



# CONCEPTADVIES SDE++ 2021 GEOTHERMIE

**Bart in 't Groen (DNV GL), Sjoerd Tolsma (TNO AGE),  
Harmen Mijnlief (TNO AGE), Koen Smekens (TNO EnergieTransitie)**

**6 mei 2020**



PBL

14 **Colofon**

15

16 **Conceptadvies SDE++ 2021 Geothermie**

17

18 © PBL Planbureau voor de Leefomgeving

19

20 Den Haag, 2020

21

22 PBL-publicatienummer: 4110

23

24 **Contact**

25 sde@pbl.nl

26

27 **Auteurs**

28 Bart in't Groen (DNV GL), Sjoerd Tolsma (TNO AGE), Harmen Mijnlief (TNO AGE), Koen  
29 Smekens (TNO EnergieTransitie), Sander Lensink (PBL)

30

31 **Redactie figuren**

32 Beeldredactie PBL

33 **Eindredactie en productie**

34 Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:  
35 in 't Groen B., Tolsma S., Mijnlief H., Smekens K., Lensink S. (2020), Conceptadvies SDE++  
36 2021 Geothermie, Den Haag: PBL.

37

38 Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische  
39 beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de  
40 kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen,  
41 analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is voor alles  
42 beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en  
43 wetenschappelijk gefundeerd.

44

45

# Inhoud

46			
47	<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>4</b>
48	<b>2</b>	<b>Beschrijving referentie-installaties</b>	<b>5</b>
49	2.1	Inleiding	5
50	2.1.1	Invloed warmtepomp	7
51	2.2	Ondiepe geothermie (geen basislast)	8
52	2.3	Ondiepe geothermie (basislast)	12
53	2.4	Diepe geothermie (basislast)	12
54	2.5	Diepe geothermie warmte (geen basislast)	14
55	2.6	Ultradiepe geothermie	15
56	2.7	Diepe geothermie (uitbreiding)	16
57	2.8	Advies basisbedragen	17
58	<b>3</b>	<b>Vragen en overwegingen</b>	<b>18</b>
59	3.1	Projectvermogen gerelateerde overwegingen	18
60	3.2	SDE++-regeling gerelateerde overwegingen	18
61	3.3	Dieptegrens gerelateerde overwegingen	18
62	3.4	SDE++-overwegingen voor 2021 en verder	19
63		<b>Bijlage A Kostenbevindingen</b>	<b>20</b>
64		<b>Bijlage B Geothermie; definities</b>	<b>27</b>
65		Lijst van definities – Geothermie	27
66		Definities - Geothermieproject	27
67		Definities – Vermogen & Energie	29
68		Definities – Energieproductie	31
69		Definities - Economie	32
70		Definities - Diepte en/of stratigrafisch bereik Geothermieprojecten	32
71		<b>Literatuur</b>	<b>34</b>
72			
73			

# 1 Introductie

74

75 Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft aan PBL gevraagd om voor de  
76 categorie geothermie samen met DNV GL en TNO EnergieTransitie, en ondersteund door TNO  
77 Advisory Group for Economic Affairs (TNO AGE), advies uit te brengen over de  
78 subsidiehoogtes voor hernieuwbare energie in 2021.

79

80 Deze notitie bevat het conceptadvies voor geothermie SDE++ 2021 inclusief een actualisatie  
81 van kostenbevindingen in een bijlage. Op basis van schriftelijke reacties uit de markt en  
82 marktconsultatiegesprekken stelt het PBL vervolgens het uiteindelijke eindadvies op voor het  
83 ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK). De minister van EZK besluit uiteindelijk  
84 aan het eind van het jaar over de openstelling van de nieuwe SDE++-regeling, de open te  
85 stellen categorieën en de bijbehorende basisbedragen. Belanghebbenden worden uitgenodigd  
86 om in een open consultatieronde een reactie te geven op het conceptadvies en de  
87 onderliggende kostenbevindingen per categorie.

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

89

90 Het nu voorliggende document geeft naast een conceptadvies over de basisbedragen, ook  
91 een actualisatie van het overzicht van de kosten en andere parameters van geothermie-  
92 projecten.

93

94 Op basis van anonieme informatie van SDE+-aanvragen en met geologische en technische  
95 gegevens van TNO AGE is opnieuw een kostenonderzoek uitgevoerd en zijn de referentie-  
96 installaties en advies basisbedragen bijgewerkt.

