

Notitie

Amsterdam, 6 april 2017

Afdeling Policy Studies
Van Luuk Beurskens (ECN), Eeke Mast (DNV GL)
Aan Ministerie van Economische Zaken

ECN-N--17-011

Onderwerp **Kostenonderzoek windenergie 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 **Inleiding**

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

37

38 De technisch-economische parameters die in deze notitie gegeven worden, zijn in de notitie
39 “Basisbedragen op basis van kostenonderzoeken t.b.v. SDE+ 2018” vertaald naar equivalente
40 basisbedragen.

41

42 Voor deze notitie is er, naast de basisbedragen voor SDE+ 2018, ook gekeken naar de volgende
43 onderwerpen:

44

- 45 • Kleinschalige windturbines
- 46 • De grootte van windparken
- 47 • Meerkosten ten opzichte van turbinekosten.

48

49 Op basis van het kostenonderzoek ligt aanpassing van de basisbedragen voor de SDE+ 2018 in de rede,
50 wegens verlaging van de turbinekosten en door de door het ministerie van Economische Zaken in
51 eerdere jaren aangegeven verlaging van de grondkosten.

52

53 **Kleinschalige windturbines: geringe ashoogte en een 54 vermogen van 750 tot 1000 kW**

55 In de Kamerbrief¹ van 3 januari 2017 beschrijft de Minister hoe hij vormgeeft aan de motie Jan Vos
56 over een verhoogd SDE+ tarief voor kleinschalige windprojecten (windprojecten met een lagere
57 ashoogte). In deze notitie van bevindingen wordt een start gemaakt met aanvullend onderzoek naar
58 de randvoorwaarden en mogelijke meerkosten van kleinschalige windmolens, inclusief een inschatting
59 van basisbedragen voor windturbines met een lagere ashoogte. De aannames en inschattingen
60 hiervoor worden ter consultatie aan de markt voorgelegd. Een andere vraag die in deze notitie
61 geadresseerd wordt is of er onderscheid dient te worden gemaakt tussen situaties waarbij bestaande
62 windmolens worden vervangen door nieuwe en situaties waarbij windmolens op geheel nieuwe
63 locaties worden geplaatst.

64

65 In Tabel 1 zijn de SDE-beschikkingen voor de periode 2013 – 2016 voor kleinschalige windturbines
66 weergegeven. Hierin is te zien dat het aantal windturbines met een vermogen van minder dan 1 MW
67 significant is, waarbij de aantallen in de categorie windturbines met een individueel geïnstalleerd
68 vermogen van 750 kW tot 1 MW het hoogst zijn: 93 windturbines waarvan 54 solitair geplaatst, met
69 een geschat totaal vermogen van ongeveer 80 MW.

70

¹ Kamerbrief over verhoogd SDE+ tarief voor kleinschalige windprojecten (3 januari 2017)
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2017/01/03/kamerbrief-over-verhoogd-sde-tarief-voor-kleinschalige-windprojecten>

70 In de tabel is tevens te zien dat er voor een aantal microwindturbines SDE+ aangevraagd is, dit zijn
 71 windturbines met een ashoogte van ongeveer 15 meter en rotordiameter van ruim 10 meter en een
 72 individueel vermogen van ongeveer 10 kW. Dit betreft voor de genoemde periode in totaal 36
 73 microwindturbines (waarvan 15 solitair) met een geschat totaal vermogen van minder dan een half
 74 MW. Microwindturbines leveren naar verwachting niet direct aan het net, maar juist achter de meter.
 75 Hierdoor is het SDE+ correctiebedrag hoger dan waarmee voor de huidige categorieën wind op land
 76 gerekend wordt. Omdat microwindturbines bovendien een relatief klein cumulatief vermogen
 77 vertegenwoordigen worden deze in deze notitie van bevindingen niet als uitgangspunt genomen voor
 78 de analyse. De getallen die verderop in deze paragraaf gepresenteerd worden hebben dus betrekking
 79 op windturbines met een individueel vermogen van voornamelijk 750 tot 1 MW.

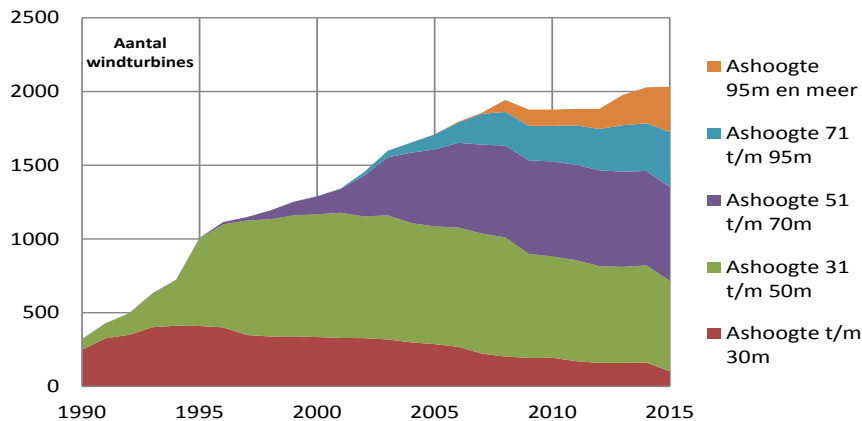
80 **Tabel 1:** Vermogensranges voor kleinschalige windturbines, opgedeeld in drie klassen (Bron: RVO)

