



1 **CONCEPTADVIES SDE++ 2021**  
2 **GROOTSCHALIGE**  
3 **WARMTEPOMPEN**

4

5

6

7 **Marc Marsidi, Sander Lensink**

8 **5 mei 2020**

9

10

PBL

11 **Colofon**

12 **Conceptadvies SDE++ 2021 Grootschalige warmtepompen**

13 © PBL Planbureau voor de Leefomgeving

14 Den Haag, 2020

15 PBL-publicatienummer: 4112

16 **Contact**

17 sde@pbl.nl

18 **Auteurs**

19 Marc Marsidi, Sander Lensink

20 **Eindredactie en productie**

21 Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:  
22 Marsidi M. en Lensink S. (2020), Conceptadvies SDE++ 2021 Grootschalige warmtepompen,  
23 Den Haag: PBL.

24 Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische be-  
25 leidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit  
26 van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en eva-  
27 luaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is voor alles beleidsgericht.  
28 Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk ge-  
29 fundeerd.

30

31

32

# Inhoud

33	1	Introductie	4
34	2	Beschrijving technologie	5
35	3	Aanpak basisbedrag parameters	6
36	3.1	Investeringskosten	6
37	3.2	Vaste operationele kosten	6
38	3.3	Variabele operationele kosten	7
39	3.4	Vollasturen	7
40	3.5	Aanname restwaarde	7
41	3.6	Correctiebedrag	7
42	4	Basisbedrag warmtepomp (gesloten systeem)	9
43	5	Basisbedrag warmtepomp (open systeem)	10
44	6	Aandachtspunten	11
45			
46			
47			

# 1 Introductie

48

49

50

51 Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft het PBL gevraagd advies uit  
52 te brengen over de openstelling van de SDE++ (Subsidieregeling voor Duurzame Energie) in  
53 2021. Het PBL heeft voor de zogenoemde verbredingsopties ondersteuning gevraagd van  
54 TNO EnergieTransitie en DNV GL.

55

56 De SDE+ is sinds 2011 het belangrijkste instrument voor de stimulering van de opwekking  
57 van hernieuwbare energie in Nederland. Binnen deze regeling wordt jaarlijks de kostprijs van  
58 hernieuwbare energie van diverse technologieën bepaald, het basisbedrag. Daarnaast zijn  
59 ook het correctiebedrag en de basisprijs belangrijke componenten van de SDE+-regeling.

60

61 In 2020 is de bestaande SDE+-regeling verbreed naar de SDE++. Nieuw hierbij was dat  
62 naast categorieën voor de productie van hernieuwbare energie ook CO<sub>2</sub>-reducerende opties  
63 anders dan hernieuwbare energie in aanmerking komen voor subsidie, de verbredingsopties.  
64 Voor het advies voor de SDE++ 2021 kijkt het PBL naar nieuwe opties om aan de regeling  
65 toe te voegen, terwijl het ook de in 2020 opengestelde opties blijft herijken naar de laatste  
66 marktontwikkelingen.

67

68 Deze notitie bevat het eindadvies met betrekking tot de berekening van het basisbedrag voor  
69 elektrisch gedreven grootschalige warmtepompen.

70

## 71 **Marktconsultatie**

72 Belanghebbenden kunnen schriftelijk een reactie geven op dit conceptadvies en de onderlig-  
73 gende kostenbevindingen. Deze schriftelijke reactie dient uiterlijk 22 mei bij het PBL binnen  
74 te zijn. Mocht een aanvullend gesprek door het PBL gewenst worden, dan zal dit tussen 8  
75 juni en 3 juli worden gehouden.

76

77 Op basis van schriftelijke reacties uit de markt en marktconsultatiegesprekken stelt het PBL  
78 vervolgens het uiteindelijke eindadvies op voor EZK. De minister van EZK besluit uiteindelijk  
79 aan het eind van het jaar over de openstelling van de nieuwe SDE++-regeling, de open te  
80 stellen categorieën en de bijbehorende basisbedragen.

