



1 **CONCEPTADVIES SDE++ 2022**
2 **GROOTSCHALIGE**
3 **WARMTEPOMPEN**

4

5

6

7 **Marc Marsidi, Dick van Dam, Sander Lensink**

8 **22 april 2021**

9

10

PBL

11 **Colofon**

12

13 **Conceptadvies SDE++ 2022 Grootschalige warmtepompen**

14 © PBL Planbureau voor de Leefomgeving

15 Den Haag, 202121

16

17 PBL-publicatienummer: 4388

18

19 **Contact**

20 sde@pbl.nl

21

22 **Auteurs**

23 Marc Marsidi, Dick van Dam, Sander Lensink

24

25 **Eindredactie en productie**

26

27 Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:

28 Marc Marsidi, Dick van Dam en Sander Lensink (2021), Conceptadvies SDE++ 2022 Groot-

29 schalige warmtepompen, Den Haag: PBL.

30

31 Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische be-
32 leidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit

33 van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en eva-
34 luaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is voor alles beleidsgericht.

35 Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk ge-
36 fundeerd.

37

38

Inhoud

40	1	Introductie	4
41	2	Beschrijving technologie	5
42	3	Aanpak basisbedrag parameters	6
43	3.1	Investeringskosten	6
44	3.2	Vaste operationele kosten	7
45	3.3	Variabele operationele kosten	7
46	3.4	Vollasturen	8
47	3.5	Aanname restwaarde	8
48	3.6	Correctiebedrag	8
49	3.7	Financiële parameters	9
50	4	Basisbedrag warmtepomp (gesloten systeem)	10
51	5	Basisbedrag warmtepomp (open systeem)	12
52	6	Uitvragen	14
53			
54			
55			

1 Introductie

56

57 Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft PBL gevraagd advies uit bren-
58 gen over de openstelling van de SDE++ in 2022. Daartoe brengt PBL advies uit over basis-
59 bedragen, correctiebedragen, basisenergieprijzen en financieel-economische parameters die
60 hiermee samenhangen. PBL heeft hiervoor ondersteuning gekregen van TNO en DNV.

61

62 Deze notitie bevat het conceptadvies met betrekking tot de berekening van het basisbedrag
63 voor elektrisch gedreven grootschalige warmtepompen.

64

65 **Marktconsultatie**

66 Belanghebbenden kunnen schriftelijk een reactie geven op dit conceptadvies en de onderlig-
67 gende kostenbevindingen. Deze schriftelijke reactie dient uiterlijk 21 mei bij het PBL binnen
68 te zijn. Mocht een aanvullend gesprek door het PBL gewenst worden, dan zal dit tussen 7
69 juni en 2 juli worden gehouden.

70

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

75

76 Nadere informatie is te vinden via de website: www.pbl.nl/sde.

77

78

79

80 2 Beschrijving

81 technologie

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

85
86 Warmtepompen gebruiken energie om warmte van een bron op lage temperatuur op te
87 waarden naar warmte met een hogere temperatuur. Hierdoor wordt een temperatuurlift
88 gecreëerd die ervoor zorgt dat de warmte, die anders weggekoeld of geloosd zou worden,
89 nuttig kan worden ingezet. Door het hergebruik van deze warmte wordt energie bespaard en
90 CO₂-emissie vermeden. De efficiëntie van de warmtepomp wordt uitgedrukt als de *Coeffi-*
91 *cient of Performance* (COP).

92
93 De algemene functie van de warmtepompcyclus is om de warmte van de warmtebron op een
94 nuttig temperatuurniveau terug te winnen. Warmtepompen kunnen hierbij worden verdeeld
95 in open en gesloten systemen. Open systemen maken direct gebruik van de in het productie-
96 proces vrijkomende warmte (vaak waterdamp; ook mechanische dampcompressie is hier-
97 van een voorbeeld). In een gesloten systeem wordt gebruik gemaakt van een tussenmedium
98 om de warmte op te waarden (RVO, 2016).
99

3 Aanpak basisbedrag parameters

3.1 Investeringskosten

De investeringskosten zijn aangepast op basis van informatie uit de ingediende aanvragen voor de regeling SDE++ 2020.