	Vermogensranges voor kleinschalige windturbines		
	< 100 kW	100 tot 750 kW	750 kW tot 1 MW
2013	0	0	16
2014	0	0	56
2015	1	0	0
2016	35	0	21
Totaal in 2013-2016	36	0	93
waarvan solitair	15	0	54

81
 82 **Achtergrond: ontwikkeling kleinschalige windturbines**
 83 Tot en met 1995 zijn er geen windturbines in Nederland met een ashoogte die hoger is dan 50 meter.
 84 In de periode naar het jaar 2000 komen daar voor het eerst hogere turbines bij. In het jaar 2000 is
 85 ongeveer 10% van de turbines hoger dan 50 meter. In 2010 is dat 53% en in 2015 is dat 65%: de
 86 windturbines met een lagere ashoogte worden afgebroken en deels vervangen door nieuwe, grotere
 87 windturbines. Toch bedraagt het totaal aantal windturbines met een ashoogte van maximaal 50 meter
 88 in 2015 nog 716 stuks, waarvan er 103 lager dan 30 meter zijn (zie figuur). Deze windturbines kunnen
 89 zowel solitair geplaatst zijn als in een parkopstelling. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het
 90 relatieve aandeel uitgedrukt in vermogen (MW) voor deze kleinschalige turbines kleiner is.
 91

92 **Figuur 1:** Historische opbouw van windturbinepark in Nederland naar ashoogte (bron: CBS, 2017²)

93



94

95

96 Een aantal van deze windturbines zal in aanmerking kunnen komen voor een vervangingsinvestering:
 97 door het plaatsen van een modernere windturbine kan de elektriciteitsproductie toenemen.

98 Bijvoorbeeld door het plaatsen van een hoger turbinevermogen (meer MW), een betere benutting
 99 van de windsnelheid (door een hogere ashoogte te kiezen), door een hogere betrouwbaarheid (want
 100 een jongere windturbine) en tenslotte door een hogere opbrengst vanwege verdere innovatie.

101

102 Een restrictie bij vervangingsinvesteringen is de hoogtebeperking zoals deze op veel locaties opgelegd
 103 wordt. Sommige provincies eisen dat de vervangende windturbine niet hoger is dan de bestaande. Zo
 104 beperkt provincie Noord-Holland de mogelijkheden voor *repowering* door eenzelfde aantal of minder
 105 windturbines met eenzelfde, vergelijkbare of geringere ashoogte, rotordiameter en verschijningsvorm
 106 voor te schrijven³. In provincie Friesland geldt dat bestaande windturbines mogen worden vervangen
 107 door nieuwe, mits de tiphoogte niet hoger is⁴. Sommige provincies staan geen solitaire turbines
 108 (meer) toe en willen alle windturbines clusteren in windparken: dit geldt o.a. voor Drenthe⁵ en
 109 Overijssel⁶.

110

111 Impact in opbrengsten, vollasturen en benodigde basisbedragen

112 *Door de ashoogte- en tiphoogterestricties kunnen voor vervanging alleen kleinschalige windturbines worden*
 113 *toegepast. Door een lagere ashoogte en kleinere rotordiameter is de energieopbrengst van dergelijke*
 114 *kleinschalige windturbines relatief laag. Het aantal vollasturen is in vergelijking met een multi-megawattturbine*
 115 *lager, zoals ook blijkt uit het windturbinemodel van DNV GL waarmee benodigde basisbedragen per*
 116 *windturbinetype kan worden berekend, zie Figuur 4. Hierbij moet opgemerkt worden dat meerdere hubhoogten*

² URL: <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=71227NED&D1=0,3,6,9&D2=a&D3=a&HDR=T&STB=G1,G2&VW=T>.

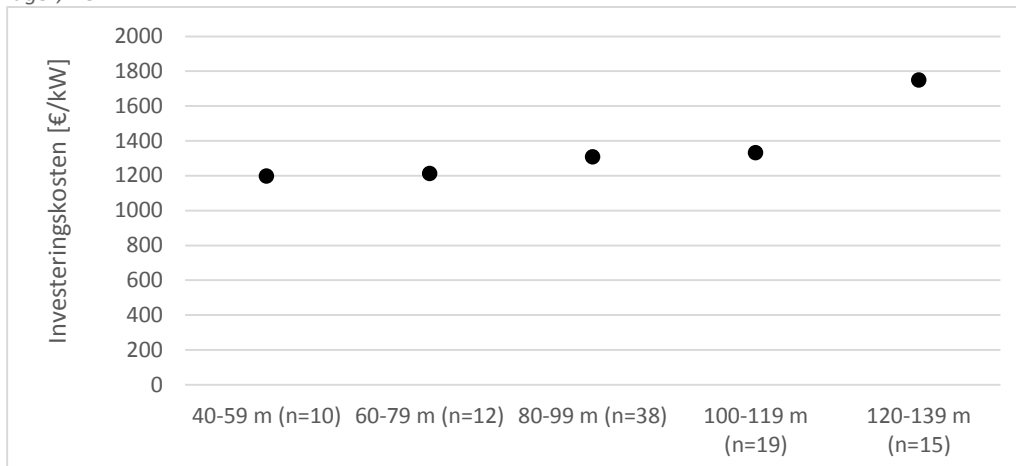
³ Bron: PRV 1 maart 2017 artikel 32, https://www.noord-holland.nl/Onderwerpen/Ruimtelijke_inrichting/Structuurvisie_en_PRV/Beleidsdocumenten/Geconsolideerde_versie_PRV_december_2016_in_werking_na_1_maart_2017.org

