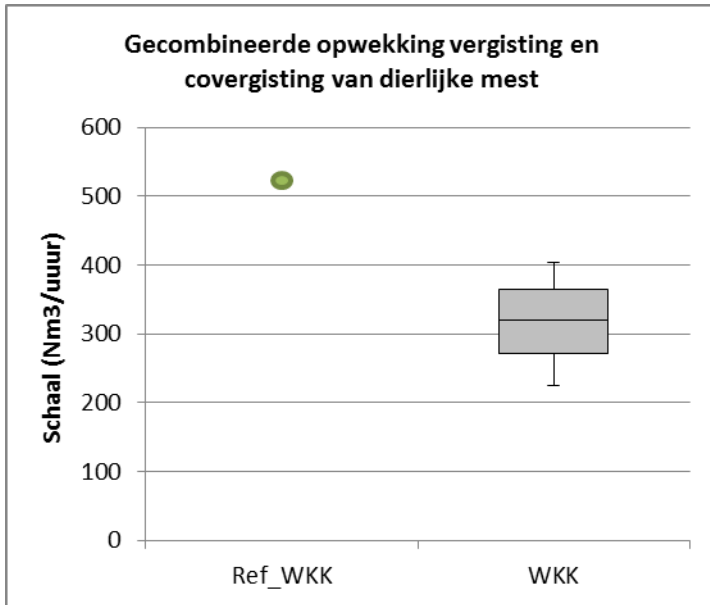
404 Een andere observatie betreft de gasmotor elektrische en thermische rendementen. De SDE+ 2017
 405 stelt het elektrische rendement op 37%. De SDE+-projecten echter gaan uit van een elektrisch
 406 rendement met een range van 37%-43%, waarbij de meerderheid ligt op 41%. Het thermische
 407 rendement wordt gesteld binnen de range van 39%-50%.

408

409 De interne warmtevraag om de substraten in de digester te verwarmen is een belangrijke parameter
 410 bij het vaststellen van de bruikbare restwarmte. Terwijl de informatie gerelateerd aan interne
 411 warmtevraag vrij schaars is (veel projecten geven hier geen informatie over) wijst de beschikbare data
 412 uit dat 14%-25% van de WKK warmteproductie in voldoende mate voldoet aan de interne
 413 warmtebehoefte (of 6%-13% ruw biogas).

