

Notitie

Afdeling Policy Studies
Van Koen Smekens (ECN), Ronald Meijer, Marcel Cremers (DNV GL)
Aan Ministerie van Economische Zaken

ECN-N--17-009

Onderwerp **Kostenonderzoek verbranding en vergassing van biomassa SDE+ 2018**

1

2 **Introductie op proces**

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

8

9 Het nu voorliggende document bevat géén advies over de subsidiehoogtes, maar geeft een overzicht
10 van de kosten van hernieuwbare-energie-installaties, hoofdzakelijk zoals deze gemeld zijn aan RVO bij
11 de SDE+-aanvragen. De uitgangspunten voor het advies m.b.t. de SDE+ 2018 moeten nog worden
12 vastgesteld. Zo betekent de afwezigheid van data niet, dat deze categorie zou kunnen verdwijnen in
13 2018.

14

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

24

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

31

32

33

34

35 Inleiding

36 Deze notitie is onderdeel van een serie onderzoeken naar de kosten van hernieuwbare-energie-
37 projecten in Nederland. Deze onderzoeken worden uitgevoerd ten behoeve van advies over de
38 hoogtes van subsidie-hoogtes in de SDE+-regeling. Op basis van de onderzoeken wensen ECN en
39 DNV GL gesprekken met de markt aan te gaan.

40

41 Deze notitie beschrijft de bevindingen over de categorieën gerelateerd aan de verbranding en
42 vergassing van biomassa. Het bevat de relevante alinea's uit het eindadvies voor de SDE+ 2017
43 aangevuld met nieuwe bevindingen. Deze bevindingen zijn gebaseerd op analyse van projectgegevens
44 beschikbaar bij RVO. Het betreft gegevens over gerealiseerde en aangevraagde projecten onder SDE+.
45 Van deze projecten is geanalyseerd in hoeverre de techno-economische parameters van de
46 referentiecategorieën aansluiten op de realiteit. Waar bandbreedtes gevonden werden van deze
47 parameters in de projectgegevens is bepaald wat het effect van deze bandbreedtes op het
48 basisbedrag kan zijn.

49

50 Voorafgaand aan de bevindingen van de verschillende categorieën wordt een overzicht gegeven van
51 de actuele informatie over biomassaprijzen. Daarna worden in de achtereenvolgende paragrafen de
52 onderstaande categorieën besproken:

- 53 • Gehanteerde prijzen voor biomassaverbranding en -vergassing
- 54 • Biomassavergassing ($\geq 95\%$ biogeen)
- 55 • Ketel op vaste of vloeibare biomassa, $0,1 - 5 \text{ MW}_{\text{th}}$
- 56 • Ketel op vaste of vloeibare biomassa, $\geq 5 \text{ MW}_{\text{th}}$
- 57 • Ketel op vloeibare biomassa
- 58 • Ketel industriële stoom uit houtpellets
- 59 • Thermische conversie van biomassa, $< 100 \text{ MW}_e$.

60

61 1.1. Gehanteerde prijzen voor biomassaverbranding 62 en -vergassing

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

67

68 Tabel 1 toont een overzicht van deze verschillende referenties voor biomassa als brandstof. Een
69 nadere toelichting op de componenten in de tabel is in de volgende subparagrafen weergegeven.

Tabel 1: Gehanteerde biomassaprijzen voor installaties die SDE+ in 2017 aanvragen

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

1.2. Snoei- en dunningshout

De referentiebrandstof voor nieuwe installaties voor thermische conversie van vaste biomassa en voor ketels op vaste biomassa is snoei- en dunningshout. De biomassa bestaat veelal uit vers hout (chips) afkomstig uit bossen, landschappen en plantsoenen, en schone biomassaresiduen uit eigen bedrijf. De energie-inhoud van vers hout ligt in de orde van 7 GJ/ton. Installaties zullen veel hout echter uit voorraad geleverd krijgen. Vanwege natuurlijke drogingsprocessen van de houtvoorraad wordt gerekend met een jaargemiddelde energie-inhoud van 9 GJ/ton. Als referentieprij is 50 €/ton aangenomen ofwel 5,6 €/GJ. De prijs zit aan de bovenkant van marktprijzen voor grootschalige inkoop en aan de onderkant van marktprijzen voor kleinschalige inkoop¹. Ten opzichte van het advies van vorig jaar wordt een prijsverhoging van 2% gehanteerd, volgend op de marktontwikkeling van de (internationale) prijzen van houtsnippers². Samenvattend:

- Brandstofprijs snoei- en dunningshout: 40 €/ton
- Energie-inhoud: 9 GJ/ton
- Brandstofprijsopslag: 10 €/ton.

Bevindingen

Nederland heeft een minder goed ontwikkelde houtsnippermarkt zoals bijvoorbeeld Duitsland dat heeft. Handelsinformatie geeft voor Duitsland all-in-prijzen van rond de 90 €/t (vochtgehalte 35%) voor kwalitatief hoogwaardige houtsnippers. Grootschalig importeren van houtsnippers komt neer op zo'n 70 €/t (spotmarkt) en zo'n 80 €/t (3 jaar vooruit gecontracteerd) voor houtsnippers met zo'n 35% vocht (geleverd in een Nederlandse haven). Voor Nederlandse biomassa moet voor grootschalige partijen snoei- en dunningshout, met kortlopende contracten of op afroep, rekening gehouden worden met een prijs van 30-50 €/t afhankelijk van kwaliteit (via lokale biomassahandelaren, typisch 40% - 50% vocht). Deze biomassa is met name bestemd voor middelgrote of grote ketels. Voor langetermijncontractering kan typisch met een opslag van 25% gerekend worden (dus ca. 40 €/t voor de houtsnippers en ca. 10 €/t risicopremie) om prijschommelingen af te dekken. In het geval van biomassa uit eigen bedrijf is het moeilijker hier een exacte prijs vast te stellen. Loonwerkers hanteren typisch een prijs van rond of beneden de 20 €/t.

¹ Op basis van een groot aantal (vertrouwelijke) bronnen.

² Referenties: EUWID, Kaminholz-wissen.de.

100 Voor installaties in de schaalgrootte tot typisch 1 MW_{th,output}, worden houtsnippers gestookt met een
101 prijs van of beneden de 20 €/t (uit eigen of nabij (loon)bedrijf), oplopend tot 100 €/t (aangekochte
102 geclassificeerde snippers met 20% vocht).

103

104 Bij kleine installaties (500-1000 kW_{th,output}) kunnen soms problemen voorkomen door het variërende
105 en hoge vochtgehalte van de houtsnippers. Ook vervuiling van de verbrandingsas en verstopping van
106 de asafvoer komt voor bij minder goede kwaliteit van de houtsnippers of snoeiafval.