⁴ Bron: Coalitieakkoord 2015-2019, https://www.fryslan.fr/beleidsthemas/windenergie-in-fryslan_3592?pk_campaign=Redirects&pk_kwd=windenergie

⁵ Bron: Actualisatie omgevingsvisie 2014, https://www.provincie.drenthe.nl/publish/pages/108032/actualisatie_omgevingsvisie_versie_020714.pdf

⁶ Bron: Omgevingsvisie Overijssel, www.overijssel.nl/publish/pages/157185/omgevingsvisie_overijssel_geconsolideerd_tot_en_met_21_oktober_2015.pdf

117 per windturbine zijn meegenomen. Dit stijgende verloop in de vollasturen is consistent met de projecten voor de
 118 SDE+ 2016 data zoals ontvangen van RvO. De investeringskosten voor zulke kleine windturbines zijn daarentegen
 119 lager; zie



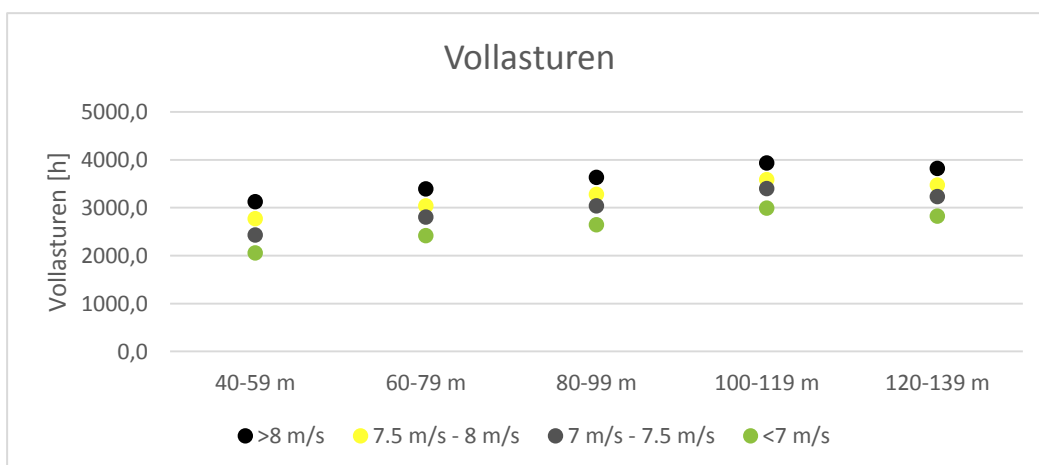
120

121 Zowel de turbinekosten per MW als de (relatieve) meerkosten per MW zijn gemiddeld gezien lager
 122 dan voor de multi-MW wind turbines. De onderhoudskosten van zijn van eenzelfde ordegrootte.

123

124 De lagere investeringskosten wegen echter niet op tegen de lagere opbrengsten: de benodigde
 125 basisbedragen zijn hoger voor de windturbines met een lagere ashoogte, zie **Figuur 4**. Daarmee
 126 hebben de kleinschalige windturbines passend bij deze lagere ashoogte een hogere subsidie per
 127 geproduceerde kWh nodig om een gezonde bedrijfsvoering te realiseren. Het basisbedrag voor
 128 kleinschalige windturbines lijkt, op basis van een beperkt aantal doorgerekende kleinschalige
 129 windturbines, rond de 1 cent/kWh hoger te zijn dan de basisbedragen die gerapporteerd zijn in SDE+
 130 voor 2017; afhankelijk van de windcategorie bedraagt het verschil met SDE+2017 0,7 c/kWh tot 1,5
 131 c/kWh.

132 **Figuur 2:** Vollasturen per ashoogte gebaseerd op een ruime selectie van windturbines zoals gebruikt voor de bepaling
 133 van de basisbedragen