414

415 **Figuur 11:** Capaciteit van de SDE+-projecten in vergelijking met SDE+Ref



416

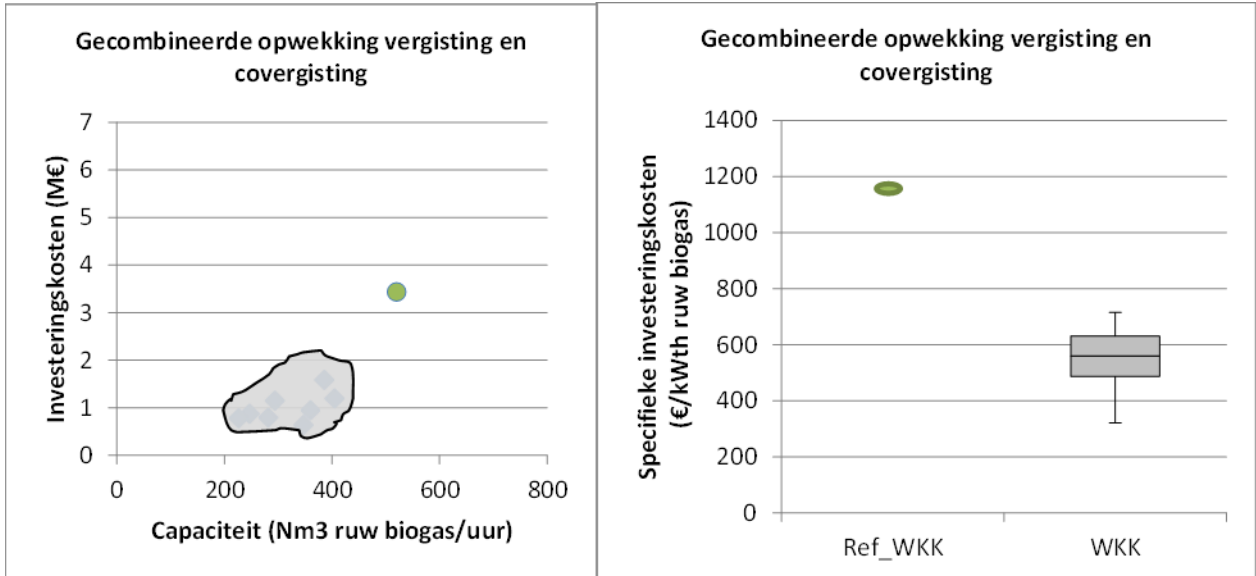
417

418 De SDE+ Referentie investeringskosten in deze categorie zijn vrij hoog (Figuur 12). De specifieke
 419 investeringskosten van de SDE+-projecten variëren tussen 320-715 €/kWth_{input}. De gemiddelde
 420 waarde is 551 €/kWth_{input} waar de SDE+ Ref op kan lopen tot 1145 €/kWth_{input}. De belangrijkste
 421 redenen voor een dergelijk groot verschil kan verklaard worden doordat (i) 95% van de co-vergisting
 422 WKK installaties bestaat uit **uitbreiding met een extra WKK en nieuwe vergister**. In het andere geval
 423 zijn de basisfaciliteiten al voorzien en derhalve kunnen de investeringskosten lager uitvallen in
 424 vergelijking met de SDE+ referentie, (ii) de kapitaalkosten van de vergisting installaties kunnen door
 425 de jaren heen afgenomen zijn.

426

427

Figuur 12: Specifieke investeringskosten van de SDE+-projecten



428

429

430

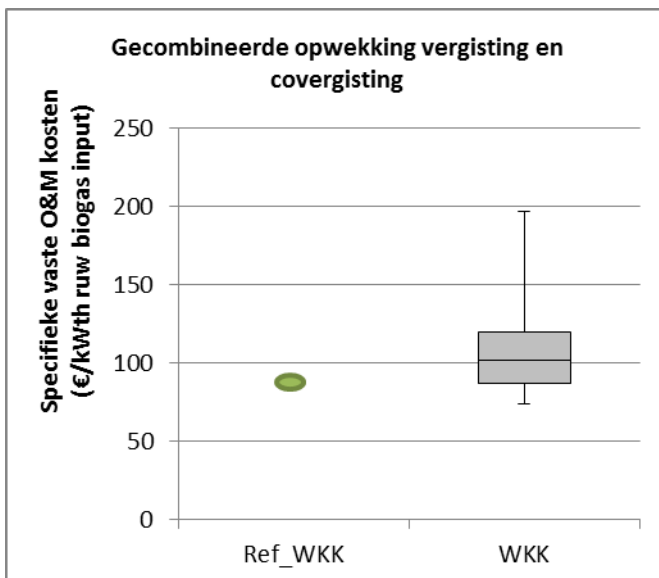
431

432

Figuur 13 geeft de specifieke O&M kosten range weer voor deze categorie. Zoals blijkt variëren de kosten aanzienlijk (70 -200 €/kWh_{input}), en de SDE+ referentiehoeveelheid ligt binnen de range, maar is nog steeds erg laag.

433

Figuur 13: Specifieke O&M kosten range van de SDE+-projecten en de referentie-installatie



434

435

436

437

Tabel 13 geeft een overzicht van de bovenstaande observaties voor deze categorie.