Omdat er kostendata beschikbaar zijn uit ingediende aanvragen voor de SDE++ 2020 regeling, zal er voor de categorie grootschalige *gesloten* warmtepompen niet meer een kosteneffectief project als referentie-installatie worden gebruikt, maar zal een referentie-installatie worden gekozen waarmee het merendeel van de projecten gerealiseerd kan worden. Er wordt daarom niet meer uitgegaan van gunstige inpassingsomstandigheden of van voldoende ruimte op de huidige elektriciteitsaansluiting om de warmtepomp aan te sluiten.

Voor *open* warmtepompen is er onvoldoende kostendata beschikbaar uit aanvragen om de berekening van het basisbedrag te wijzigen ten opzichte van het eindadvies SDE++ 2021. Voor deze categorie wordt daarom volgens de uitgangspunten uitgegaan van een kosteneffectief project. Er wordt gerekend met gunstige inpassingsomstandigheden en er wordt aangenomen dat er voldoende ruimte over is op de huidige aansluiting.

Tabel 3-1 geeft een overzicht van de meegenomen investeringskosten .

Tabel 3-1. 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.
	Voor <i>gesloten warmtepompen</i> worden ook meegenomen: kosten voor aanpassingen infrastructuur buiten het hek
Niet meegewogen kosten	Afsluitprovisies, participatiekosten en voorbereidingskosten (bijvoorbeeld kosten geologisch onderzoek, haalbaarheidsstudies of vergunningen).

126 3.2 Vaste operationele kosten

127 **Operationele en onderhoudskosten**

128 Hetzelfde percentage van de investeringskosten voor operationele en onderhoudskosten als
129 in het voorgaande eindadvies SDE++ 2021 is aangehouden (4% voor gesloten warmtepom-
130 pen en 2% voor open warmtepompen).

131

132 **Netwerkkosten elektriciteit**

133 De tarieven voor de netwerkkosten¹ voor de referentie-installatie zijn gebaseerd op het ge-
134 wogen gemiddelde van de tarievenbesluiten voor 2020 van de regionale netbeheerders en
135 TenneT die horen bij de aansluiting van de site van de referentie-installatie. De tarieven zijn
136 verhoogd met 18% voor de EHS-aansluitingen (extra-hoogspanningsnet) en 8% voor de
137 overige aansluitingen, om de verwachte verhoging van de transporttarieven in de jaren na
138 2020 mee te nemen.² Deze tarieven (voor de gekozen referentie-installaties 1,78
139 EUR/maand/kW_e voor kW contract en 2,22 EUR/maand/kW_e voor kW max) zijn vermenigvul-
140 digd met het piekvermogen van de referentie-installatie om de jaarlijkse netwerkkosten te
141 bepalen.

142

143 **Vaste kosten elektriciteit**

144 De additionele periodieke aansluitingsvergoedingskosten of additionele kosten voor vast-
145 rechtstarief zijn gebaseerd op het gewogen gemiddelde uit de tarievenbesluiten van de regio-
146 nale netbeheerders en TenneT voor 2020.

147

148 3.3 Variabele operationele kosten

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

152

153 **Marktprijs elektriciteit**

154 De gebruikte groothandelsprijs voor elektriciteit bij basislast is 0,0449 euro/kWh. Deze
155 groothandelsprijs is berekend als het ongewogen gemiddelde van de elektriciteitsprijzen van
156 2021 tot en met 2030 zoals geraamd in de KEV 2020³.

157

158 **Belastingen elektriciteit**

159 De kosten voor de energiebelasting en ODE zijn gebaseerd op het gemiddelde van de ver-
160 wachte ontwikkelingen in tarieven tussen 2020 en 2030, en het totale jaarlijkse elektriciteits-
161 verbruik van de bedrijfssite. Net als bij het eindadvies SDE++ 2021 is aangenomen dat de
162 regeling 'Teruggaaf energie-efficiency'⁴ niet meer van toepassing is, vanwege het eindigen
163 van deze regeling eind 2020.