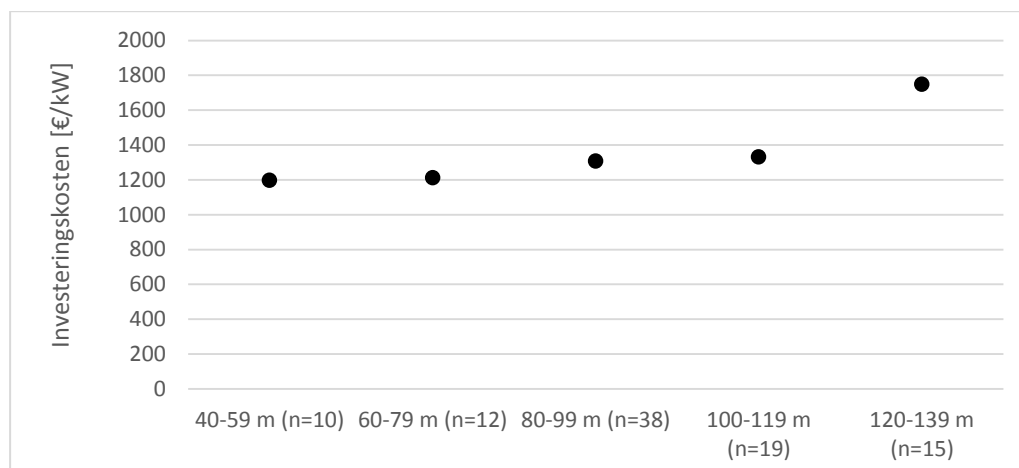


134

135

136
137

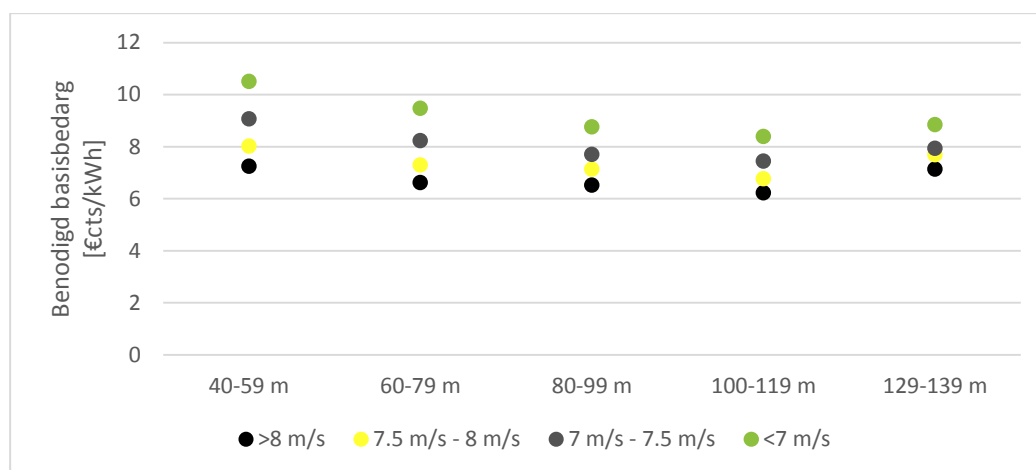
Figuur 3: Investeringskosten per ashoogte gebaseerd op een ruime selectie van windturbines zoals gebruikt voor de bepaling van de basisbedragen



138
139

Figuur 4: Benodigde basisbedragen per ashoogte gebaseerd op een ruime selectie van windturbines zoals gebruikt voor de bepaling van de basisbedragen

142



143
144

Gevolgen

146 Bovenstaande grafiek van benodigde basisbedragen laat zien, dat as- en tiphoogterestricties waarbij
147 de ashoogtes lager moeten zijn dan 60 meter, leiden tot het plaatsen van windturbines met een hoger
148 benodigd basisbedrag. Vanuit de markt wordt gesignaleerd dat de kleinschaligere windturbines
149 bedrijfseconomisch niet rendabel zijn met de SDE+ bedragen zoals voorgesteld voor 2017.

150

151 In de eerdergenoemde brief van de Minister wordt aangegeven dat er een goede balans moet worden
152 gevonden tussen kosteneffectiviteit van de stimulering van windenergie en de ruimtelijke inpassing.

153 Om die reden is het mogelijk dat decentrale overheden en regionale en lokale maatschappelijke

154 partijen, en gelijktijdig op rijksniveau – via financiële, inhoudelijke en ruimtelijke kaderstelling –
 155 sturen op oplossingen die op bovenregionale of nationale schaal beter of efficiënter zijn.
 156
 157 Meerdere redenen kunnen echter meewegen om toch de kleinschalige windturbines extra te
 158 ondersteunen. Het aantal locaties voor de grote windturbines is om verschillende redenen beperkt;
 159 gezien de restricties voor as- en tiphoogte biedt de kleinere windturbine een mogelijkheid om toch
 160 oudere windturbines te vervangen. Ook gezien afstanden voor externe veiligheid kan een windturbine
 161 met kleinere mast en rotor wellicht wel, en een grotere niet worden ingepast.
 162
 163 Een ander voordeel van kleinere, solitaire windturbines is dat de benodigde totale investeringskosten
 164 lager zijn dan het investeringsbedrag dat nodig is voor het plaatsen van een grote turbine. De
 165 doelgroep voor deze solitaire windturbines betreft veelal landbouwbedrijven, en daarvoor sluit een
 166 investering van rond een miljoen euro (voor een windturbine van 900 kW) beter aan bij de
 167 bedrijfsomvang dan een investering die ruim driemaal zo hoog is (voor een windturbine van 3 MW).
 168
 169 Zo lijkt het vanuit de inzet van middelen voor de energietransitie en vanuit ruimtelijke inplanning een
 170 overweging waard om kleinschalige windturbines te steunen, ook met een hoger subsidiebedrag.
 171
 172 Een nadeel van een aparte tariefstelling om plaatsing van kleinschalige windturbines mogelijk te
 173 maken is dat er wellicht minder opbrengst behaald wordt uit een locatie. Tevens dient er rekening
 174 gehouden te worden dat deze kleinschalige windturbines om het moment, door de druk op grotere
 175 windturbines, een nichemarkt vormen en er minder aanbieders zijn van zulke kleine windturbines. Er
 176 zal dus gekeken moeten worden of er wel genoeg concurrentie blijft voor een goede prijs.
 177
 178 Bij het ondersteunen binnen de SDE+ van kleinschalige windturbines met een hoger basisbedrag
 179 moeten duidelijke criteria worden gesteld om deze categorie te koppelen aan hoogtebeperkte locaties
 180 en niet aan de vermogensrange van de turbine, alsmede de redenering achter de hoogtebeperking.
 181 Er kan hierbij kritisch naar de bouwhoogtebeperking gekeken worden: kunnen er niet *toch* grotere
 182 windturbines worden ingepast met een hogere opbrengst en lagere benodigde subsidie?
 183 Op basis van statistische gegevens⁷ is te zien dat de gemiddelde turbinegrootte sterk verschilt over de
 184 provincies, zie **Tabel 2**. De gemiddelde turbinegrootte is berekend op basis van het gehele turbinepark
 185 zoals dat aan het eind van een jaar gerapporteerd wordt (het betreft dus niet alleen de nieuw
 186 geplaatste turbines). Opvallend is dat sommige provincies een lage gemiddelde waarde tonen die
 187 bovendien nauwelijks lijkt toe te nemen. De 'overige' provincies laten juist een hoge gemiddelde
 188 waarde per turbine zien.