97

## 98 **Marktconsultatie**

99 Belanghebbenden kunnen schriftelijk een reactie geven op dit conceptadvies en de  
100 onderliggende kostenbevindingen. Deze schriftelijke reactie dient uiterlijk 22 mei bij het PBL  
101 binnen te zijn. Mocht een aanvullend gesprek door het PBL gewenst worden, dan zal dit  
102 tussen 8 juni en 3 juli worden gehouden.

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

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

# 2 Beschrijving

## referentie-installaties

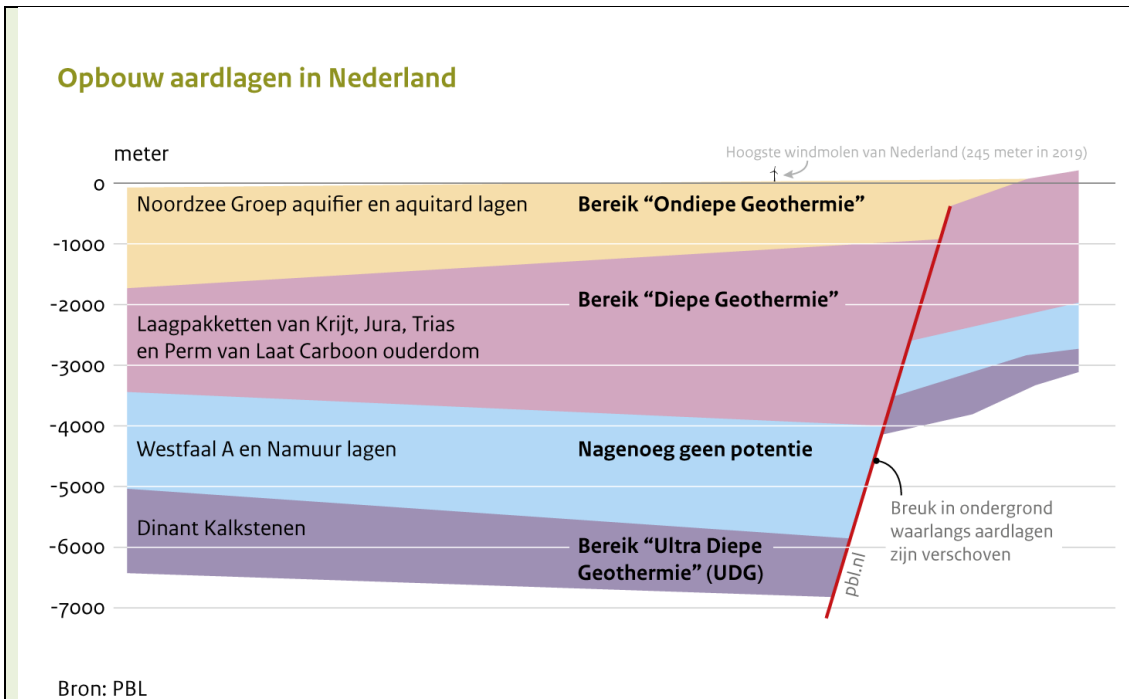
### 2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de bevindingen over de categorieën gerelateerd aan geothermie. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende categorieën:

- Ondiepe geothermie (geen basislast)
- Ondiepe geothermie (basislast)
- Diepe geothermie (basislast)
- Diepe geothermie warmte (geen basislast)
- Ultradiepe geothermie
- Diepe geothermie (uitbreiding)

Voor het winnen van geothermische warmte met ondiepe geothermie uit ongeconsolideerde sedimenten van de Noordzee Groep worden aardlagen vanaf 500 meter aangeboord tot de basis van de Noordzee Groep. Conform de uitgangspunten voor dit SDE++ 2021-advies, volgen wij de wettelijke grens uit de mijnbouwwet van 500 meter. Tevens geven wij ter overweging de dieptegrens voor diepe geothermieprojecten bij te stellen van 500 meter, zoals van toepassing in de SDE+ 2019 naar "vanaf de basis van de Noordzee Groep" voor de SDE++ 2021 (zie ook Tekstblok 1).

De Nederlandse ondergrond bestaat tot een diepte van 0 tot maximaal circa 1800 meter uit de ongeconsolideerde sedimenten van de Noordzee Groep: zand en klei. Op seismiek en in boringen is dit interval (Noordzee Groep) eenduidig te herkennen en te definiëren op nagenoeg elke locatie in Nederland. Ondiepe geothermie wordt in dit SDE++ 2021-advies gedefinieerd als het winnen van aardwarmte uit de formatielagen van deze lithostratigrafische Noordzee Groep. Ook voor diepe en ultradiepe geothermie zijn de definities aangepast naar geologische laagdieptes. Zie ook het onderstaande figuur 2-1, waar een nadere toelichting wordt gegeven over de opbouw van de verschillende aardlagen in Nederland.