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

² In overleg met TenneT bepaald.

³ In het eindadvies worden de elektriciteitsprijzen aangepast aan de hand van de KEV2021.

⁴ Bedrijven kunnen binnen deze regeling een deel van hun energiebelasting terugvragen als zij meer dan 10 miljoen kWh per jaar verbruiken en een meerjarenafspraak met de overheid hebben afgesloten ter verbetering van hun energie-efficiëntie.

164 3.4 Vollasturen

165 Er zijn aparte subcategorieën opgesteld per bedrijfstijd:

- 166 • 3000 vollasturen per jaar (seizoensgebonden productie);
- 167 • 5000 vollasturen per jaar (doordeweekse productie);
- 168 • 8000 vollasturen per jaar (volcontinue productie).

169

170 Uit de analyse van de ingediende aanvragen voor gesloten warmtepompen van de SDE++
171 2020 is gebleken dat het grootste deel van de aanvragen valt binnen de categorie 8000 vol-
172 lasturen per jaar en een kleiner deel binnen de categorieën 5000 vollasturen per jaar en
173 3000 vollasturen per jaar. Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat het opnemen in de re-
174 geling van gedifferentieerde vollasturen voor warmtepompen niet nodig is.

175 3.5 Aannee restwaarde

176 De economische levensduur van een warmtepomp is gezet op 12 jaar. Er is daarom geen
177 sprake van restwaarde na de 12 jaar subsidieperiode⁵.

178 3.6 Correctiebedrag

179 De inkomsten waarvoor het basisbedrag gecorrigeerd dient te worden, het correctiebedrag,
180 bestaan uit vermeden kosten voor aardgas en eventuele additionele inkomsten gerelateerd
181 aan CO₂-emissierechten⁶.

182

183 **Vermeden gasverbruik**

184 Voor het corrigeren voor verminderd gasverbruik wordt de referentie-installatie vergeleken
185 met een gasgestookte WKK. Het correctiebedrag voor verminderd gasverbruik wordt bere-
186 kend met:

187

188 Correctiebedrag verminderd gasverbruik [€/kWh_{th}] = TTF⁷[LHV] * 90%.

189

190

191 **CO₂-emissierechten**

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

198

199 Correctiebedrag EUA [€/kWh_{th}] = CO₂-prijs [€/t CO₂] * Emissiefactor_{warmte}[tCO₂/kWh_{th}]

200

201 waarbij

⁵ De 12 jaar economische levensduur is gebaseerd op gesprekken tijdens de marktconsultatie van de SDE++ 2020. Er zijn geen overtuigende aanwijzingen geweest tijdens de marktconsultatie van de SDE++ 2021 om de levensduur te wijzigen.

⁶ 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 CO₂-uitstoot te vereffenen (één EUA staat voor het mogen uitstoten van één ton CO₂); (Nederlandse Emissieautoriteit, 2019). Bedrijven binnen het EU ETS kunnen deze EUA kopen op de European Energy Exchange (EEX) of deze gratis gealloceerd krijgen en kunnen deze onderling verhandelen.

⁷ Title Transfer Facility

- 202 - CO₂-prijs = de ongewogen gemiddelde marktprijs van EEX-EUA;
203 - Emissiefactor_{warmte} = de emissiefactor van warmteproductie op basis van een gas-
204 ketel zonder terugwinning van condensatiewarmte. Deze is: [56,4 (kgCO₂/GJ) *
205 3,6 (GJ/MWh) /1000(kWh/MWh)] /90% = 0,226 kgCO₂/kWh_{th}.
206

207 3.7 Financiële parameters

208
209 De gebruikte financiële parameters voor de berekening van het basisbedrag worden gegeven
210 in Tabel 3-2.