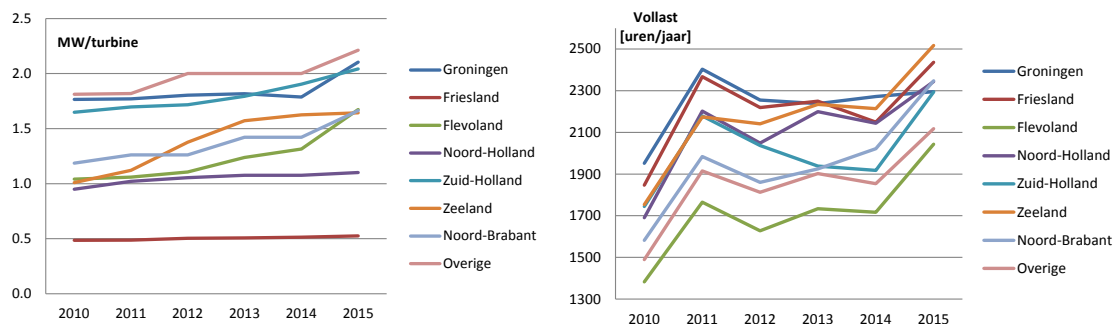
189 **Tabel 2:** Statistische gegevens (CBS) over windenergie in provincies: berekende park-gemiddelde turbinegrootte en
 190 vollasturen

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	Gemiddeld
Vermogen [MW/turbine]	Groningen	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	2.1	1.8
	Friesland	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Flevoland	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.7	1.2

⁷ Bron: CBS, <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=70960NED&D1=0,3,6,9,12&D2=1-8&D3=20-25&HDR=T,G1&STB=G2&VW=T> (maart 2017).

	Noord-Holland	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0
	Zuid-Holland	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0	1.8
	Zeeland	1.0	1.1	1.4	1.6	1.6	1.6	1.4
	Noord-Brabant	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.7	1.4
	Overige	1.8	1.8	2.0	2.0	2.0	2.2	2.0
Vollasturen [uren/jaar]	Groningen	1952	2403	2255	2238	2272	2295	2236
	Friesland	1847	2367	2219	2250	2149	2436	2211
	Flevoland	1383	1765	1628	1734	1717	2043	1712
	Noord-Holland	1691	2202	2049	2199	2144	2344	2105
	Zuid-Holland	1744	2179	2037	1938	1918	2294	2018
	Zeeland	1753	2174	2141	2234	2214	2517	2172
	Noord-Brabant	1582	1984	1860	1925	2022	2347	1953
	Overige	1490	1915	1813	1902	1854	2118	1849

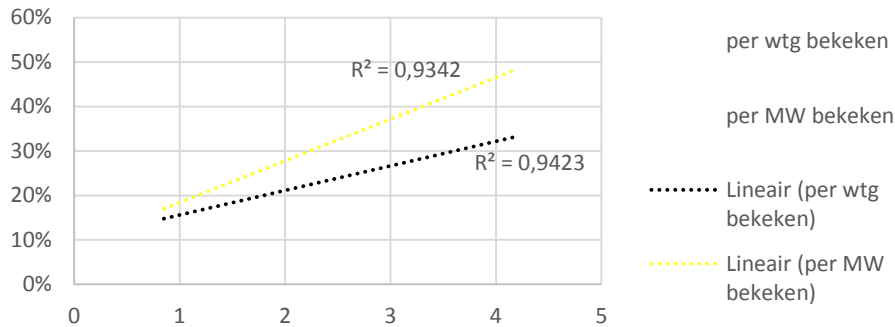
191 **Figuur 5:** Grafische weergave van de gegevens over windenergie in provincies zoals gerapporteerd in **Tabel 2**
 192 (berekende park-gemiddelde turbinegrootte en vollasturen)



193 **Meerkosten t.o.v windturbinekosten in windprojecten**

194 Voor de kleinschalige windturbines van 800 kW tot 1 MW individueel vermogen liggen totale
 195 projectprijzen bij recente SDE+-2016 projecten tussen een kleine 900 €/kW tot ruim 1100 €/kW. De
 196 kosten voor de *Balance of Plant* (BoP), dit betreft alle investeringskosten exclusief de kosten voor de
 197 turbine liggen ongeveer tussen 15% en 20% van de turbinekosten, al is het aantal projecten waar deze
 198 bevinding op gebaseerd is beperkt.