81

82 Nadere informatie is te vinden via de website: [www.pbl.nl/sde](http://www.pbl.nl/sde).

83

84

85

86

## 2 Beschrijving

87

# technologie

88 Dit advies richt zich op de toepassing van elektrisch gedreven grootschalige warmtepompen  
89 voor het opwaarderen van restwarmte. De warmte die uit de warmtepomp komt dient *on-*  
90 *site* gebruikt te worden voor eigen processen.

91

92 Warmtepompen gebruiken energie om warmte van een bron op lage temperatuur op te  
93 waarden naar warmte met een hogere temperatuur. Hierdoor wordt een temperatuurlift  
94 gecreëerd die ervoor zorgt dat de warmte, die anders weggekoeld of geloosd zou worden,  
95 nuttig kan worden ingezet. Door het hergebruik van deze warmte wordt energie bespaard en  
96 CO<sub>2</sub>-emissie vermeden. De efficiëntie van de warmtepomp wordt uitgedrukt als de *Coeffi-*  
97 *cient of Performance (COP)*.

98

99 De algemene functie van de warmtepompcyclus is om de verdampingswarmte van de warm-  
100 tebron op een nuttig temperatuurniveau terug te winnen. Warmtepompen kunnen hierbij  
101 worden verdeeld in open en gesloten systemen. Open systemen maken direct gebruik van de  
102 in het productieproces vrijkomende warmte (vaak waterdamp; ook mechanische damp-  
103 recompressie is hiervan een voorbeeld). In een gesloten systeem wordt gebruik gemaakt van  
104 een tussenmedium om de warmte op te waarden (RVO, 2016).

105

# 3 Aanpak basisbedrag parameters

## 3.1 Investeringskosten

De investeringskosten zijn gebaseerd op de geleverde informatie zoals offertes of projectramingen uit de marktconsultatie van 2019.

In lijn met de uitgangspunten om van het kosteneffectiefste deel van het potentieel uit te gaan, wordt gerekend met gunstige inpassingsomstandigheden en wordt aangenomen dat er voldoende ruimte over is op de huidige elektriciteitsaansluiting.

Zie Tabel 1 voor een overzicht van de meegenomen investeringskosten .

**Tabel 1: Overzicht wel- en niet meegenomen kosten grootschalige warmtepompen**

Kostencategorisering	Kostencomponenten
Meegewogen kosten	Warmtepompsysteem, warmtewisselaars, aanpassingen infrastructuur binnen het hek, civiele werken, afkoppelen huidige warmtevoorziening, pompen, engineering
Niet meegewogen kosten	Onvoorziene kosten

## 3.2 Vaste operationele kosten

### Operationele en onderhoudskosten

De operationele en onderhoudskosten zijn gebaseerd op informatie uit de marktconsultatie.

### Netwerkkosten elektriciteit

De tarieven voor de netwerkkosten<sup>1</sup> voor de referentie-installatie zijn gebaseerd op het gewogen gemiddelde van de tarievenbesluiten voor 2019 van de regionale netbeheerders en Tennet (Tennet, 2019) die horen bij de aansluiting van de site van de referentie-installatie. Deze tarieven zijn vermenigvuldigd met het piekvermogen van de referentie-installatie om de jaarlijkse netwerkkosten te bepalen.

### Vaste kosten elektriciteit

Er zijn geen additionele periodieke aansluitingsvergoedingskosten of additionele kosten voor vastrecht tarief, omdat verondersteld is dat de reeds bestaande aansluitingscapaciteit wordt gebruikt.

<sup>1</sup> Er is geen volumecorrectie toegepast op de nettarieven omdat deze bij het jaarlijks elektriciteitsverbruik van de gekozen referentie-installatie site niet van toepassing zijn. De volumecorrectie nettarieven voor de energie-intensieve industrie is een regeling waarmee industriële afnemers van elektriciteit tot op 90% van de volume mogen corrigeren van het transporttarief die ziet op afgenomen elektriciteit (Staatsblad , 2013).

### 135 3.3 Variabele operationele kosten

136 De variabele operationele kosten worden aangenomen uit enkel de variabele kosten voor  
137 elektriciteit te bestaan. Zie hieronder uitleg van de genomen groothandelsprijs en energiebe-  
138 lastingen.