107 1.3. Houtpellets

108 Voor de categorie Ketel industriële stoom uit houtpellets wordt voor de biomassa-brandstof uitgegaan
109 van schone, witte houtpellets met een stookwaarde van 17,0 MJ/kg conform de handelsdefinitie. Voor
110 de kosten van de biomassa-brandstof wordt uitgegaan van 155 €/ton. Deze prijs is gebaseerd op input
111 verkregen vanuit de markt (zowel van pelletproducenten als energiebedrijven) en openbare bronnen
112 zoals de Argus-index (actuele spotprijzen en *forwards*). De afgelopen twee jaar laat de sportmarkt een
113 dalende trend in de pelletprijzen (in Amerikaanse dollar per ton) zien. Deze dalende trend werd echter
114 in 2016 volledig gecompenseerd door een stijging van de dollarkoers (zowel actueel als in de
115 termijnmarkt voor euro-dollar-*futures*), waardoor de prijzen in euro per ton per saldo vrij stabiel
116 bleven. Het afgelopen jaar zijn de spotprijzen in dollar/ton voor pellets verder gedaald, maar de
117 termijnverwachting in euro/ton ligt niet fundamenteel anders dan voorgaande jaren.

118

119 De prijs is opgebouwd uit:

- 120 • Voor de categorie Ketel industriële stoom uit houtpellets: 155 €/ton voor levering bij de industriële
121 gebruiker, bestaande uit 135 €/ton voor de prijs (geleverd in een Nederlandse haven) en 20 €/ton
122 voor de logistieke kosten voor het vervoer van haven naar centrale. Deze kosten bevatten
123 aanvullende opslagkosten (silo's), een extra overslagstap en vervoer per vrachtauto (max 150 km).
- 124 • Voor de bovengenoemde categorieën: 15 €/ton brandstofprijsofslag (voor
125 langetermijncontractering en valutarisico's).

126

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

132

133 De keuze voor de biomassa-brandstof en het bijbehorende prijsniveau kan nog worden beïnvloed door
134 de duurzaamheidscriteria. Begin 2015 zijn overheid, industrie en NGO's tot een overeenkomst
135 gekomen over deze duurzaamheidscriteria. De huidige inzichten van de effecten van de
136 duurzaamheidscriteria zijn verwerkt in de cijfers. Samenvattend:

- 137 • Brandstofprijs houtpellets (incl. overslag en logistiek): 145 of 155 €/ton
- 138 • Energie-inhoud: 17 GJ/ton
- 139 • Brandstofprijsofslag: 15 €/ton.

140

141

142

143 Bevindingen

144 Industriële houtpellets kunnen in grote hoeveelheden komen uit bijvoorbeeld de Verenigde Staten,
145 Canada of Baltische Staten. Deze pellets zijn contracteerbaar op de spotmarkt of via lange termijn
146 contracten. Echter, op dit moment zijn er nog geen ketels industriële stoom uit houtpellets
147 gerealiseerd. Er zijn ook initiatieven bekend waarbij een projectontwikkelaar ten doel heeft de
148 eindgebruiker van industriële stoom te voorzien en hierbij de volledige keten ontwikkelt, inclusief de
149 bouw en bedrijfsvoering van de ketel industriële stoom. In dat geval is er niet direct sprake van een
150 biomassa-afnamecontract. De huidige prijsopgaven van industriële partijen liggen in lijn met
151 bovengenoemde prijsindicaties. De exacte prijs van houtpellets voor industrieel gebruik zal zich naar
152 verwachting dit jaar nauwkeuriger bepalen.

153

154 Houtpellets voor gebruik in kleine of middelgrote ketels kunnen uit de regio gecontracteerd worden.
155 Typische kosten voor houtpellets voor deze toepassingen liggen in de range van 160-205 €/ton. Een
156 typische waarde is 185 €/ton.

157 **1.4. B-hout**

158 De brandstofprijs voor B-hout ligt rond 25 €/ton, met een bijbehorende energie-inhoud van 13 GJ/ton.
159 Deze prijs is lager komen te liggen dan enkele jaren geleden en volgt de huidige marktontwikkelingen.

- 160 • Brandstofprijs B-hout: 25 €/ton
- 161 • Energie-inhoud: 13 GJ/ton
- 162 • Geen brandstofprijsopslag.

163

164 Bevindingen

165 Er zijn indicaties dat er op dit moment een overschot aan B-hout beschikbaar is in de markt. Dit zorgt
166 voor een significant prijsverlagend effect.

167 **1.5. Vloeibare biomassa**

168 De prijs van zowel plantaardige oliën als dierlijke vetten laat sinds de piekjaren in 2011 en 2012 een
169 dalende tendens zien. Uit recente data lijkt de daling door te zetten, maar op basis van het vijfjarig
170 gemiddelde is deze gering. Voor 2017 wordt net zoals vorig jaar een gemiddelde prijs voor vloeibare
171 biomassa van 600 €/ton bij een stookwaarde van 39 GJ/ton aangehouden. De prijzen van dierlijke
172 vetten bewegen mee met de prijzen van plantaardige oliën. Voor plantaardige oliën is er bovendien
173 een goed ontwikkelde internationale markt. Door te handelen op de internationale markt voor
174 plantaardige oliën kan men het risico van stijgende prijzen van dierlijke vetten goed afdekken.

175 Samenvattend:

- 176 • Brandstofprijs dierlijk vet: 600 €/ton.
- 177 • Energie-inhoud: 39 GJ/ton.
- 178 • Geen brandstofprijsopslag.

179

180 Bevindingen

181 Uit de beperkte steekproef komt een brandstofprijs van 420-440 €/ton voor dierlijk vet of meng-
182 vetzuren. Naast plantaardige oliën en dierlijke vetten komt zijn er wereldwijd een aantal pilot-,
183 demonstratie- of vroegcommerciële installaties gebouwd die middels een thermisch
184 verwerkingsproces (pyrolyse) ruwe olie maken uit houtige biomassa. Deze pyrolyseolie kan met enige
185 aanpassingen verstoekt worden in een bestaande aardgasgestookte ketel. Een indicatieve

186 (commerciële) prijs van pyrolyseolie ligt naar verwachting in de range van 300-400 €/ton (bij een
 187 energie-inhoud van 16-19 GJ/ton). In hoeverre de exacte huidige prijsstelling voor (commercieel
 188 beschikbare) pyrolyseolie accuraat is, evenals een interessepeiling voor het gebruik van een dergelijke
 189 olie, wensen ECN en DNV GL met stakeholders te bespreken.

190

191 Per 1 juli 2017 vervalt de accijnsvrijstelling voor bio-olie. Momenteel wordt onderzocht hoe de
 192 belastingdienst daarmee om zal gaan en op welke soorten bio-olies dit van toepassing zou zijn. Het
 193 vervallen van de vrijstelling zal een effect op de brandstofprijs hebben, en dus op het basisbedrag.