Figuur 6: Meerkosten als percentage van de windturbineprijs, per windturbine en per MW bekeken



200

201 Voor de turbines van meer dan 1 MW liggen de totale projectprijzen tussen 1100 €/kW en 1900 €/kW.
 202 Het ongewogen gemiddelde totale investeringsbedrag bedraagt ongeveer 1500 €/kW. De *balance-of-*
 203 *plant* kosten liggen tussen 25% en 50% van de turbinekosten. Wederom is het aantal projecten waar
 204 dit op gebaseerd is beperkt.

205

206

207 In deze korte analyse zijn slechts drie projecten met kleinschalige windturbines meegenomen, en drie
 208 projecten met grootschalige windturbines. Er is op deze gelimiteerde basis een samenhang te zien van
 209 sneller stijgende relatieve meerkosten voor windprojecten met grootschalige windturbines. Het is de
 210 vraag of de aanpak van de meerkosten verandering vraagt; momenteel zijn de meerkosten gebaseerd
 211 op 33% van de turbinekosten onafhankelijk van turbinegrootte.

211

212 **Het verschil in kostenstructuur tussen grote en kleine** 213 **windparken**

214

215 In een rapport van CE Delft en ECN⁸ (december 2016) is in samenspraak met enkele marktspelers vast-
 216 gesteld dat de kosten per eenheid opgewekte elektriciteit niet tot nauwelijks verschillen tussen een
 217 kleinschalig en grootschalig windpark. Voordelen bij een grootschalig windpark zijn slechts marginaal
 218 (genoemd wordt een ordegrrootte van maximaal enkele procenten⁹). Van de andere kant is het
 219 aannemelijk dat er bij een groter windpark hogere zogverliezen optreden.

220

221 Voor de SDE+2018 wordt vastgehouden aan de generieke schaalgrootte van 50 MW en wordt er niet
 222 gekeken naar het effect van grotere windparken. Als uit de marktconsultatie aanwijzingen komen om
 223 van dit uitgangspunt af te wijken zullen ECN en DNV GL dit meenemen.

224

⁸ MKEA zon-PV en wind op land, G. Warringa et al., CE Delft en ECN, december 2016, <https://www.ecn.nl/publicaties/ECN-O--17-002>.

⁹ Volgens CE Delft en ECN (2016) zijn de kostenvoordelen van een grootschalig windpark gerelateerd aan het feit dat bepaalde kosten (bijvoorbeeld mobilisatie, demobilisatie en kranen) over een grotere hoeveelheid turbines verdeeld kunnen worden. Ook zullen producenten van turbines eerder bereid zijn genoegen te nemen met een lagere marge (waarmee de investeringskosten iets kunnen dalen voor grote parken). De plankosten nemen niet of nauwelijks af met schaalgrootte, omdat de procedures en vergunningverlening navenant complexer worden.

225 **Uitwerking op basisbedragen**

226 Het ministerie van Economische Zaken heeft voor de SDE+ 2017 de volgende algemene
227 uitgangspunten meegegeven voor de categorieën gerelateerd aan windenergie:

- 228 • Winddifferentiatie naar gemeentegrenzen, zoals geïntroduceerd voor de SDE+ 2015;
- 229 • Geen generieke vollasturencap;
- 230 • Wederom 10% verlaging van de grondkosten ten opzichte van het advies ten behoeve van de SDE+
231 2016;
- 232 • Participatiekosten en voorbereidingskosten worden niet meegerekend in de berekening van het
233 basisbedrag.

234

235 De winddifferentiatie is gebaseerd op de windkaart die het KNMI voor de SDE+ heeft gegenereerd in
236 2014¹⁰. Op basis van de windkaart van het KNMI zijn vier windsnelheidscategorieën gedefinieerd voor
237 gemeenten zoals weergegeven in Figuur 7: .

238 **Tabel 3:** Onderverdeling windsnelheidscategorieën voor windenergie

Categorie	Windsnelheid op 100 meter [m/s]
I	≥ 8,0
II	7,5 – 8,0
III	7,0 - 7,5
IV	< 7,0