139

#### 140 **Marktprijs** elektriciteit

141 De gebruikte groothandelsprijs voor elektriciteit in basislast is €0,053 per kWh. Deze groot-  
142 handelsprijs is berekend als het ongewogen gemiddelde van de elektriciteitsprijzen van 2020  
143 tot en met 2034<sup>2</sup> zoals geraamd in de KEV2019<sup>3</sup>.

144

#### 145 **Belastingen elektriciteit**

146 De kosten voor de energiebelasting en ODE zijn gebaseerd op het gemiddelde van de ver-  
147 wachte ontwikkelingen in tarieven tussen 2020 en 2030, en het totaal jaarlijks elektriciteits-  
148 verbruik van de bedrijfssite. Er is aangenomen dat de regeling 'Teruggaaf energie-efficiency'<sup>4</sup>  
149 van toepassing blijft.

### 150 3.4 Vollasturen

151 De bedrijfstijd is gezet op 8000 vollasturen per jaar (volcontinue productie).

### 152 3.5 Aanneem restwaarde

153 De economische levensduur van een warmtepomp is gezet op 12 jaar. Er resteert daarom  
154 geen restwaarde na de 12 jaar subsidieperiode.

### 155 3.6 Correctiebedrag

156 De inkomsten waarvoor het basisbedrag gecorrigeerd dient te worden, het correctiebedrag,  
157 bestaan uit vermeden kosten voor aardgas en eventuele additionele inkomsten gerelateerd  
158 aan CO<sub>2</sub>-emissierechten<sup>5</sup>.

159

#### 160 **Vermeden gasverbruik**

161 Voor het corrigeren voor verminderd gasverbruik wordt de referentie-installatie vergeleken  
162 met een gasgestookte WKK. Het correctiebedrag voor verminderd gasverbruik wordt bere-  
163 kend met:

164

165 Correctiebedrag verminderd gasverbruik [€/kWh<sub>th</sub>] = TTF[LHV] \* 90%.

166

---

<sup>2</sup> De KEV2019-raming loopt van 2020 tot en met 2030. Na 2030 is aangenomen dat de prijzen reëel constant zijn op het niveau van 2030 en nominaal enkel met de inflatie van 1,5%/jaar meestijgen

<sup>3</sup> Dit is een voorlopig groothandelsprijs voor elektriciteit. Deze voorlopige groothandelsprijs zal vervangen worden door een groothandelsprijs berekend op basis van de ongewogen gemiddelde elektriciteitsprijzen zoals volgens de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) van PBL voor 2020 die later dit jaar uitkomt.

<sup>4</sup> Bedrijven kunnen een deel van hun energiebelasting terugvragen als zij meer dan 10 miljoen kWh verbruiken en een meerjarenafpraak met de overheid hebben afgesloten ter verbetering van hun energie-efficiëntie.

<sup>5</sup> Het leveren en gebruiken van warmte uit een warmtepomp kan een effect hebben op de handel in emissierechten (officieel European Emission Allowances [EUA]). Bedrijven binnen het Europees emissiehandelssysteem (EU ETS) zijn verplicht jaarlijks voldoende EUA af te dragen om hun CO<sub>2</sub>-uitstoot te vereffenen (één EUA staat voor het mogen uitstoten van één ton CO<sub>2</sub>); (Nederlandse Emissieautoriteit, 2019). Bedrijven binnen de EU ETS kunnen deze EUA kopen op de European Energy Exchange (EEX) of deze gratis gealloceerd krijgen en kunnen deze onderling verhandelen.