194 2. Kostenbevindingen op basis van SDE+ aanvragen

195 2.1 Biomassavergassing ($\geq 95\%$ biogeen)

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

201

202 De referentie-installatie heeft een productievermogen van 1479 Nm³ groengas/uur. Het energetisch
 203 rendement van vergassing naar bio-SNG is 65%. Dit rendement is relatief laag vanwege het nog altijd
 204 innovatieve karakter. Hogere rendementen lijken op langere termijn wel haalbaar. De installatie kan in
 205 haar eigen warmtebehoefte voorzien; wel is de inkoop van elektriciteit voor eigen verbruik
 206 meegenomen in de berekening van het basisbedrag. De combinatie van een houtvergasser en een
 207 gasopwaarderingsinstallatie zorgt voor een complexe productie-installatie, daarom wordt uitgegaan
 208 van 7500 vollasturen per jaar. Zie Tabel 2 voor de technisch-economische parameters.

209 **Tabel 2:** Technisch-economische parameters vergassing van biomassa ($\geq 95\%$ biogeen)

Parameter	Eenheid	Kosten 2018
Referentiegrootte	[Nm ³ /h]	1479
Vollasturen	[h/a]	7500
Investeringskosten	[€/kW _{output}]	5248
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{output}]	262
Energie-inhoud substraat	[GJ/ton]	9
Grondstofkosten	[€/ton]	50

210 Bevindingen

211 Er zijn weinig SNG initiatieven die op dit moment ontwikkeld worden in Nederland. De technische lay-
 212 out van de initiatieven variëren sterk. Genoemde verwachte specifieke investeringsbedragen variëren
 213 tussen de 700 en 3000 €/kW_{output} en liggen dus ruimschoots onder het verleden jaar geadviseerde
 214 investeringsbedrag. Dit bedrag omvat vergassing, reiniging, opwaardering en invoeding in het gasnet.
 215 Met betrekking tot de O&M-kosten zijn er zeer weinig actuele gegevens beschikbaar, maar de
 216 beschikbare gegevens laten dezelfde trend zien. Gezien de stand van de technologie is mogelijk dat
 217 het aantal vollasturen van 7500 optimistisch ingeschat. Een vergassingsrendement van 65% is op dit

218 moment een goede aanname. Verdere toekomstige optimalisatie kan plaatsvinden door een deel van
 219 de warmte die vrijkomt bij de vergassing te hergebruiken.

220 2.2 Ketel op vaste of vloeibare biomassa, 0,1-0,5 en 0,5-5,0 MW_{th}

221
 222 De referentie-installatie voor de categorie 0,5 - 5 MW_{th} is een heetwaterketel met een verbrandings-
 223 rooster waar snoei- en dunningshout ingezet wordt als referentie-brandstof. In aanvulling op deze
 224 referentie-installatie is rekening gehouden met investeringen voor rookgasreiniging in het kader van
 225 het Activiteitenbesluit. Zo is er voor deze installaties een stoffilter meegenomen. Uitgaande van de
 226 verruiming van de NO_x-emissie-eis voor vermogens tussen 1 en 5 MW_{th} in het activiteitenbesluit is er
 227 geen DeNO_x-installatie benodigd voor deze categorie. Om de categorie goed aan te laten sluiten bij
 228 het merendeel van de projecten is het aantal veronderstelde vollasturen vorig jaar verlaagd van 4000
 229 naar 3000 uur per jaar. 4000 vollasturen bleek in de praktijk niet haalbaar voor de dienstensector,
 230 waar 3000 vollasturen dat wel zou moeten zijn.

231
 232 De investeringskosten voor de ketels in de vermogensklasse 0,5-5 MW_{th} is gesteld op 480 €/kW_{th,output}
 233 Gelijk met de verlaging van het aantal vollasturen, zijn de O&M-kosten vorig jaar verlaagd van 45
 234 €/kW_{th,output} naar 34 €/kW_{th,output}.

235
 236 Tabel 3 geeft de technisch-economische parameters voor ketels op vaste biomassa.

237 **Tabel 3:** Ketels op vaste biomassa 0,5-5 MW_{th} en 0,1-0,5 MW_{th}

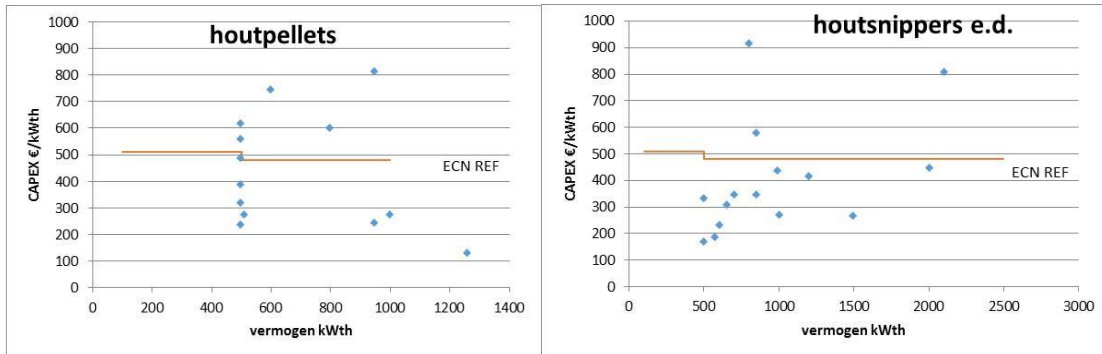
Parameter	Eenheid	Kosten 2018 0,5-5 MW _{th}	Kosten 2018 0,1-0,5 MW _{th}
Thermisch outputvermogen	[MW _{th,output}]	0,75	0,30
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	3000	3000
Investeringskosten	[€/kW _{th,output}]	480	510
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th,output}]	34	34
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9,0	9,0
Brandstofprijs	[€/ton]	50	50

238 Bevindingen

239 De categorie 0,1 tot 0,5 MW_{th} stond niet open tijdens de SDE+-rondes in 2016. De analyse in deze
 240 notitie op basis van SDE+-projecten betreft daarom enkel ketels tussen 0,5 en 5,0 MW_{th}.

241
 242
 243 Uit de steekproef van de onderzochte SDE+-aanvragen, bestaande uit zowel beschikte als
 244 aangevraagde projecten, blijkt er een vrij groot verschil te bestaan in de parameters afhankelijk of de
 245 installatie op snoei- of afvalhout loopt of op houtpellets. Houtpelletinstallaties zijn meestal iets kleiner
 246 in vermogen dan houtsnipper- en houtafvalinstallaties, en worden ook soms als combinatie neergezet
 247 (bijv. 2 x 250 kW_{th}) om aan de vermogensondergrens te voldoen. Onderstaande figuur 1 geeft de
 248 gevonden specifieke bruto investeringskosten (CAPEX) per kW_{th} weer voor beide types. Met bruto
 249 investeringskosten worden de totale kosten zoals gemeld door de aanvrager bedoeld. Er is dus nog
 250 geen rekening gehouden met het verwijderen van kostenposten uit de CAPEX die niet in de
 251 basisbedragberekening mogen meegenomen worden. Verder onderzoek naar de opbouw van deze
 252 kosten is nog nodig, ook is de kostendetaillering niet voor alle projecten beschikbaar.