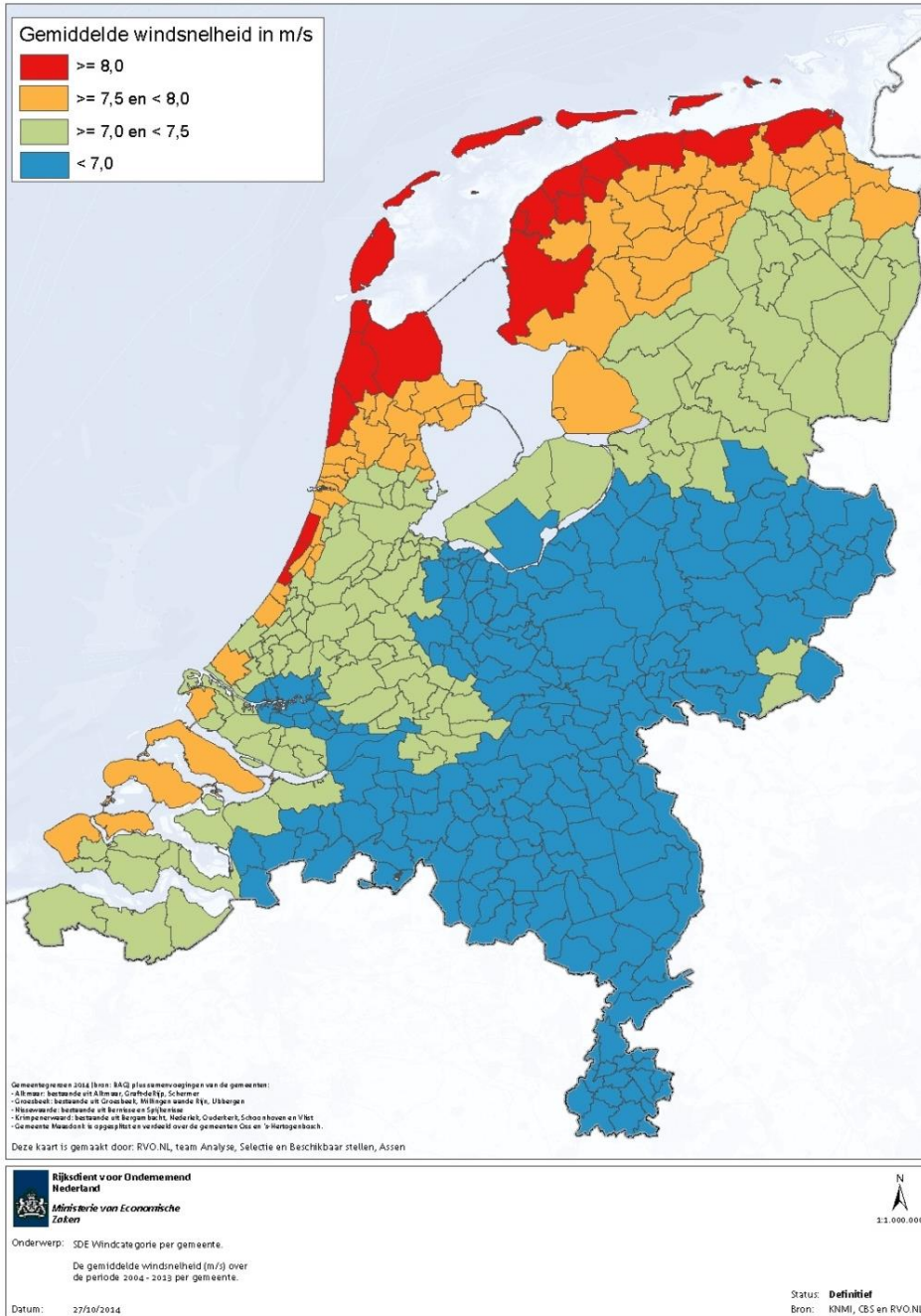
239

240

¹⁰ Geertsema, G.T., H.W. van den Brink (2014): *Windkaart van Nederland op 100 meter hoogte*. TR-351, De Bilt, december 2014.

Figuur 7: Indeling van gemeenten naar windsnelheid

Windsnelheid per gemeente in Nederland



242

243

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

244

245

246 Rekenmethode en aannames

247 Voor de berekeningen van de SDE+ 2017 voor windenergie zijn verschillende uitgangspunten gehan-
 248 teerd en aannames gedaan. De hieruit resulterende technisch-economische parameters staan in Tabel
 249 4. De parameters worden in de onderstaande tekst nader toegelicht.

250 **Tabel 4:** Technisch-economische parameters voor windenergie op land

Parameter	Kosten 2018	Effect t.o.v. basisbedrag SDE+ 2017
Grootte van het referentiepark	50,0 MW	
Investeringskosten	1200 €/kW	- 0,002 €/kWh
Vaste O&M-kosten	12,4 €/kW/a	
Variabele O&M-kosten	0,0127 €/kWh	- 0,001 €/kWh

251 Algemene uitgangspunten

252 Voor de berekeningen voor wind op land wordt evenals vorig jaar voor alle vier de windsnelheids-
 253 categorieën uitgegaan van een gemiddeld windpark van 50 MW. ECN en DNV GL hebben een referen-
 254 tiegrootte berekend die recht doet aan kleinere (15MW) parken en grote RCR-projecten (> 100 MW).

255 Investeringskosten: turbineprijzen en meerkosten

256 Om tot de basisbedragen voor de categorieën voor windenergie op land te komen worden verschil-
 257 lende windturbintypes met bijbehorende investeringen gebruikt (inclusief kosten voor transport,
 258 opbouw en kranen). Ook dit jaar zien ECN en DNV GL weer een daling in de turbineprijzen.

259 Bovenop de turbineprijs komen kosten voor fundering (inclusief heipalen), elektrische infrastructuur
 260 in het park, netaansluiting, civiele infrastructuur, bouwrente en CAR-verzekering tijdens de bouw.
 261 Vanuit de SDE projecten van 2016 lijkt de link gelegd te kunnen worden tussen het vermogen van de
 262 windturbine en de relatieve meerkosten. Dit komt dit jaar uit op een percentage van 33% van de
 263 turbinekosten. De totale investeringskosten komen hiermee uit op een totaalbedrag van 1200 €/kW.