**Figuur 2-1 : Schematisch overzicht opbouw aardlagen in Nederland**

- Ondiepe Geothermie**  
 Ondiepe Geothermie wordt in dit SDE+ 2021 advies gedefinieerd als het winnen van aardwarmte uit de formatielagen van de lithostratigrafische Noordzee Groep.
- Diepe Geothermie**  
 Diepe Geothermie wordt gedefinieerd als het winnen van warmte uit laagpakketten dieper dan de basis van de Noordzee Groep en ondieper dan 4000 meter. Vooralnog betreffen dit laagpakketten behorend tot Rijnland, Schieland, Onder Germaanse Trias, Boven Rotliegend Groep en mogelijk gesteentepakketten uit de Chalk, Zechstein en Limburg Groep. Afhankelijk van de locatie in Nederland liggen de laagpakketten typisch voor ultradiepe geothermie (UDG) ook ondieper en vallen zij derhalve in de Diepe Geothermie.
- Ultradiepe Geothermie**  
 Ultradiepe Geothermie wordt gedefinieerd als het winnen van warmte uit laagpakketten die dieper dan 4000 meter liggen. Vooralnog zijn dat gesteente pakketten van Vroeg Carboon (Dinant kalksteen) en Devoon ouderdom.

140  
 141 De huidige SDE+-regeling gaat uit van een bronvermogen gebaseerd op het temperatuur-  
 142 verschil tussen de productie- en de injectieput. Dit verschil wordt mogelijk vergroot door  
 143 verdere uitkoeling middels een warmtepomp of door cascadering.

144

**Tabel 2-1 Overzicht categorieën en de bijhorende componenten met hun inzet**

Categorie	Bron	Pomp <sup>1</sup>	Warmtepomp <sup>2</sup>
Ondiepe geothermie (geen basislast)	Ondiepe aardwarmte	ESP, IP	Ophogen afgiftetemperatuur
Ondiepe geothermie (basislast)	Ondiepe aardwarmte	ESP, IP	Ophogen afgiftetemperatuur
Diepe geothermie (basislast)	Diepe aardwarmte	ESP, IP	Optioneel: dieper uitkoelen
Diepe geothermie warmte (geen basislast)	Diepe aardwarmte	ESP, IP	Optioneel: dieper uitkoelen
Ultradiepe geothermie	Ultra diepe aardwarmte	ESP, IP	Optioneel: dieper uitkoelen
Diepe geothermie (uitbreiding)	Diepe aardwarmte	ESP, IP	Optioneel: dieper uitkoelen

145

### 146 2.1.1 Invloed warmtepomp

147 Een warmtepomp kan voor meerdere doeleinden ingezet worden. Aan de ene kant kan de  
 148 warmtepomp ingezet worden voor het verhogen van de afgiftetemperatuur (dit is bijvoor-  
 149 beeld bij ondiepe geothermie het geval, waar de lagere temperatuur uit de ondiepe geo-  
 150 thermiebron een lift krijgt, zodat deze kan worden ingezet voor verwarming van woningen en  
 151 gebouwen). Hiernaast kan een warmtepomp worden ingezet voor het uitkoelen van  
 152 bijvoorbeeld retourleidingen. Hierbij kan de warmtepomp worden aangesloten op de  
 153 retourleiding ten behoeve van verdere uitkoeling van het injectiewater. Hiermee wordt dan  
 154 een groter temperatuurverschil tussen de productie- en injectieput van het geothermisch  
 155 doublet verkregen, waardoor een groter geothermisch bronvermogen beschikbaar komt.

156 Op basis van beperkte praktijkinformatie lijkt de toename van het bronvermogen door de  
 157 inzet van een warmtepomp voor diepere uitkoeling op te wegen tegen de hogere  
 158 investerings- en operationele kosten. Hierdoor komen de specifieke kosten per kWth ook  
 159 lager te liggen, wat tevens leidt tot een iets lagere productiekosten.

160 Onderstaande tabel geeft weer welke kostenposten wel of niet meegenomen zijn bij de  
 161 bepaling van de specifieke investerings- en vaste operationele kosten en de basisbedragen.