438
439
440

441 **Tabel 13:** Technisch-economische parameters energie uit Gecombineerde opwekking vergisting en co-vergisting van
442 dierlijke mest

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Observatie range	Gemiddelde
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	3,0	1,3-2,3	1,8
Elektrisch vermogen	[MW _e]	1,1		0,74
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	1,44		0,81
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000		
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000		
Maximaal elektrisch rendement		37%	37%-43%	41%
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	1145	320-715	551
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	85	70 -200	108
Energie-inhoud brandstof	[GJ _{biogas} /ton]	3,4	1,4-5,3	2,9
Grondstofkosten	[€/ton]	35,4	11,4-67,4	26,4

443
444

445 **3.6 Warmte vergisting en co-vergisting van dierlijke mest–** 446 **Observaties gebaseerd op de SDE**

447
448
449

De SDE+-projecten voor deze categorie zijn zeer beperkt voor het uitvoeren van een volledige assessment. Niettemin kunnen de WKK-observaties overgenomen worden voor deze categorie.

450 **Tabel 14:** Technisch-economische parameters energie uit mestco-vergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Advies 2017	Gemiddelden gebaseerd op de observaties
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	3,0	1,8
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Interne warmtevraag	[%]	5	6-13% (10%)
Interne elektriciteitsvraag	[kWh/GJ _{output}]	5,41	
Elektriciteitsstarief	[€/kWh]	0,10	
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	963	
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	74	
Energie-inhoud brandstof	[GJ _{biogas} /ton]	3,4	1,4-5,3 (2,9)
Grondstofkosten	[€/ton]	35,4	11,4-67,4 (26,4)

451
452

453 **Conclusie analyse SDE+-aanvragen voor de categorie co-** 454 **vergisting**

455 De capaciteit van wat met de referentie-installatie als typische installatie werd beschouwd, ligt binnen
456 de range van de waarnemingen uit de SDE+-projecten, doch aan de lage kant. Voor de categorieën
457 vergisting en co-vergisting van dierlijke mest is de schaalgrootte van de referentie-installatie echter
458 veel te klein aangenomen.

459 De resultaten van de analyse geven aanleiding om voor de berekening van de SDE+ 2018
460 basisbedragen de volgende aanpassingen te doen op de referentie-installatie:

- 462 - Aanpassing van de specifieke energie-inhoud en prijs van de co-producten voor productie van
463 hernieuwbaar gas, gecombineerde opwekking en warmte
- 464 - Aanpassing van de verhouding mest vs. co-producten voor productie van hernieuwbaar gas,
465 gecombineerde opwekking en warmte
- 466 - Aanpassing van de schaalgrootte van de referentie installaties
- 467 - Aanpassing van de specifieke investering en vaste O&M-kosten van de referentie installaties.

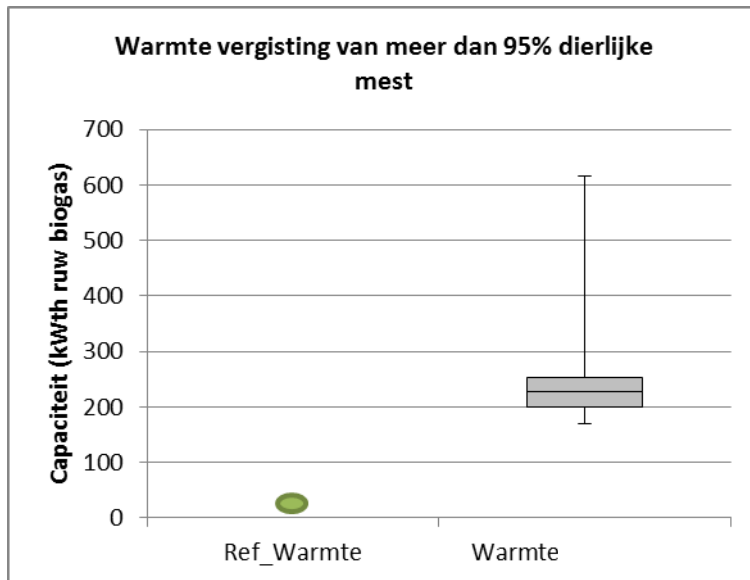
469 **3.7 Warmte vergisting van meer dan 95% dierlijke mest** 470 **< 400 kW**

471
472 Een vergelijking met de SDE+-projecten wijst uit dat de SDE+ referentie erg laag is in vergelijking met
473 een aantal boerderijschaal projecten. Het gemiddelde van de projecten, 272 kWth input, ligt meer dan
474 50% hoger dan de SDE+ referentie in deze categorie.