167  
168  
169  
170  
171  
172  
173  
174  
175  
176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186

## **CO<sub>2</sub>-emissierechten**

Het gebruiken van grootschalige warmtepompen kan een effect hebben op de handel in emissierechten (officieel *European Emission Allowances* [EUA]). Jaarlijks wordt voor de waarde van de emissierechten gecorrigeerd. De hoogte van dit correctiebedrag dient per aanvraag beoordeeld te worden, vanwege de verschillende mogelijke interacties met gratis gealloceerde emissierechten. Het maximale bedrag waarvoor gecorrigeerd dient te worden per geproduceerde eenheid warmte wordt als volgt berekend:

$$\text{Correctiebedrag EUA [€/kWh}_{\text{th}}] = \text{CO}_2\text{-prijs [€/t CO}_2] * \text{Emissiefactor}_{\text{warmwater}} [\text{tCO}_2/\text{kWh}_{\text{th}}]$$

waarbij

- CO<sub>2</sub>-prijs = de ongewogen gemiddelde marktprijs van EEX-EUA;
- Emissiefactor<sub>warmwater</sub> = de emissiefactor van warmwaterproductie op basis van een gasketel met terugwinning van condensatiewarmte. Deze is: [56,4 (kgCO<sub>2</sub>/GJ) \* 3,6 (GJ/MWh) /1000(kWh/MWh)] /100% = 0,203 kgCO<sub>2</sub>/kWh<sub>th</sub>.



# 4 Basisbedrag warmtepomp (gesloten systeem)

Voor de categorie warmtepomp (gesloten systeem) is als referentie-installatie een 571 kW<sub>e</sub> (2 MW<sub>th</sub>)-compressie warmtepomp gekozen met een COP van 3,5. De warmtepomp gebruikt als bron restwarmte (30°C-warmte na overdracht via warmtewisselaar) die voorheen werd weggekoeld op de buitenlucht of het oppervlaktewater. De warmtepomp heeft een leverings-temperatuur van 80 °C. De bedrijfssite heeft een Trafo HS+TS/MS aansluiting. Er is aangenomen dat er voldoende ruimte op deze aansluiting over is voor de warmtepomp. De warmtepomp wordt als basislast ingezet. De elektriciteitskosten (inclusief belastingen) zijn €0,053 per kWh<sub>e</sub> (€0,015 per kWh<sub>th</sub>).

Voor het bepalen van het basisbedrag is een referentie-installatie gedefinieerd. De SDE++ subsidie is echter ook geldig voor warmtepompen van andere vermogens (minimale output-vermogen van 500 kW<sub>th</sub>), bron- en leveringstemperaturen en COP-waarden.

**Tabel 2: Technisch-economische parameters gesloten systeem elektrisch gedreven warmtepomp**

Parameter	Eenheid	Waarde
Input vermogen	kW <sub>e</sub>	571
Output vermogen	kW <sub>th</sub>	2000
Vollasturen warmteafzet	Uren/jaar	8000
Investeringskosten	€/kW <sub>th</sub>	1140
Vaste O&M-kosten	€/kW <sub>th</sub> /jaar	26
Variabele O&M-kosten	€/kWh <sub>th</sub>	0,015

**Tabel 3: Overzicht subsidieparameters gesloten systeem elektrische gedreven warmtepomp**

Parameter	Eenheid	Waarde
Basisbedrag SDE++	€/kWh <sub>th</sub>	0,038
Looptijd subsidie	Jaar	12
Voorlopig correctiebedrag gasverbruik	€/kWh <sub>th</sub>	TTF[LHV] * 90%
Voorlopige correctiebedrag CO <sub>2</sub> -prijs	€/tCO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> -prijs [€/t CO <sub>2</sub> ] * Emissiefactor <sub>warmwater</sub> [tCO <sub>2</sub> /kWh <sub>th</sub> ]

# 5 Basisbedrag warmtepomp (open systeem)

Voor de categorie warmtepomp (open systeem) is als referentie-installatie een 714 kW<sub>e</sub> (5 MW<sub>th</sub>)-dampcompressie warmtepomp gekozen met een COP van 7. De warmtepomp gebruikt als bron restwarmte van 2,5 barg (138 °C) die wordt opgewaardeerd naar warmte van 10 barg (184 °C). De bedrijfssite heeft een Trafo HS+TS/MS aansluiting. Er is aangenomen dat er voldoende ruimte op deze aansluiting over is voor de warmtepomp. De warmtepomp wordt als basislast ingezet. De elektriciteitskosten (inclusief belastingen) zijn €0,053 per kWh<sub>e</sub> (€0,008 per kWh<sub>th</sub>).