---

<sup>1</sup> Pomp:

- ESP: *Electrical Submersible Pump* / opvoerpomp,
- IP: Injectiepomp;

<sup>2</sup> Warmtepomp:

- Ophogen afgiftetemperatuur: Inzet warmtepomp voor temperatuurlift van de lage temperatuur van de warmtebron tot aan afgiftetemperatuur voor de eindgebruiker;
- Dieper uitkoelen: Warmtepomp kan worden ingezet voor verdere uitkoeling op retour voor injectie

**Tabel 2-2: Wel en niet meegenomen kosten voor geothermie**

Kostenpost	Groep	Details	
Wel meegenomen	Investeringskosten	Boorkosten (incl. materiaal, tests, afvoer afval)	
		Kosten voor pompen (ESP)	
		Kosten voor gas- of olieafvang	
		Kosten voor bovengrondse warmtewisselaars	
		Kosten voor een warmtepomp (voor ondiepe geothermie en optioneel voor diepe geothermie)	
		Kosten voor bovengrondse installatie	
		Kosten voor verzekeringen	
		Aansluiting op transportnet warmte (stelpost)	
		Restwaarde na einde levensduur project (20% van de voor het basisbedrag in aanmerking komende investeringskosten)	
		Operationele kosten	Garantie en onderhoud
			Netbeheer, elektra kosten (inclusief kosten elektra warmtepomp, indien aanwezig)
	Personeelskosten		
	Administratiekosten (stelpost)		
	Opstalvergoeding		
	Monitoringssysteem		
	Verzekeringen		
	Reservedelen		
	Afvoerkosten (voor bijvoorbeeld afval)		
	Onvoorzien		
Niet meegenomen	Investeringskosten	Kosten voor een warmtedistributienet naar de afnemers	
		Kosten voor lokale woning- of gebouwaansluitingen	
		Kosten voor een vervangende warmtevoorziening (ketel, WKK)(back-up)	
		Kosten voorbereidingstraject, inclusief financieringskosten en kosten ten gevolge van juridische procedures	
		Kosten voor geologisch vooronderzoek	
		Kosten voor vergunningen en contracten	
	Operationele kosten	Kosten aankoop CO <sub>2</sub>	
		Onderhoudskosten voor een warmtedistributienet naar de afnemers	

## 163 2.2 Ondiepe geothermie (geen basislast)

164 In lijn met het "eindadvies basisbedragen SDE++ 2020", wordt voorgesteld deze categorie  
165 op te nemen in de SDE++-regeling. Bij ondiepe geothermie (OGT) wordt aardwarmte  
166 onttrokken uit ondiepere formatielagen. In lijn met de meegegeven uitgangspunten voor de  
167 SDE++-regeling 2021, wordt hier ook een dieptegrens vanaf 500 meter, in lijn met de diepte  
168 waarvoor de Mijnbouwwet geldt, aangehouden. De maximale diepte voor deze categorie is  
169 tot de basis van de Noordzee Groep. In vergelijking met diepe geothermieprojecten ligt de  
170 temperatuur van ondiepe geothermieprojecten dan ook lager.  
171



172 Eén absolute dieptebe grenzing voor OGT ligt in de praktijk niet vast, want die is gedefinieerd  
173 als de basis van de Noordzee Groep en deze diepte varieert hiermee over Nederland. De  
174 diepte van de basis van de Noordzee Groep in Nederland is goed bekend. Gezien de aard van  
175 het sediment, ongeconsolideerd/niet gelithificeerd, is het de verwachting dat het merendeel  
176 van de Noordzee Groep-doelaquifers aan te boren zijn met gebruikelijke grondwaterboor-  
177 technieken of met vereenvoudigde olie- en gasboortech niken. Dit vertaalt zich in lagere  
178 boorkosten.

179  
180 De nu voorgestelde grens van 500 meter maakt voldoende onderscheid met het toepassings-  
181 gebied van WKO-systemen. Deze WKO-systemen opereren veelal op dieptes tot 200 meter.  
182 Opslagsystemen (zoals WKO en andere seizoensopslagsystemen) zijn expliciet uitgesloten  
183 onder deze categorie. De productie-temperatuur van ondiepe geothermie ligt tussen de 20  
184 en 55 °C. De temperatuur van het productiewater is hierbij afhankelijk van de diepte van de  
185 bron, maar dient in bijna alle gevallen nog te worden verhoogd middels een warmtepomp.  
186 Dit maakt dat voor deze categorie de warmteafgifte na de warmtepomp leidend is, en niet de  
187 warmteonttrekking uit de bodem. We geven ter overweging mee om bij de uitvoering van de  
188 SDE++-regeling voor deze categorie extra eisen voor de werking van de warmtepomp op te  
189 nemen, zoals een minimum COP zoals ook bij de EIA (Energie Investerings Aftrek-regeling)  
190 gevraagd wordt.