475
476 Figuur 14 illustreert de vergelijking van de specifieke investeringskosten. Het is, echter, belangrijk om
477 aan te geven dat de SDE+-projecten geen investeringskosten bevatten die gerelateerd zijn aan boilers.
478 Ze bestaan uit investeringskosten van vergisting en de bijkomende kosten van het leidingwerk om het
479 biogas naar verschillende locaties te transporteren. De boilerkosten zullen de totale
480 investeringskosten licht doen toenemen, maar dit zal nog steeds veel lager zijn dan de
481 referentiebedragen.

482

Figuur 14: Capaciteit warmte vergisting van meer dan 95% dierlijke mest



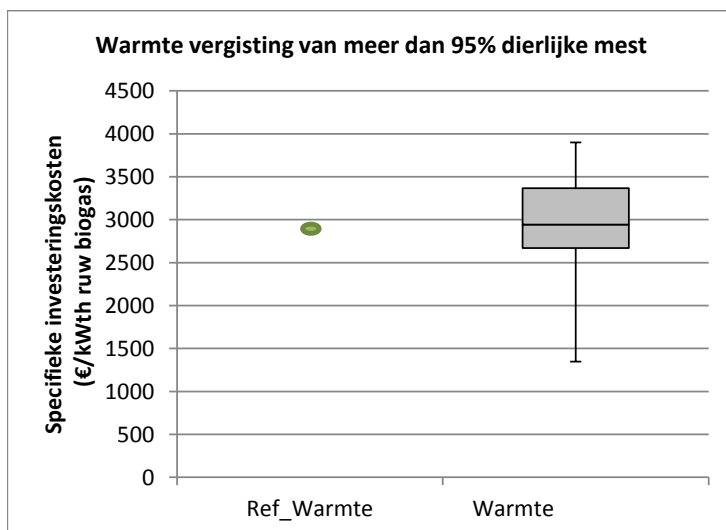
483

484

485

486

Figuur 15: Specifieke investeringskosten van de SDE+-projecten



487

488

489

490

491 **Conclusie analyse SDE+ aanvragen voor de categorie vergisting van**
492 **meer dan 95% dierlijke mest**

493 Binnen de kleinschalige monovergistingscategorieën is weinig data beschikbaar voor een vergelijking.
494 De beperkte projecten voor hernieuwbaar gas of de WKK-categorie hadden een ruwe biogascapaciteit
495 die ruim 20 keer hoger lag dan de SDE+ referentie-installatie. Daarom is de vergelijking beperkt tot de
496 warmte-optie in relatie tot schaal en investeringskosten. Gebleken is dat, hoewel de referentieschaal
497 ver beneden de bestaande projectapplicaties blijft in deze categorie, de specifieke investeringskosten
498 wel binnen de bandbreedte vallen. Hoewel investeringen in boilers niet zijn meegenomen in de SDE+-
499 applicaties zullen de relatief lage investeringskosten voor boilers de conclusies naar verwachting niet
500 veranderen.
501

502 **3.8 Grootschalige vergisting van meer dan 95% dierlijke mest**
503 **(hernieuwbaar gas)**

504
505 Binnen de SDE+2017 bestaat er geen referentiecasse voor deze categorie. Daarom is de kostenanalyse
506 gebaseerd op een beperkt aantal grootschalige monovergistingprojecten om indicaties te verkrijgen
507 van de mogelijke bandbreedtes. Op basis van bestaande informatie is hieronder ook een beschrijving
508 gegeven van een typische installatie.
509

510 Een typische installatie voor de productie van hernieuwbaar gas is gebaseerd op drijfmest uit externe
511 aanvoer. Aangenomen is dat jaarlijks zo'n 200.000 ton drijfmest centraal wordt verwerkt tot
512 exportwaardige dikke fractie, schoon water en NK-concentraat voor afzet in de Nederlandse
513 landbouw. De mest wordt ontvangen in mestilo's van waaruit het een vergistingsinstallatie ingaat. Er
514 wordt uitgegaan van traditioneel geroerde vergisters.