Voor het bepalen van het basisbedrag is een referentie-installatie gedefinieerd. De SDE++ subsidie is echter ook geldig voor warmtepompen van andere vermogens (minimale outputvermogen van 500 kW<sub>th</sub>), bron- en leveringstemperaturen en COP-waarden.

**Tabel 4: Technisch-economische parameters open systeem elektrisch gedreven warmtepomp**

Parameter	Eenheid	Waarde
Input vermogen	kW <sub>e</sub>	714
Output vermogen	kW <sub>th</sub>	5000
Vollasturen warmteafzet	Uren/jaar	8000
Investeringskosten	€/kW <sub>th</sub>	1602
Vaste O&M-kosten	€/kW <sub>th</sub> /jaar	18
Variabele O&M-kosten	€/kWh <sub>th</sub>	0,008

**Tabel 5: Overzicht subsidieparameters open systeem elektrisch gedreven warmtepomp**

Parameter	Eenheid	Waarde
Basisbedrag SDE++	€/kWh <sub>th</sub>	0,037
Looptijd subsidie	Jaar	12
Voorlopig correctiebedrag gasverbruik	€/kWh <sub>th</sub>	TTF[LHV] * 90%
Voorlopige correctiebedrag CO <sub>2</sub> -prijs	€/tCO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> -prijs [€/t CO <sub>2</sub> ] * Emissiefactor <sub>warm water</sub> [tCO <sub>2</sub> /kWh <sub>th</sub> ]

# 6 Aandachtspunten

## 235 **Mogelijke variaties in COP bij warmtepompprojecten**

236 De gekozen referentie-installaties gaan uit van een COP van 3,5 voor gesloten systemen en  
237 een COP van 7 voor open systemen. Deze COP's zijn gekozen op basis van een aanname  
238 voor de temperatuur van de restwarmtebron en de temperatuur van de geleverde warmte  
239 aan het productieproces. De industriële sector is echter zeer divers in warmtestromen en  
240 productieprocessen en de daaraan gekoppelde temperaturen. Het is daarom mogelijk dat be-  
241 paalde bedrijven een restwarmtebron en procestemperatuur hebben die bij gebruik van een  
242 warmtepomp het mogelijk maken om een veel hogere COP te halen dan de voorziene 3,5  
243 (gesloten systemen) en 7 (open system). Voor zulke projecten zouden de daadwerkelijke  
244 kosten lager uitvallen dan het berekende basisbedrag en zou er sprake zijn van oversubsidi-  
245 ering.

246

247 Mogelijke manieren om de kans op oversubsidiëring te verminderen zijn: 1) het creëren van  
248 additionele categorieën voor warmtepompen waarbij rekening worden gehouden met vari-  
249 erende temperatuurliften (en daarmee variërende COP's) bij het berekenen van het basisbe-  
250 drag, 2) het vastleggen van een minimale temperatuurlift (of maximale COP) voor  
251 warmtepompprojecten of 3) het vaststellen van een basisbedrag per project waarbij de COP  
252 van het project wordt vastgesteld met behulp van een formule.

253

254 PBL vraagt aan de markt hun mening te geven over de genoemde mogelijkheden om over-  
255 subsidiëring tegen te gaan. Is het nodig om meer rekening te houden met de mogelijke vari-  
256 atie aan COP's in het basisbedrag? En hoe zou een eis in de SDE++-regeling voor een  
257 minimale COP of een maximale COP doorwerken in opzet en exploitatie van een warmte-  
258 pompproject?

# 259 Literatuur

- 260 EC. (2019). *On the Free Allocation Rules for the EU ETS post-2020*.
- 261 Nederlandse Emissieautoriteit. (2019). *Verplichtingen ETS*. Opgehaald van emissieautoriteit:  
262 <https://www.emissieautoriteit.nl/onderwerpen/verplichtingen-ets>
- 263 RVO. (2016). *Industriële warmtepompen*.
- 264 Staatsblad . (2013). *Wet tot wijziging van de Elektriciteitswet*.
- 265 Tennet. (2019). *Tarievenbesluit TenneT 2019*.
- 266
- 267