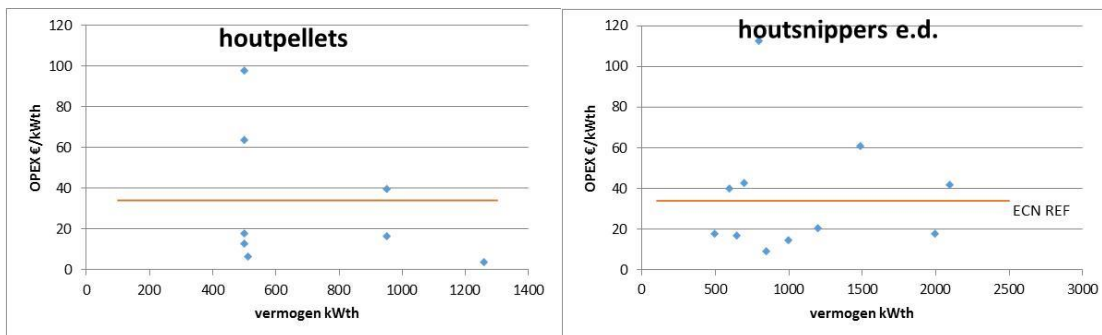
253 **Figuur 1:** CAPEX in €/kWth voor houtpellet en houtsnipper- en snoeiafvalinstallaties



254
255
256
257
258

Ook voor de OPEX kunnen dergelijke vergelijkingen gemaakt worden, zie onderstaande figuur 2. Ook hier betreft het de bruto OPEX-kosten, exclusief de biomassa-aankoopkosten.

259 **Figuur 2:** OPEX in €/kWth voor houtpellet en houtsnipper- en snoeiafvalinstallaties



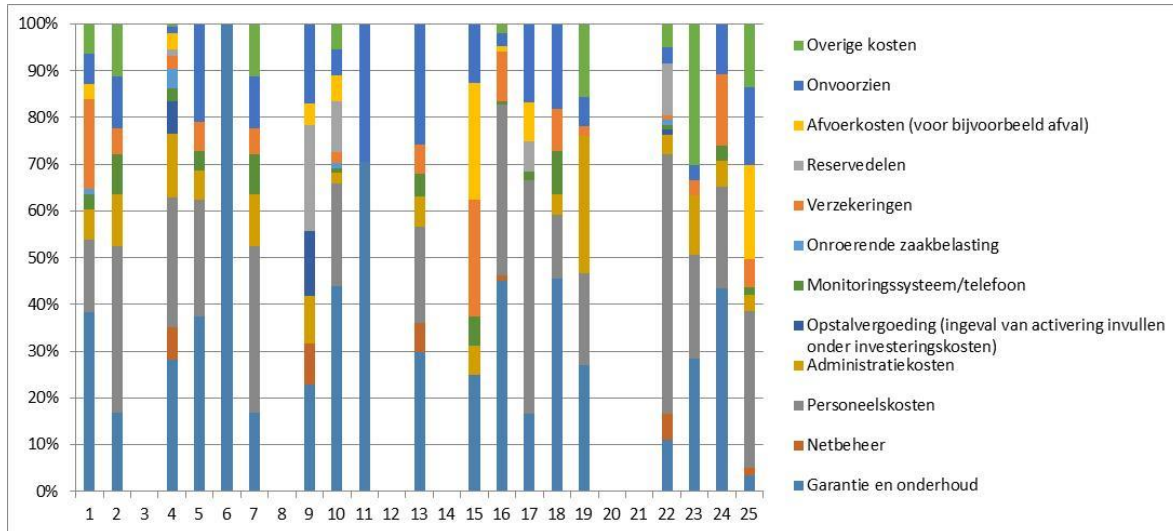
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270

De oorzaak van outliers en de grote range in zowel CAPEX en OPEX, bv voor de OPEX bij pellets van rond de 500 kWth (van < 10 tot bijna 100 €/kWth), moet nog onderzocht worden.

Op basis van de exploitatiesheets aangeleverd aan RVO door de aanvragers kan ook afgeleid worden dat er een variatie is in de opbouw van deze OPEX-kosten. Onderstaande figuur 3 geeft voor de onderzochte projecten waarvoor een exploitatieberekening beschikbaar was, de samenstelling van de OPEX. De x-as is een arbitraire nummering van de beschikbare projecten; waar geen staafdiagram is, zijn er geen kosten of details beschikbaar.

271

Figuur 3: Samenstelling van de OPEX naar kostenpost, relatief t.o.v. de totale opgegeven OPEX in €/kWth



272

273

274 Veel van de onderzochte installaties zijn in bedrijf bij veeteeltbedrijven met name varkens- of
 275 pluimvee. Voor deze toepassingen is een variabele warmtevoorziening nodig : veel warmte als de
 276 dieren nog klein zijn of als de vetmestcyclus loopt en buiten deze periodes staat de ketel stil of draait
 277 op lager vermogen. Afhankelijk van de diersoort herhaalt deze cyclus zich een aantal keren per jaar.
 278 Daarom zijn de gevonden draaiuren op jaarbasis meestal lager dan de maximale 4000, waarden van
 279 1000 tot 3500 vollasturen komen voor.

280

281 In onderstaande tabel 4 zijn de bevindingen weergegeven voor houtpelletketels en
 282 houtsnipper/snoeiafvalketels. Het betreft de mediaanwaarde en de gevonden bandbreedte van de
 283 projecten waarvoor de data geanalyseerd is.