515 Een gedeelte van het biogas wordt verstoekt in een kleine ketel om het vergistingsproces op gang te
516 houden. Het overige biogas wordt omgezet naar hernieuwbaar gas in een
517 gasopwaarderingsinstallatie.
518

519 De drijfmest heeft een biogasproductie van $19 \text{ m}^3/\text{ton}$ mest. Dit wordt geproduceerd middels
520 mesofiele vergisting in vier vergisters, elk met een capaciteit van 5000 m^3 . Het digestaat kan verder
521 verwerkt worden in een state-of-the-art mestverwerkingsinstallatie.
522

523 De installatie heeft een ruwe biogasproductie van $475 \text{ Nm}^3/\text{h}$ (of $252 \text{ Nm}^3/\text{h}$ hernieuwbaar gas). Dit
524 levert bij 8000 vollasturen een jaarproductie van circa 3,8 miljoen m^3 ruw biogas en 2,0 miljoen m^3
525 groengas. De referentie gasopwaarderingsstechnologie is de membraantechnologie. Deze technologie
526 is goed schaalbaar. De warmte die nodig is voor het verwarmen van de vergister wordt opgewekt door
527 een deel van het ruwe biogas in een ketel te verstopen. De vereiste elektriciteit wordt afgenomen van
528 het net.
529

530 Zie Tabel 15 voor het overzicht van technisch-economische parameters voor de productie van
531 hernieuwbaar gas via grootschalige vergisting van meer dan 95% dierlijke mest.
532

Tabel 15: Technisch-economische parameters energie uit grootschalige vergisting van meer dan 95% dierlijke mest (hernieuwbaar gas)

Parameter	Eenheid	Range	Typische installatie
Referentiegrootte	[kW _{input}]	2350-2650	2740
Vollasturen	[h/a]		
Interne warmtevraag	[% biogas]		15%
Investeringskosten	[€/kW _{input}]	1000-2000 gezaamenlijk	1353
Investeringskosten (gasopwaardering)	[€/kW _{output}]		614
Vaste O&M-kosten (vergister)	[€/kW _{input}]	100-250 gezaamenlijk	150 gezaamenlijk
Vaste O&M-kosten (gasopwaardering)	[€/kW _{output}]		
Energie-inhoud substraat	[GJ _{biogas} /ton]		0,39
Grondstofkosten	[€/ton]		0

3.9 Grootschalig gecombineerde opwekking vergisting van meer dan 95% dierlijke mest

Binnen de SDE+2017 bestaat er geen referentiecasi voor deze categorie en waren de projecten beperkt. Desondanks wordt op basis van bestaande data en bouwend op de typische installatie die is geïntroduceerd voor de hernieuwbare categorie hieronder een beschrijving gegeven van een typische installatie voor deze categorie.

De referentie-installatie voor de productie van hernieuwbare warmte en elektriciteit is gebaseerd op drijfmest uit externe aanvoer. Jaarlijks wordt 200.000 ton drijfmest centraal verwerkt tot exportwaardige dikke fractie, schoon water en NK-concentraat voor afzet in de Nederlandse landbouw. De mest wordt ontvangen in mestsilos van waaruit het een vergistingsinstallatie ingaat. Er wordt uitgegaan van traditioneel geroerde vergisters.

Het biogas wordt vervolgens verstoekt in een gasmotor-warmtekrachtinstallatie. Deze installatie heeft een elektrische output van 877 kW_e en een thermische output van 1315 kW_{th}. De drijfmest heeft een biogasproductie van 19 m³/ton mest. Dit wordt geproduceerd middels mesofiele vergisting in 4 vergisters, elk met een capaciteit van 5000 m³.