211
212 **Tabel 3-2. Financiële parameters**

Parameter	Waarde
Inflatie	1,5%
Rente lening	2,5%
Vereiste return on equity	15,0%
Equity share in investering	30%
Debt share in investering	70%
Vennootschapsbelasting	25%

213
214
215
216

4 Basisbedrag warmtepomp (gesloten systeem)

Voor de categorie warmtepomp (gesloten systeem) is als referentie-installatie een 343 kW_e (1,2 MW_{th})-compressiewarmtepomp 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 leveringstemperatuur van 80 °C. De bedrijfssite heeft een Trafo HS+TS/MS-aansluiting. Voor de installatie van de warmtepomp zijn aanpassingen nodig aan de infrastructuur binnen en buiten het hek. De warmtepomp wordt als basislast ingezet. De elektriciteitskosten (inclusief belastingen) zijn 0,0131 euro/kWh_{th}.

Voor het bepalen van het basisbedrag is een referentie-installatie gedefinieerd. De SDE++-subsidie is echter ook geldig voor warmtepompen van andere vermogens (wel met een minimaal vereist outputvermogen van 500 kW_{th}), bron- en leveringstemperaturen en COP-waarden.

Tabel 4-1. Technisch-economische parameters gesloten systeem elektrisch gedreven warmtepomp

Parameter	Eenheid	Waarde
Inputvermogen	kW _e	343
Outputvermogen	kW _{th}	1200
Vollasturen warmteafzet	Uren/jaar	8000
Investeringskosten	€/kW _{th}	976
Vaste O&M-kosten	€/kW _{th} /jaar	37,4
Variabele O&M-kosten	€/kWh _{th}	0,0131

Tabel 4-2. Overzicht subsidieparameters gesloten systeem elektrische gedreven warmtepomp

Parameter	Eenheid	Waarde
Basisbedrag SDE++	€/kWh _{th}	0,0351
Looptijd subsidie	Jaar	12
Voorlopig correctiebedrag gasverbruik	€/kWh _{th}	TTF[LHV] * 90%
Voorlopige correctiebedrag CO ₂ -prijs	€/tCO ₂	CO ₂ -prijs [€/t CO ₂] * Emissiefactor _{warmte} [tCO ₂ /kWh _{th}]

De benodigde subsidie voor de productie van hernieuwbare warmte is afhankelijk van de hoeveelheid geleverde warmte. Het basisbedrag is hiervoor berekend voor een specifiek

242 aantal vollasturen (8000 uren). Dit aantal vollasturen is echter niet voor alle projecten haal-
243 baar. Daarom wordt hieronder een voorstel voor een subcategorisering getoond op basis van
244 vollasturen.

245

246 Tabel 4-3 geeft een overzicht van de technisch-economische parameters en berekende basis-
247 bedragen bij verschillende vollasturen.

248

249 **Tabel 4-3. Technisch-economische parameters en basisbedragen elektrisch gedre-**
250 **ven warmtepomp (gesloten systeem)**

Vollasturen	Basisbedrag [€/kWh _{th}]	Investerings- kosten [€/kW _{th}]	O&M-kosten vast [€/kW _{th} /jaar]	O&M-kosten varia- bel [€/kWh _{th}]
3000	0,0704	976	37,4	0,0131
5000	0,0478	976	37,4	0,0131
8000 (ref)	0,0351	976	37,4	0,0131

251

252

253 5 Basisbedrag

254 warmtepomp (open

255 systeem)

256
257 Voor de categorie warmtepomp (open systeem) is als referentie-installatie een 714 kW_e (5
258 MW_{th})-damprecompressiewarmtepomp gekozen met een COP van 7. De warmtepomp ge-
259 bruikt als bron restwarmte van 2,5 barg (138 °C) die wordt opgewaardeerd naar warmte van
260 10 barg (184 °C). De bedrijfssite heeft een Trafo HS+TS/MS-aansluiting. Er is aangenomen
261 dat er voldoende ruimte op deze aansluiting over is voor de warmtepomp. De warmtepomp
262 wordt als basislast ingezet. De elektriciteitskosten (inclusief belastingen) zijn 0,0066
263 euro/kWh_{th}.