191

192

193 **Tekstblok 2 Hoe de efficiëntie van warmtepompen bij ondiepe geothermie (OGT)**  
194 **in de SDE++ berekeningen meegenomen is.**

#### **Hoe de efficiëntie van warmtepompen bij ondiepe geothermie (OGT) in de SDE++ berekeningen meegenomen is.**

Bij een paar categorieën voor duurzame warmteproductie onder de SDE++ wordt gebruik gemaakt van een warmtepomp om de temperatuur van de warmtebron te verhogen naar een niveau bruikbaar voor de afnemers. Een warmtepomp bestaat doorgaans uit volgende componenten:

- Een verdamper waar een koelmiddel doorheen stroomt die warmte opneemt uit de duurzame warmtebron
- Een compressor die het verwarmde koelmiddel samendrukt
- Een condensor waarin het verwarmde koelmiddel zijn warmte afgeeft aan de nuttige warmtestroom
- Een expansieventiel waarin de druk van het afgekoelde koelmiddel verlaagd wordt.

Los van allerlei technische eigenschappen van warmtepompen, is het voor de berekening van het basisbedrag van een categorie binnen de SDE++ van belang om te weten wat de representatieve efficiëntie, uitgedrukt als Coefficient of Performance (COP), is. De COP van een warmtepomp ( $COP_h$ ) wordt als volgt berekend:

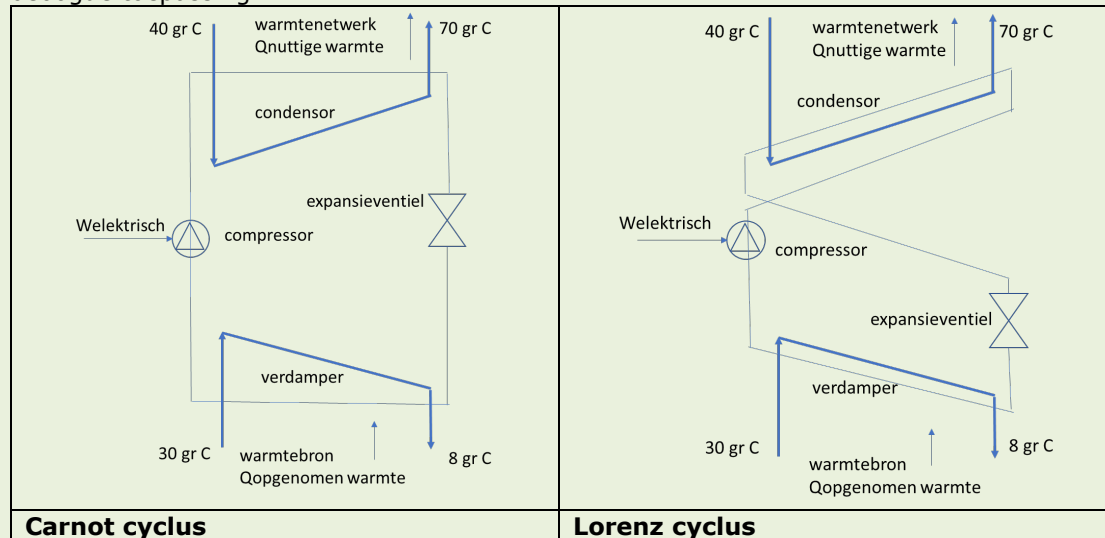
$$COP_h = \frac{Q_{\text{nuttige warmte}}}{W_{\text{elektrisch}}} = \frac{Q_{\text{opgenomen warmte}}}{W_{\text{elektrisch}}} + 1$$

Waarbij  $Q_{\text{nuttige warmte}}$  de warmte is die afgegeven wordt aan de condensorzijde (de geleverde warmte door de warmtepomp),  $W_{\text{elektrisch}}$  de ingaande elektriciteit en  $Q_{\text{opgenomen warmte}}$  de warmte die aan de verdamperzijde uit de duurzame warmtebron wordt opgenomen, alle in kWhth.

Voor een warmtepomp betekent een COP van 4 dat 1 kW elektriciteit benodigd is en wordt er 3 kW warmte opgenomen uit de duurzame warmtebron om 4 kW warmte af te staan. De COP bepaalt dus voor de SDE++ referentie-installatie het elektriciteitsverbruik van de warmtepomp (van belang voor de correctie op de vermeden CO<sub>2</sub>-emissies van de categorie in het OT-model) en, via het elektriciteitsverbruik, ook de bijbehorende kosten die deel uitmaken van de jaarlijkse OPEX.