284 **Tabel 4:** Ketels op vaste biomassa 0,5-5 MW_{th}

Parameter	Eenheid	Kosten 2018 0,5-5 MW _{th}	Bevindingen houtpelletketels 0,5-5 MW _{th}	Bevindingen houtsnipper, snoeiafvalketels 0,5-5 MW _{th}	Effect op het basisbedrag
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	0,75	0,56 (0,5-1,26)	0,85 (0,5-2,1)	-
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	3000	2110 (750-6400)	1780 (400-3800)	+0,206 ... -0,017
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	480	390 (130-810)	350 (170-920)	-0,014 ... +0,018
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	34	17 (5-100)	19 (10-110)	-0,103 ... +0,027
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9,0	-	-	-
Brandstofprijs	[€/ton]	50	185 (170-200)	50 (17-90)	-0,016 ... +0,071

285

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

Voorgaande jaren was de referentie-installatie gebaseerd op een heetwaterketel voor warmtelevering. In de praktijk worden installaties vaak als stoomketel uitgevoerd. De referentie-installatie voor het advies SDE+ 2017 is daarom een stoomketel met een verbrandingsrooster waar snoei- en dunningshout ingezet wordt als referentie-brandstof. In aanvulling op deze referentie-installatie is rekening gehouden met investeringen in het kader van het Activiteitenbesluit. De rookgasreiniging voor deze categorie vraagt hogere investeringen dan voor de categorie 0,5 - 5 MW_{th} . Hierbij wordt ervan uitgegaan dat door toepassing van een SNCR³ installatie de emissie van NO_x voldoende gereduceerd kan worden. Daarnaast is rekening gehouden met hogere investeringen ten opzichte van de referentie-installatie voor de categorie 0,5-5 MW_{th} betreffende aanvullende biomassaopslag en stoffilters. De investeringskosten zijn verhoogd ten opzichte van het eindadvies SDE+ 2016 naar 580 €/kW_{th,output}.

In deze categorie is het mogelijk om warmtelevering of stoomlevering te realiseren met een ketel op vaste biomassa ter vervanging van een gasgestookte WKK. Deze gasgestookte WKK kan bijvoorbeeld staan in een industriële omgeving waar veel vollasturen gemaakt worden. Daarom is voor deze categorie het aantal vollasturen op 7000 uur per jaar gesteld.

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

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

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

Bevindingen

Grote biomassagestookte warmwaterketels worden momenteel primair toegepast ter voeding van de warmte aan een stadsverwarmingsnet. Kosten voor een grote ketel met houtlijn begint bij ongeveer 350 EUR/kW_{th_uit}. Wanneer bouwkundige kosten (civiel) volledig gemaakt worden kunnen de kosten oplopen tot zo'n 850 EUR/kW_{th_uit}. Verdere opslagen voor contingency, projectontwikkelingskosten zorgen in een enkel geval van een (gebudgetteerde) investeringskosten van boven de 1000 EUR/kW_{th_output}. O&M kosten variëren tussen 35 en 80 EUR/kW_{th_output}. Ketels en WKKs met warmtetoepassing voor een stadsverwarmingsnet kunnen een seizoensafhankelijk verloop laten zien. Dit is afhankelijk van de capaciteit van de installatie in relatie tot de jaarbelastingsduurkromme. Bij warmtelevering aan een stadverwarmingsnet zijn tussen 3000 en 6000 vollasturen warmte bekend.

³ SNCR : selective non-catalytic reduction, een nageschakelde NO_x -reductie techniek voor rookgaszuivering.

318 Biomassa bij warmtelevering is in zijn algemeenheid ingekochte biomassa met een indicatieve range
 319 van 40 – 80 EUR/t.

320
 321 Tabellen 6,7 en 8 bevatten het overzicht en de bandbreedtes voor de parameters gebruikt in de
 322 basisbedragberekening, op basis van de bevindingen. Tevens is het effect van de bandbreedtes op het
 323 basisbedrag aangegeven als afwijking t.o.v. het basisbedrag uit het Eindadvies SDE+ 2017.

324 **Tabel 6:** Range van bevindingen van technisch-economische parameters voor een ketel op vaste biomassa voor
 325 warmwatertoepassingen, $\geq 5 \text{ MW}_{\text{th}}$

Parameter	Advies SDE+ 2017	Range van bevindingen	Effect op basisbedrag [€/kWh]
Vollasturen warmteafzet	7000 h/a	3000 – 6000	+ 0,003 ... + 0,026
Investeringskosten	580 €/kW _{th_output}	400 – 1000	- 0,003 ... + 0,007
Vaste O&M-kosten	62€/kW _{th_output}	35 – 80	- 0,004 ... + 0,003
Brandstofprijs (bij 9 GJ/ton)	50€/ton	40 - 80	- 0,005 ... + 0,014

326
 327 Wanneer we uitgaan van een houtsnippergestookte warmwaterketel waarin de bouwkundige kosten
 328 volledig afgedekt worden, bedragen de investeringskosten ca. 750 €/kW_{th_output} bedragen. Bij levering
 329 aan een middelgroot tot groot stadsverwarmingsnet is 4000 vollasturen gemiddeld een mogelijke
 330 ontwerpwaarde. De O&M-kosten worden de gemiddeld geschat op 60 €/MW_{th_output}. De biomassa
 331 wordt ingekocht en een prijs van 50 €/t is typisch, maar bij onderstaande variatie is rekening
 332 gehouden met een risico van de stijging van de biomassaprijs met 10 €/t.
 333

334 **Tabel 7:** Variatie van basisbedrag door variatie van technisch-economische parameters voor een ketel op vaste
 335 biomassa voor warmtetoepassingen, $\geq 5 \text{ MW}_{\text{th}}$

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Bevinding 2018	Effect op basisbedrag (EUR/kWh)
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	4000	+ 0,015
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	580	750	+ 0,003
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	62	60	Nihil
Brandstofprijs (bij 9 GJ/ton)	[€/ton]	50	60	+ 0,005

336
 337 Stoomketels worden zowel toegepast om warmte te voeden aan de industrie alsook aan warmte-
 338 netten. Wanneer de warmte uit een stoomketel aan een warmtenet wordt gevoed, is dit in combi-
 339 natie met een elektriciteitsopwekker (WKK). Een stoomketel met houtlijn en rookgasreiniging kost in
 340 de orde grootte van 400-650 €/kW_{th_output}, inclusief houtlijn, exclusief bunkers en civiel. Verdere kosten
 341 voor civiele werkzaamheden, gebouwen, contingency, en projectontwikkelingskosten kunnen zorgen
 342 voor investeringskosten van rond de 1000 EUR/kW_{th_output}. Specifieke O&M kosten liggen typisch
 343 tussen de 50 en 80 EUR/kW_{th_output}. Hoewel voor basislastketels in de industrie gerekend wordt met
 344 7000 vollasturen, blijkt dat dit aantal vollasturen vaak niet gehaald wordt. Basislast stoomketels in de
 345 industrie blijken in werkelijkheid vaak gelijk aan of meer dan 5000 (gecombineerde) vollasturen te
 346 realiseren. Biomassa voor stoomketels kan ingekochte biomassa zijn of biomassa uit eigen bedrijf met
 347 een indicatieve range van 0-60 EUR/t.