Op basis van de energie-inhoud van mest en het elektrisch rendement van de gasmotor levert een netto elektrische output van 877 kW_e. Bij elektriciteit is technisch sprake van een WKK-installatie, waarbij de 728 kW_{th} warmte nagenoeg geheel gebruikt wordt voor het interne vergistingsproces. Hoewel een gering deel van de warmteproductie desondanks afgezet kan worden buiten de installatie zelf (met name in de zomer), is voor een representatief basisbedrag gerekend met een gering aantal vollasturen warmte dat afgezet kan worden, namelijk 3500.

Een grootschalige mestverwerkingsinstallatie zonder vergisting heeft in zijn algemeenheid het poorttarief van mest nodig om te kunnen renderen (zonder vergistingsinstallatie). Daarom wordt een mestprijs van 0 €/ton voor de mest ten behoeve van de vergistingsinstallatie verondersteld.

In Tabel 16 staan de technisch-economische parameters van een typische grootschalige vergisting van meer dan 95% dierlijke mest voor elektriciteit en warmte.

569
570

Tabel 16: Technisch-economische parameters energie uit grootschalige vergisting van meer dan 95% hernieuwbare mest (WKK)

Parameter	Eenheid	A typical installation
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	2,74
Elektrisch vermogen	[MW _e]	0,877
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	1,316
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	8000
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	3500
Maximaal elektrisch rendement		32%
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	1673
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	84
Energie-inhoud brandstof	[GJ _{biogas} /ton]	0,39
Grondstofkosten	[€/ton]	0

571

572 **3.10 Grootschalige warmte vergisting van meer dan 95%** 573 **dierlijke mest**

574

575 Er is geen SDE+-projecten die gebruikt kan worden voor de vergelijking in deze categorie. Desondanks
576 wordt op basis van de typische installatie die is geïntroduceerd voor de hernieuwbare categorie
577 hieronder een beschrijving gegeven van een typische installatie voor de hernieuwbare gas categorie.
578 Een typische installatie voor de productie van hernieuwbare warmte is gebaseerd op drijfmest uit
579 externe aanvoer. Jaarlijks wordt 177.000 ton drijfmest centraal verwerkt tot exportwaardige dikke
580 fractie, schoon water en NK-concentraat voor afzet in de Nederlandse landbouw. De mest wordt
581 ontvangen in mestsilo's van waaruit het een vergistingsinstallatie ingaat. Er wordt uitgegaan van
582 traditioneel geroerde vergisters.

583

584 Het biogas wordt vervolgens verstoekt in een gasketel. Deze installatie heeft een thermische output
585 van 2028 kW_{th}. De drijfmest heeft een biogasproductie van 19 m³/ton mest. Dit wordt geproduceerd
586 middels mesofiele vergisting in 4 vergisters, elk met een capaciteit van 5000 m³. Het digestaat wordt
587 verder verwerkt in een state-of-the-art mestverwerkingsinstallatie.

588

589 In Tabel 17 staan de technisch-economische parameters van mestmonovergisting voor warmte.

590

Tabel 17: Technisch-economische parameters energie uit mestmonovergisting (warmte)

Parameter	Eenheid	Een typische installatie
Inputvermogen	[MW _{th_input}]	2,74
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Interne warmtevraag	[%]	5
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	1413
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	64
Energie-inhoud brandstof	[GJ _{biogas} /ton]	0,39
Grondstofkosten	[€/ton]	0

591 Conclusie analyse SDE+ aanvragen voor de categorie Grootschalige 592 vergisting van meer dan 95% dierlijke mest

593 In de SDE+2017 was geen referentie-installatie beschikbaar voor grootschalige monovergisting. Deze
594 categorieën zijn meegenomen in de mestco-vergistingscategorie. In dit rapport worden de
595 databandbreedtes van een beperkt aantal haalbaarheidsstudies weergegeven, inclusief een typische
596 installatie.

597 Een van de belangrijkste parameters bij het definiëren van een typische installatie heeft betrekking op
598 de mestmix die als input wordt gebruikt. Drijfmest, dat een biogasopbrengst van 19 Nm³/ton heeft,
599 wordt gezien als een typische parameter, hoewel verschillende mixen van bijvoorbeeld vast en
600 drijfmest zullen leiden tot veel hogere biogasopbrengsten en het ontwerp en daarmee de technisch-
601 economische parameters drastisch zullen wijzigen (een mix van 50/50 dikke fractie en drijfmest
602 resulteert in zo'n 34 Nm³/ton),.