Voor de bepaling van de COP bestaan er twee methodes: een volgens de Carnot cyclus met een constante verdamper- en condensortemperatuur (figuur links hieronder) en een volgens de Lorenz cyclus met een glijdende verdamper- en condensortemperatuur (figuur rechts hieronder). Voor de SDE++ zijn enkel de in- en uitgangstemperaturen van de

warmtestroom bij de restwarmtebron en de afnemers van belang. Wat de temperatuur (en druk) van het koelmiddel in elk onderdeel binnenin de warmtepomp is, is hier niet van belang, maar maakt wel deel uit van het technisch ontwerp van de warmtepomp voor de beoogde toepassing.



De theoretische COP wordt voor beide cycli als volgt bepaald:

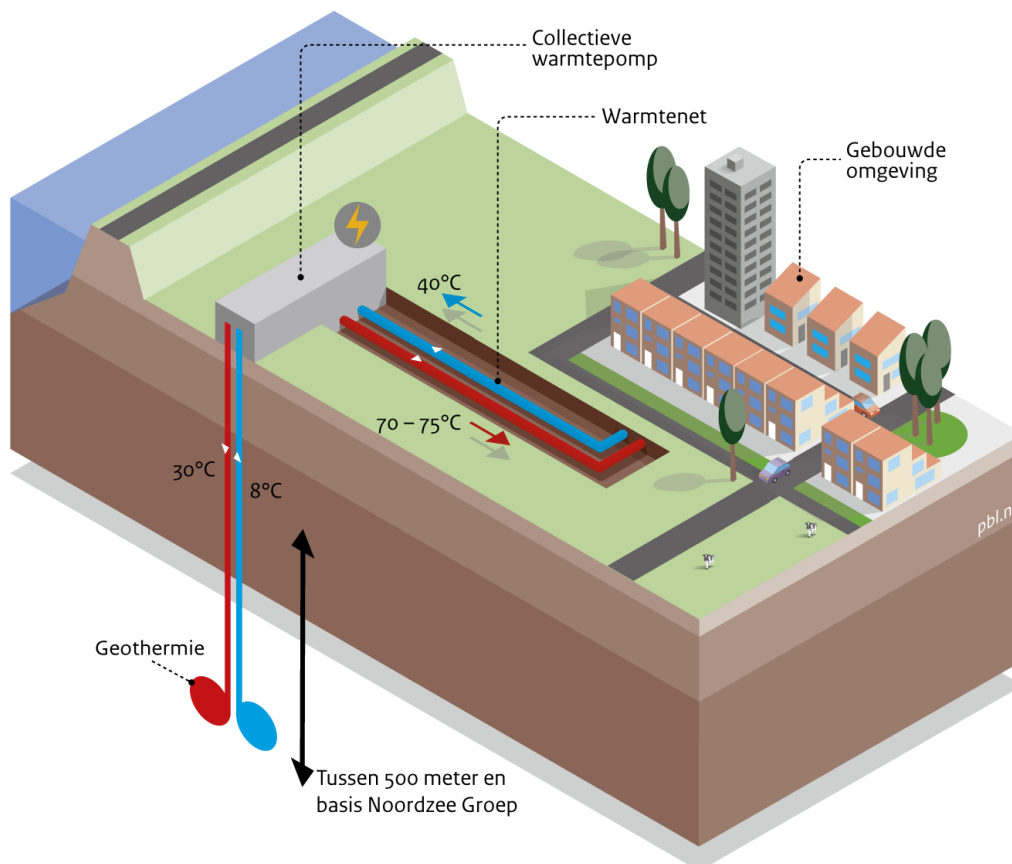
Carnot	Lorenz
$COP_{h,Carnot} = \frac{T_{cond} [K]}{T_{cond} - T_{evap}}$	$COP_{h,Lorenz} = \frac{T_m cond [K]}{(T_m cond - T_m verd)}$
	$T_m = \frac{T_{gc,in} [K] - T_{gc,out} [K]}{\ln\left(\frac{T_{gc,in} [K]}{T_{gc,out} [K]}\right)}$