348 **Tabel 8:** Range van bevindingen van technisch-economische parameters voor een ketel op vaste biomassa voor
 349 stoomtoepassingen, $\geq 5 \text{ MW}_{\text{th}}$

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Range van bevindingen
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	5000 - 7500
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	580	450 - 1000
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	62	50 - 80
Brandstofprijs (bij 9 GJ/ton)	[€/ton]	50	0 - 60

350
 351 Wanneer we uitgaan van een houtsnippergestookte installatie waarin de bouwkundige kosten volledig
 352 afgedekt worden, bedragen de specifieke investeringskosten zo'n 850 €/kW_{th_output} bedragen. Bij
 353 levering van stoom aan een intern of extern productieproces is 7500 vollasturen gemiddeld een
 354 mogelijke ontwerpwaarde. De gemiddelde O&M-kosten worden geschat op 70 €/MW_{th_output}. De
 355 biomassa wordt ingekocht en een prijs van 50 €/t is typisch, maar bij onderstaande variatie is rekening
 356 gehouden met een risico van de stijging van de biomassaprijs met 10 €/t.

357 **Tabel 9:** Variatie van basisbedrag door variatie van technisch-economische parameters voor een ketel op vaste
 358 biomassa voor stoomtoepassingen, $\geq 5 \text{ MW}_{\text{th}}$

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Bevinding 2018	Effect op basisbedrag (EUR/kWh)
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	7500	- 0,001
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	580	850	+ 0,005
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	62	70	+ 0,001
Brandstofprijs (bij 9 GJ/ton)	[€/ton]	50	60	+ 0,005

359 2.4 Ketel op vloeibare biomassa

360 In sommige gevallen zijn gasgestookte ketels relatief snel en eenvoudig te vervangen door ketels op
 361 vloeibare biomassa, zoals bijvoorbeeld pyrolyseolie of dierlijk vet. Als referentie-brandstof is gekozen
 362 voor dierlijk vet. Voor 2017 wordt er nog interesse in de markt verwacht voor ketels op dierlijke of
 363 plantaardige vetten (residuen). Gezien de relatief lage bijdrage van de investeringskosten aan het
 364 basisbedrag en de mogelijkheid voor initiatiefnemers deze investeringskosten verder te verlagen door
 365 aangepaste branders te monteren in bestaande ketels, is in dit advies het investeringsbedrag op nul
 366 gesteld. Hiermee is de berekening representatief voor zowel inzet van vloeibare biomassa in nieuwe
 367 op vloeibare biomassa ontworpen ketels als inzet van vloeibare biomassa in aangepaste bestaande
 368 gasketels. In Tabel 10 staan de parameters met betrekking op een ketel op vloeibare biomassa.

369 **Tabel 10:** Technisch-economische parameters voor Ketel op vloeibare biomassa

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Totaalbedrag voor referentie
Thermisch outputvermogen	[MW _{th_output}]	10	
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	0	€ 0,0 miljoen
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_output}]	24	€ 240.000 / jaar
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	39,0	
Brandstofprijs	[€/ton]	600	
Brandstofprijsofslag	[€/ton]	0	

370 Bevindingen

371 Er zijn te weinig installaties in de steekproef om een robuuste uitspraak over de variatie in de
 372 parameters te kunnen doen. Wel komt een brandstofprijz van rond de 400 €/ton voor dierlijke vetten
 373 een paar keer voor. Alle geanalyseerde installaties rapporteren investeringskosten. Verder onderzoek
 374 moet uitmaken wat daaronder valt.

375 **2.5 Ketel industriële stoom uit houtpellets > 5 MW_{th}**

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

378
 379 Er wordt verondersteld dat de installatie autonoom kan draaien en op afstand bestuurd wordt. De
 380 output van de referentieketel is 30 MW_{th} en de ketel wordt verondersteld een rendement van 90% te
 381 hebben. Het aantal vollasturen warmteafzet bedraagt 7000 uur per jaar, overeenkomstig de categorie
 382 Ketel vaste of vloeibare biomassa > 5 MW_{th}. De investeringskosten van de referentie-installatie
 383 bedragen 560 €/kW_{th, output} met bijbehorende O&M-kosten van 36 €/kW_{th, output}. De investeringskosten
 384 zijn daarmee bij benadering gelijk aan een ketel voor dunnings- en snoeihout. De duurdere
 385 stoomketel en stoom-appendages van de pellet-categorie worden gecompenseerd door de
 386 eenvoudigere brandstofopslag en -transport van deze installatie. De O&M-kosten bij deze categorie
 387 zijn lager dan die van de categorie op basis van snoeihout. Dit komt doordat de opslag en transport
 388 van brandstof kleiner en eenvoudiger uitgevoerd kan worden, waardoor er minder personeel en
 389 vervangingsonderdelen nodig zijn om de installatie te bedienen en onderhouden.

390
 391 De technisch-economische parameters zijn weergegeven in Tabel 11. In verband met looptijden van
 392 pelletcontracten wordt geadviseerd voor deze categorie, net als voor meestookcategorieën, te
 393 rekenen met een subsidieduur van 8 jaar.

394 **Tabel 11:** Technisch-economische parameters voor Ketel industriële stoom uit houtpellets

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Thermisch outputvermogen	[MW _{th, output}]	30
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000
Investeringskosten	[€/kW _{th, output}]	560
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th, output}]	36
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	17,0
Brandstofprijz	[€/ton]	155
Brandstofprijzopslag	[€/ton]	15

395
 396 Bevindingen

397 Er zijn op dit moment in Nederland nog geen grootschalige ketels industriële stoom met (industriële)
 398 houtpellets als brandstof aangevraagd. Kosten voor een dergelijke ketel hangt af van de sector waar
 399 deze gerealiseerd wordt. Voor een grootschalige warmteketel (vlampijpketel) op houtpellets voor
 400 warmwater, waarbij een beperkte opslag voorzien is en die met name benut wordt voor
 401 pieklasttoepassingen, kunnen de investeringskosten beneden de 400 €/kW_{th, output} liggen. Echter, de
 402 specifieke investeringskosten voor een waterpijpketel voor de productie van stoom met doekenfilter
 403 voor de reductie van stofemissie en SNCR voor de reductie van de emissie van NO_x, en inclusief

404 volledige bouwkundige kosten (exclusief projectontwikkelingskosten en *contingency*) in een indu-
 405 striële omgeving kunnen oplopen tot zo'n 700 - 800 €/kW_{th_output}.

406
 407 Voor kleinere installaties en een opslag voor *contingency* zijn de geprognostiseerde specifieke kosten in
 408 de range van 800-950 €/kW_{th_output}. Een ketel industriële stoom zal wanneer ingepast wordt in een
 409 industrie moeten zorgen voor continue levering van stoom. Een hoog aantal vollasturen ligt dan ook
 410 voor de hand. Typische ketels in de industrie hebben een beschikbaarheid van boven de 90%. Daarom
 411 zou een bovengrens kunnen liggen tussen 7000 en 8500 uur.

412
 413 Tabellen 12 en 13 bevatten de referentiewaarden uit het Eindadvies 2017 en bandbreedtes van
 414 bevindingen.