603 **4 Werkelijke productie en de Vollasturen**

604

605 De maandelijkse en jaarlijkse productiedata van 16 bestaande vergistingsinstallaties zijn opgevraagd
606 bij RVO. De analyse is gebaseerd op de installaties die continu energie hebben geproduceerd
607 gedurende een jaar. De analyse bevat WKK- en warmteopties voor de allesvergistings- en co-
608 vergistingscategorieën.

609

610 Volgens de werkelijke productiegegevens, voor een aantal bestaande installaties, liggen de werkelijke
611 vollasturen veel lager dan de SDE+ referentie vollasturen voor de WKK en de Warmte categorieën.
612 Voor de WKK categorie ligt de vollasturen range tussen de 3827-4531 uren per jaar en voor de warmte
613 categorie tussen de 600-5345 uren per jaar.

614

615 **Informatieverzoeken van ECN en DNV GL**

616 De onderzoekers van ECN en DNV GL hopen dat marktpartijen over enkele zaken hun gedachten
617 willen laten gaan en – waar mogelijk onderbouwd – hun visie willen inbrengen in de consultatie. Het
618 betreft in ieder geval de volgende aspecten:

619

620 **Biomassavergisting: graag ontvangen we informatie over de kostenopbouw van GFT-vergisting in**
621 **ontwikkeling**

622 GFT-vergisting kent lagere biomassakosten en hogere investeringskosten dan allesvergisting. In het
623 verleden middelden deze effecten uit in het basisbedrag, waardoor GFT-vergisting en allesvergisting
624 konden worden samengevoegd. Geldt de conclusie nog steeds bij de huidige projecten?

625

626 **Biomassavergisting: via de tender voor monovergisting van mest worden enkel installaties die 100%**
627 **mest vergisten toegelaten. Het beperkt gebruik van cosubstraat is niet toegestaan. Heeft dit**
628 **consequenties voor de productiekosten van monovergisting van mest?**

629 Cosubstraat kent een andere prijs en andere specifieke biogasproductie dan mest. Zijn dit de enige
630 redenen waarom het wenselijk is om een kleine hoeveelheid cosubstraat bij te mogen mengen in de
631 categorie mestmonovergisting?

632

633

Referenties

- 634
635
636 Fountoulakis, M.S., I. Petousi, T. Manios (2010). Co-digestion of sewage sludge with glycerol to boost
637 biogas production. *Waste Management*. **30**(10) 1849-1853.
638
639 Robra, S., R. Serpa da Cruz, A.M. de Oliveira, J.A. Almeida Neto, J.V. Santos (2010). Generation of
640 biogas using crude glycerin from biodiesel production as a supplement to cattle slurry. *Biomass and*
641 *Bioenergy*. **34** (2010) 1330-1335.
642
643 Sell, S.T., D.R. Raman, R. Burn, R.P. Anex (2011). *Differing Effects of Glycerin on Anaerobic Codigestion*
644 *of Mixed Substrates in Bench-Scale Assays and Sub Pilot-Scale Reactors*. Zie:
645 http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1052&context=abe_eng_conf.
646
647 Timmerman, M., S. Schuman, M. van Eekert, J. van Riel (n.d.). *Optimizing the performance of a reactor*
648 *by reducing the retention time and addition of glycerin for anaerobically digesting manure*. Zie:
649 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4366882/>.
650
651 Wohlgemut, O. (2008). *Co-digestion of hog manure with glycerol to boost biogas and methane*
652 *production*. (Master's Thesis, 2008). Zie:
653 <http://mspace.lib.umanitoba.ca/bitstream/1993/3127/1/Oswald%20Thesis.pdf>.

654
655
656
657

658

659

660

661

662

663

664

665

Disclaimer

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