Voor de SDE++ referentiesituatie OGT waarin warmte geleverd wordt aan een warmtedistributienet voor de gebouwde omgeving gaan we uit van een temperatuursregime van 70 °C aanvoer en 40 °C retour (zie figuren). De brontemperaturen bedragen 30 °C aanvoer en 8 °C retour. De theoretische COP bedraagt dan 5,5 voor een Carnot cyclus en 9,1 voor een Lorenz cyclus. De werkelijke COP bedraagt ongeveer de helft van deze theoretische COP, omdat er altijd verliezen zijn in bijvoorbeeld de compressor gedurende de compressieslag. De factor voor de werkelijke COP bedraagt 60% voor de Carnot cyclus en 50% voor de Lorenz cyclus. Voor de SDE++ gaan we uit van een Lorenz cyclus, gegeven de werkingscondities van de warmtepomp. Dit betekent dat de werkelijke COP van de warmtepomp in de referentie-installatie OGT 4,6 bedraagt.

195

196 OGT kan in combinatie met een warmtenet op twee manieren worden toegepast in de  
 197 gebouwde omgeving waarvoor een beperkt aantal vollasturen geldt (geen basislast): directe  
 198 warmtelevering en warmtelevering met een collectieve warmtepomp. In het eerste geval  
 199 wordt de lagetemperatuurwarmte meteen geleverd aan afnemers die elk over een individuele  
 200 warmtepomp beschikken, waarbij de woningen geschikt dienen te zijn voor  
 201 lagetemperatuurverwarming. Als de ruimteverwarming een hogere temperatuur vraagt, kan  
 202 bijvoorbeeld een collectieve warmtepomp worden toegepast. In dat geval wordt de warmte  
 203 uit de ondergrond eerst opgewaardeerd met een warmtepomp tot circa 50 of 70 °C, waarna  
 204 deze hogetemperatuurwarmte wordt geleverd aan de afnemers. De geothermische putten  
 205 van OGT-systemen kunnen geothermische warmte winnen middels verticale, maar ook  
 206 middels meer horizontaal geboorde putten.  
 207

## Ondiepe geothermie (OGT) met collectieve warmtepomp



Bron: PBL, ECN part of TNO, DNV-GL, TNO AGE

208

209

210

### Figuur 2-2: Schematisch voorstelling OGT met collectieve warmtepomp

211 Voor de referentiecasi voor het eindadvies SDE++ 2021 gaan we uit van een doublet met  
212 verticale putten en een collectieve warmtepomp die hogetemperatuurwarmte (70 °C) levert.  
213 De hier vermelde gegevens zijn gebaseerd op literatuurgegevens omdat er momenteel nog  
214 nagenoeg geen dergelijke projecten gerealiseerd zijn. De geologische informatie over de  
215 ondiepe ondergrond is minder bekend, echter literatuur duidt op een technisch potentieel  
216 van 229 PJ per jaar (Schepers, et al. 2018), waarbij aangegeven wordt dat ondiepe geo-  
217 thermie een belangrijke aanbieder kan zijn van duurzame warmte in stedelijk gebied.

218

219 Als referentieboordiepte wordt 750 meter ondersteld, dit stemt overeen met een  
220 onttrekkingstemperatuur van 30 °C en gaat uit van een retourtemperatuur van 8 °C. Het  
221 onttrekkingsdebiet bedraagt 100 m<sup>3</sup>/uur. Het thermisch vermogen van de hele installatie  
222 wordt uitgelegd op het thermisch vermogen van de warmtepomp en bedraagt 3,8 MWth.  
223 Voor de referentie-installatie is een COP van 4,6 gebruikt bij de berekening van het basis-  
224 bedrag. In de tabel hieronder staan de technisch-economische parameters van de referentie-  
225 installatie. Kosten voor de warmtepomp zijn wel meegenomen, kosten voor het warmte-  
226 distributienetwerk en kosten voor lokale aansluitingen niet. Verder wordt verondersteld dat  
227 er geen kosten moeten gemaakt worden voor een *gas blow-out preventor*. Verwacht wordt  
228 dat de kosten voor de boorinstallatie en gebruikte materialen lager zijn dan bij diepe geo-  
229 thermie. Vergeleken met het SDE++ eindadvies 2020 is de COP verhoogd in voorliggend  
230 advies wat leidt tot een lager stroomverbruik en lagere vaste operationele kosten.