415 **Tabel 12:** Range van bevindingen van technisch-economische parameters voor een ketel industriële stoom uit
 416 houtpellets

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Range van bevindingen
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	7000 – 8500
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	580	400 – 1000

417
 418 Wanneer we uitgaan van een grotere ketel industriële stoom uit houtpellets, inclusief alle
 419 bouwkundige werken, kan het zo zijn dat de investeringskosten zo'n 800 €/kW_{th_output} bedragen. Zo'n
 420 installatie zou dan mogelijk uitgelegd kunnen zijn voor 8000vollasturen, waarbij de ketel continue
 421 warmte levert aan een industrieel proces (grotendeels op vollast en met een beschikbaarheid ruim
 422 boven de 90%).

423 **Tabel 13:** Variatie van basisbedrag door variatie van technisch-economische parameters voor een Ketel industriële
 424 stoom uit houtpellets

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Bevinding 2018	Effect op basisbedrag (EUR/kWh)
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	7000	8000	- 0,002
Investeringskosten	[€/kW _{th_output}]	580	800	+0,006

425
 426 Niet opgenomen is de mogelijkheid om een deel van de stoom om te zetten naar elektriciteit (WKK).
 427 Het is zinnig om te onderzoeken in hoeverre behoefte is bij de industrie om naast stoom ook
 428 elektriciteit te maken. Voor de hand kan liggen om een beperkte hoeveelheid elektriciteit op te
 429 wekken middels een tegendrukturbine.

430

431 2.6 Thermische conversie van biomassa, <100 MWe

432 Naar aanleiding van diverse marktconsultaties is besloten te adviseren de referentie-installatie voor
 433 thermische conversie (WKK) kleinschaliger, eenvoudiger en flexibeler in te richten. De referentie-
 434 installatie is een met snoei- en dunningshout gestookte installatie met een geïnstalleerd thermisch
 435 vermogen van 9,6 MW_{th_output} en geïnstalleerd elektrisch vermogen van 1,6 MW_{e_output} en thermische
 436 belasting (biomassa input) van 10 MW_{th_input}. Bij levering van elektriciteit van 1,6 MW_{e_output} levert de

437 installatie slechts 8 MW_{th,output} in plaats van 9,6 MW_{th,output}. Daarmee is de referentie-installatie
 438 ontworpen om flexibel warmte en elektriciteit te leveren. Wanneer de warmtevraag kleiner is dan de
 439 capaciteit van de ketel kan aanvullend elektriciteit gemaakt worden. De warmte is hiermee
 440 toegankelijk voor een centraal of decentraal stadsverwarmingsnet. De ketel kan via een
 441 condenserende stoomturbine elektriciteit genereren. Voor de schaalgrootte is leidend dat de
 442 stoomturbine een elektrisch vermogen van 1,6 MW_e kan leveren. De installatie is voorzien van SNCR
 443 en cycloon+doekenfilter.

444
 445 De installatie wordt uitgelegd met een condenserende stoomturbine met een elektrisch rendement
 446 van 16%. Daarnaast kunnen andere technologieën die elektriciteit uit warmte produceren (zoals een
 447 tegendrukturbine of *Organic Rankine Cycle* (ORC)) met een minimaal rendement van 10% worden
 448 toegestaan. Deze hebben dan mogelijk een lagere capaciteit (typisch 1 MW_e), maar hebben meestal in
 449 tegenstelling tot een condenserende stoomturbine een continue elektriciteitslevering. Daarmee kan
 450 een dergelijke configuratie jaarlijks eenzelfde elektriciteitsproductie hebben als een configuratie met
 451 een condenserende stoomturbine. Door deze relatief eenvoudige en flexibele opstelling worden de
 452 investeringskosten verlaagd naar 1250 €/kW_{th,input}. Voor het aantal vollasturen warmtelevering is
 453 8000 uur (bij 8 MW_{th,output}) aangenomen. Voor het aantal vollasturen elektriciteitslevering is 5000
 454 vollasturen (bij 1,6 MW_e) aangenomen.

455
 456 De technisch-economische data die horen bij deze referentie-installaties zijn samengevat in Tabel 14.

457 **Tabel 14:** Technisch-economische parameters voor Thermische conversie van biomassa, <100 MW_e

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Inputvermogen	[MW _{th,input}]	10
Elektrisch vermogen	[MW _e]	1,6
Thermisch outputvermogen	[MW _{th,output}]	8
Vollasturen elektriciteitsafzet	[h/a]	5000
Vollasturen warmteafzet	[h/a]	8000
Maximaal elektrisch rendement		16%
Elektriciteitsderving bij warmteafzet		-
Investeringskosten	[€/kW _{th,input}]	1250
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th,input}]	100
Energie-inhoud brandstof	[GJ/ton]	9,0
Brandstofprijs	[€/ton]	50

458

459

460 Bevindingen

461 De laatste jaren zijn diverse WKK installaties gerealiseerd. Dit zijn zowel projecten die elektriciteit
 462 leveren in combinatie met warmtelevering voor een stadsverwarmingsnet of voor een industriële
 463 toepassing. Alle projecten hebben een stoomturbine of andere stoomgedreven elektriciteits-
 464 opwekker. Er zijn de laatste jaren geen projecten toegekend aan WKK installaties met een ORC⁴. Alle
 465 aanvragen tot en met 2015 hebben een opstelling waarbij de stoomturbine dusdanig is (vaak wat
 466 kleiner geschaald) zodat de minimale gemiddeld rendement voor elektriciteitslevering (6%-grens) net

⁴ ORC: Organic Rankine Cycle

467 gehaald wordt, een uitzondering daargelaten (16%). Gegevens uit 2016 laten een elektrisch
 468 rendement zien van ongeveer of net boven de 10%. Warmte aan een stadverwarmingsnet wordt
 469 geleverd via een warmtewisselaar.

470
 471 Verder blijkt dat een stoomgedreven WKK met houtlijn, turbine en rookgasreiniging in de ordegr
 472 van 450-600 €/kW_{th_input} kost, inclusief houtlijn, exclusief bunkers en civiel. Van dit bedrag is ongeveer
 473 100-150 €/kW_{th_input} toe te schrijven aan een stoomturbine. Inclusief civiele bouwwerken (fundering,
 474 bunkers, gebouwen) en *contingency* kan het bedrag oplopen tot 120 EUR/kW_{th_input}. Specifieke
 475 O&M-kosten liggen typisch tussen de 50 en 80 €/kW_{th_input}. Binnen dit spectrum vallen WKKs met
 476 vermogens van bijvoorbeeld zo'n 5-20 MW_{th}, waarbij de biomassa schoon is (snoei- en dunningshout)
 477 en met een elektrisch rendement tot zo'n 20%.

478
 479 Gebruikte biomassa zijn aangekochte houtsnippers (centrales die warmte leveren aan een stadsver-
 480 warmingsnet) of komt uit eigen bedrijf (centrales die warmte zelf gebruiken).