264
 265
 266 Voorgesteld wordt om voor SDE+ 2018 voorlopig vast te houden aan de 33%, maar in de
 267 marktconsultatie te onderzoeken of een andere aanpak de voorkeur heeft.

268 O&M-kosten: variabele en vaste operationele kosten

269 De variabele kosten, behoudens grondkosten, bestaan uit onder meer garantie- en onderhoudscon-
 270 tracten en zijn dit jaar eveneens gedaald. De onderhoudskosten liggen op ongeveer 0,0095 €/kWh.
 271 Turbinefabrikanten bieden de onderhoudscontracten naar keuze ook steeds vaker op basis van een
 272 vaste prijs per turbine aan. Deze prijzen liggen gemiddeld in een range van 20-30 €/kW. Zowel de
 273 variabele als de vaste kosten voor garantie- en onderhoudscontracten zijn turbine-afhankelijk
 274 gemodelleerd.

275
 276 Bovenop de genoemde variabele kosten komen de grondkosten. Sinds de SDE+ 2014 rekenen ECN en
 277 DNV GL op aangeven van EZ met een jaarlijkse verlaging van 10% op de grondkosten. Hierdoor is voor

278 de SDE+ 2018 gerekend met grondkosten die op 0,0029 €/kWh liggen. Hiermee komen de totale varia-
 279 bele O&M-kosten voor deze categorie op 0,0124 €/kWh.

280
 281 De vaste jaarlijkse kosten betreffen kosten voor WA-verzekering, machinebreukverzekering, stilstand-
 282 verzekering, netinstandhoudingskosten, eigenverbruik, OZB, beheer en land- en wegenonderhoud.
 283 ECN en DNV GL hebben gerekend met dezelfde jaarlijkse kosten als in de SDE+ 2017 van 12,3 €/kW.

284 Overige kosten

285 Vorig jaar hebben ECN en DNV GL nader gekeken naar de participatiekosten. Het is de bedoeling dat
 286 met de NWEA-gedragscode, waarin een richtbedrag van 0,4-0,5 €/kWh is opgenomen, participatie-
 287 kosten bij alle projecten een rol gaan spelen. Deze kosten zijn niet meegenomen in het basisbedrag
 288 omdat het ministerie van EZ participatie beschouwt als het mee laten delen in het rendement op de
 289 investering en deze kosten daarmee onderdeel zijn van het rendement op het (eigen) vermogen.

290
 291 Bijkomende kosten van windprojecten, zoals (niet bij wet geregelde) afdrachten aan decentrale over-
 292 heden en kosten ten gevolge van het voorbereidingstraject (inclusief financieringskosten en kosten
 293 ten gevolge van juridische procedures), zijn in de berekening geen onderdeel van de productiekosten.
 294 Deze kosten worden geacht uit het rendement op eigen vermogen terugverdiend te kunnen worden.

295 Baten: opbrengsten turbines

296 Het basisbedrag is tot stand gekomen door bovengenoemde kosten te combineren met de energie-
 297 opbrengst van windturbines. Deze opbrengsten worden in grote mate bepaald door het windaanbod
 298 en de vermogenskromme van de windturbines. De energieopbrengst is voor afzonderlijke turbines
 299 berekend met behulp van de specifieke vermogenskromme per windturbine bij de jaargemiddelde
 300 windsnelheden uit Figuur 7: . In het model wordt de windsnelheid (op een hoogte van 100 meter) uit
 301 de tabel gecorrigeerd voor de daadwerkelijke ashoogte van de betreffende turbine. Daarnaast wordt
 302 in het model alleen gerekend met de turbines die volgens de IEC-classificering ook daadwerkelijk bij
 303 de betreffende windsnelheid geplaatst mogen worden.

304
 305 Evenals vorig jaar hebben ECN en DNV GL gerekend met 13% opbrengstverliezen voor een
 306 referentiepark van 50 MW. Deze verliezen worden onder andere veroorzaakt door zogverliezen, niet-
 307 beschikbaarheid, elektrische verliezen, *turbine performance*, *environmental losses* en *curtailment*.

308 Samenvatting technisch-economische parameters

309 **Tabel 5:** Technisch-economische parameters voor windenergie op land

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2017
Grootte van het referentiepark	[MW]	50,0
Investeringskosten	[€/kW _e]	1200
Vaste O&M-kosten	[€/kW _e /a]	12,3
Variabele O&M-kosten	[€/kWh]	0,0124

310

311 **Informatieverzoeken van ECN en DNV GL**

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

315

316 **Windenergie: levert vervanging van bestaande turbines een andere kostenopbouw op dan**
317 **windturbines op een nieuwe locatie?**

318

319 **Financiering: Op welke manier kan binnen de berekening van de basisbedragen voor de SDE+ het**
320 **beste rekening gehouden worden met projecten waarvan de technische levensduur (van**
321 **onderdelen) langer is dan de subsidielooptijd (zoals zonne-energie, geothermie en windenergie).**

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349 **Disclaimer**

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