264
265 Voor het bepalen van het basisbedrag is een referentie-installatie gedefinieerd. De SDE++-
266 subsidie is echter ook geldig voor warmtepompen van andere vermogens (minimaal output-
267 vermogen van 500 kW_{th}), bron- en leveringstemperaturen en COP-waarden. Een maximale
268 COP van 12 wordt geadviseerd voor open warmtepompsystemen, omdat bij een hogere COP
269 dan 12 het systeem zonder subsidie ook rendabel is (onder de gehanteerde aannames).

270
271 Door een kleine aanpassing aan de aannames voor de vaste O&M kosten valt het basisbe-
272 drag iets hoger uit dan in het SDE++ eindadvies 2021.

273
274
275

276 **Tabel 5-1. Technisch-economische parameters open systeem elektrisch gedreven**
 277 **warmtepomp**

Parameter	Eenheid	Waarde
Inputvermogen	kW _e	714
Outputvermogen	kW _{th}	5000
Vollasturen warmteafzet	Uren/jaar	8000
Investeringskosten	€/kW _{th}	1602
Vaste O&M-kosten	€/kW _{th} /jaar	18,4
Variabele O&M-kosten	€/kWh _{th}	0,0066

278 **Tabel 5-2. Overzicht subsidieparameters open systeem elektrisch gedreven warm-**
 279 **tepomp**
 280

Parameter	Eenheid	Waarde
Basisbedrag SDE++	€/kWh _{th}	0,0361
Looptijd subsidie	Jaar	12
Voorlopig correctiebedrag gas- verbruik	€/kWh _{th}	TTF[LHV] * 90%
Voorlopige correctiebedrag CO ₂ -prijs	€/tCO ₂	CO ₂ -prijs [€/t CO ₂] * Emissiefactor- warmte[tCO ₂ /kWh _{th}]

281
 282 De benodigde subsidie voor de productie van hernieuwbare warmte is afhankelijk van de
 283 hoeveelheid geleverde warmte. Het basisbedrag is hiervoor berekend voor een specifiek aan-
 284 taal vollasturen (8000 uren). Dit aantal vollasturen is echter niet voor alle projecten haalbaar.
 285 Daarom wordt hieronder een voorstel voor een subcategorisering getoond op basis van vol-
 286 lasturen.

287
 288 Tabel 5-3 geeft een overzicht van technisch-economische parameters en berekende basisbe-
 289 dragen bij verschillende vollasturen.

290
 291 **Tabel 5-3. Technisch-economische parameters en basisbedragen elektrisch**
 292 **gedreven warmtepomp (open systeem)**

Vollasturen	Basisbedrag [€/kWh _{th}]	Investerings- kosten [€/kW _{th}]	O&M-kosten vast [€/kW _{th} /jaar]	O&M-kosten varia- bel [€/kWh _{th}]
3000	0,0845	1602	18,2	0,0066
5000	0,0535	1602	18,2	0,0066
8000 (ref)	0,0361	1602	18,2	0,0066

293
 294

295 Literatuur

296 Nederlandse Emissieautoriteit. (2019). *Verplichtingen ETS*. Retrieved from emissieautoriteit:
297 <https://www.emissieautoriteit.nl/onderwerpen/verplichtingen-ets>

298 RVO. (2016). *Industriële warmtepompen*.

299 Staatsblad . (2013). *Wet tot wijziging van de Elektriciteitswet*.

300

301

302

303 6 Uitvragen

304 • Na hoeveel jaar dienen grote onderdelen (bijvoorbeeld de compressor) vervangen te
305 worden en wat zijn hiervoor de kosten?

306 • Is na enkele jaren bedrijven er sprake van een lagere efficiëntie van de warmte-
307 pompinstallatie (bijvoorbeeld door slijtage)?

308

309