481
 482 Ketels en WKKs met warmtetoepassing voor een stadsverwarmingsnet kunnen een seizoens-
 483 afhankelijk verloop laten zien. Dit is afhankelijk van de capaciteit van de installatie in relatie tot de
 484 jaarbelastingsduurkromme. Bij warmtelevering aan een stadverwarmingsnet zijn tussen 3000 en 6000
 485 vollasturen warmte bekend. Hoewel voor basislastketels in de industrie gerekend wordt met 7000
 486 vollasturen, blijkt dat dit aantal vollasturen vaak niet gehaald wordt. Dit is met name te wijten aan een
 487 lagere verwachte beschikbaarheid van snoeihoutketels in vergelijking tot gas of pelletketels en het
 488 feit dat een warmtekotel in combinatie met een stadsverwarmingsnet door seizoensinvloeden minder
 489 op vollast draait dan een ketel in een industriële omgeving. Basislast stoomketels in de industrie
 490 blijken in werkelijkheid vaak gelijk aan of meer dan 5000 (gecombineerde) vollasturen te realiseren.
 491 Specifieke O&M kosten liggen typisch tussen de 50 en 80 €/kW_{th_input}.

492
 493 Tabellen 15 en 16 bevatten de referentiewaarden uit het Eindadvies 2017 en bandbreedtes van
 494 bevindingen.

495

496 **Tabel 15:** Range van bevindingen voor een houtsnippergestookte stoomgedreven WKK, <100 MW_e

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Range van bevindingen
Samengesteld aantal vollasturen ⁵	[h/a]	7500	3000 – 7000
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	1250	450 – 1200
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	100	50 – 80
Brandstofprijs (bij 9 GJ/ton)	[€/ton]	50	0 – 60

497

498 Wanneer we uitgaan van een houtsnippergestookte installatie waarin de bouwkundige kosten volledig
 499 afgedekt worden en waarbij we uitgaan van een condenserende stoomturbine met warmtelevering
 500 aan een stadverwarmingsnet, liggen de investeringskosten rond de 1000 €/kW_{th_input}. In dat geval is

⁵ In Advies 2017 bestaat het samengesteld aantal vollasturen uit 5000 vollasturen elektriciteit en 8000 vollasturen warmte bij 16% elektrisch rendement en 80% thermisch rendement. In de berekening van de bevindingen range is uitgegaan van een gelijk aantal vollasturen warmte en elektriciteit bij 10% elektrisch rendement en 84% thermisch rendement.

501 4000 samengestelde vollasturen een waarde die gerealiseerd kan worden wanneer de biomassaketel
 502 als basislast dient. De gemiddelde O&M-kosten worden geschat op 70 €/MW_{th_output}. De biomassa
 503 wordt ingekocht en een prijs van 50 €/t is typisch, maar bij onderstaande variatie is rekening
 504 gehouden met een risico van de stijging van de biomassaprijs met 10 €/t.

505 **Tabel 16:** Variatie van basisbedrag door variatie van technisch-economische parameters voor een houtsnippergestookte
 506 stoomgedreven WKK, ≥5 MW_{th}

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017	Bevinding 2018	Effect op basisbedrag (EUR/kWh)
Samengesteld aantal vollasturen	[h/a]	7500	4000	+ 0,031
Investeringskosten	[€/kW _{th_input}]	1250	1000	- 0,005
Vaste O&M-kosten	[€/kW _{th_input}]	100	70	- 0,004
Brandstofprijs (bij 9 GJ/ton)	[€/ton]	50	60	+ 0,005

507

508 Informatieverzoeken van ECN en DNV GL

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

512

513 **Biomassaverbranding en geothermie: is het mogelijk om te differentiëren naar vollasturen en zo ja:
 514 hoe?**

515 Het aantal vollasturen is bepalend voor het basisbedrag. Welke ideeën heeft men om in de SDE+
 516 hierop te differentiëren? Welke ongewenste effecten moeten hierbij worden voorkomen?

517

518 **Biomassaverbranding: Welke redenen zijn er om de categorie bio-WKK te behouden?**

519 ECN en DNV GL vernemen graag wat de markt ziet als voordeel van thermische conversie van een
 520 WKK ten opzichte van een ketel? Voor welke toepassingen zou men een WKK verkiezen boven een
 521 ketel en waarom? Op welke manier kan de regeling hierop het beste aansluiten zodat de meest
 522 kosteneffectieve installatie wordt gestimuleerd.

523

524 **Biomassaverbranding: graag ontvangen we de kostenopbouw van projecten die een bestaande
 525 gasgestookte WKK verduurzamen**

526 Bestaande gasgestookte WKK's kunnen (deels) met biomassa worden gevoed. Mogelijk is dit niet
 527 duurder dan de bouw van volledig nieuwe biomassaïnstallaties. Verschillende technische
 528 mogelijkheden bestaan hiervoor, denk aan inzet van cycloonovens of voorgeschakelde vergassers die
 529 syngas produceren voor energietoepassingen. Wat is de kostenopbouw van dergelijke
 530 (voorgeschakelde) toepassingen? Wordt enkel warmte geproduceerd of warmte en elektriciteit?

531

532 **Biomassaverbranding: onderzoeken van mogelijkheid tot differentiatie type brandstof?**

533 Biomassa is beschikbaar in vele hoedanigheden (samenstelling, kwaliteit, prijs, vochtgehalte e.d.).
 534 Waarom en op welke manier zou de SDE+ op termijn meer of minder differentiatie naar
 535 biomassasoort moeten toepassen?

536

537

538 **Biomassaverbranding: onderzoeken of B-hout kan worden toegestaan?**

539 B-hout is afvalhout dat in grotere mate beschikbaar is dan in voorgaande jaren, dit uit zich ook in een
540 iets lagere prijs. Hoeveel B-hout is er nog extra beschikbaar zonder dat de doelstellingen voor
541 recycling worden belemmerd? Verwacht de markt dat deze grotere beschikbaarheid van B-hout
542 blijvend is? In welk type installaties kan dit het beste worden ingezet rekening houdende met de
543 emissie-eisen?

544

545 **Biomassaverbranding: Wat is de verwachte prijsontwikkeling van pyrolyse-olie?**

546

547 **Biomassaverbranding: graag ontvangen we de kostenopbouw van projecten die poederhout
548 rechtstreeks inzetten in hun installatie zonder gebruik te maken van een ketel**

549

550 **Verbranding: Hoe ziet de businesscase van biomassaketelprojecten (0,1-0,5 MW) eruit, rekening
551 houdend met de voordelen van vermeden energiebelasting.**

552 ECN en DNV GL krijgen graag meer inzicht in de diversiteit van projecten, om een beeld te kunnen
553 geven onder welke omstandigheden subsidie nodig is voor een rendabele businesscase.

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575 **Disclaimer**

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

583