231

232 **Tabel 2-3 Technisch-economische parameters ondiepe geothermie (geen basislast)**

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE+ 2020	Conceptadvies SDE++ 2021
Thermisch outputvermogen	[MWth]	3,8	3,8
Vollasturen warmteafzet	[uur/jaar]	3500	3500
Elektriciteitsverbruik	[MWh/jaar]	4258	3336
Investeringskosten	[€/kWth]	1259	1259
Vaste O&M-kosten	[€/kWth/jaar]	125	98
Variabele O&M-kosten	[€/kWh/jaar]	0,0019	0,0019

233

234 Ook de variant van OGT met horizontaal geboorde leidingen is doorgerekend op basis van  
 235 literatuurgegevens. Hierbij is elke boorput 1200 meter lang met een filterdeel van 500  
 236 meter. Dit type project heeft een hoger haalbaar debiet (300 m<sup>3</sup>/uur) en dus een hoger  
 237 vermogen bij eenzelfde temperatuur. Voor een installatie op dezelfde diepte is de  
 238 investeringskost per kWth vergelijkbaar, maar de vaste OPEX per kWth liggen iets lager.  
 239 Deze combinatie resulteert in productiekosten die iets lager liggen dan dat van de referentie-  
 240 installatie hierboven beschreven, maar binnen de spreiding van de onderzochte projecten.  
 241 Daarom zien wij onvoldoende basis om voor horizontaal geboorde OGT een aparte categorie  
 242 open te stellen; horizontaal geboorde OGT-projecten vallen binnen de hier beschreven  
 243 categorieën voor ondiepe geothermie.

## 244 2.3 Ondiepe geothermie (basislast)

245 Deze categorie verschilt van de vorige categorie enkel door het aantal vollasturen. In plaats  
 246 van 4000 uur wordt nu met 6000 uur gerekend, typerend voor een project in de glastuin-  
 247 bouw of een andere afnemer met een meer continu warmtevraagprofiel. Het hogere aantal  
 248 vollasturen werkt door in de operationele kosten waarin de stroomkosten voor de warmte-  
 249 pomp en ESP van het doublet zijn inbegrepen. Ook hier wordt uitgegaan van een COP van  
 250 4,6 voor de warmtepomp. De specifieke investeringskosten zijn dezelfde als die van de OGT-  
 251 installatie, geen basislast. Opslagsystemen (zoals WKO en andere seizoensopslagsystemen)  
 252 vallen niet onder deze categorie. Vergeleken met het SDE++ eindadvies 2020 is ook hier de  
 253 COP verhoogd in voorliggend advies wat leidt tot een lager stroomverbruik en lagere vaste  
 254 operationele kosten.

255

256 **Tabel 2-4 Technisch-economische parameters ondiepe geothermie (basislast)**

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE+ 2020	Conceptadvies SDE++ 2021
Thermisch outputvermogen	[MWth]	3,8	3,8
Vollasturen warmteafzet	[uur/jaar]	6000	6000
Elektriciteitsverbruik	[MWh/jaar]	7299	5718
Investeringskosten	[€/kWth]	1259	1259
Vaste O&M-kosten	[€/kWth/jaar]	192	145
Variabele O&M-kosten	[€/kWh/jaar]	0,0019	0,0019

257

258

## 259 2.4 Diepe geothermie (basislast)

260 Deze categorie is representatief voor het toepassingsgebied van een groot aantal  
 261 geothermische projecten, met name in de glastuinbouw, maar ook is deze categorie  
 262 representatief voor geothermische projecten die gebruik maken van een doublet bestaande  
 263 uit verlaten olie- of gasputten. De dieptegrens voor deze categorie is afgebakend als liggend

264 tussen de basis van de Noordzee Groep tot een maximale diepte van 4000 meter. Opslag-  
265 systemen (zoals warmte-koude-opslag en andere seizoensopslagsystemen) vallen niet onder  
266 deze categorie. Deze categorie betreft geothermische projecten met een grote en vrij gelijk-  
267 matige jaarlijkse warmtevraag en kent daarmee een relatief hoog aantal vollasturen. Stads-  
268 verwarmingstoepassingen kennen een beperktere warmtevraag gedurende een deel van het  
269 jaar en daarmee een lager aantal vollasturen. Voor deze toepassing is een separate door-  
270 rekening opgenomen, die separaat wordt toegelicht in paragraaf 2.5.

271

272 Parameters met een grote invloed op het bronvermogen voor de geothermieprojecten in  
273 deze categorie zijn onder andere de brontemperatuur (gerelateerd aan onder andere de  
274 boordiepte van het doublet), retourtemperatuur en het debiet van de vloeistofstromen  
275 (gerelateerd aan onder andere de aquifereigenschappen en de diameter van de productie- en  
276 injectieputten). Zowel de boordiepte als de putdiameter hebben een grote invloed op het  
277 investeringsbedrag voor geothermische projecten.

278

279 Voor gerealiseerde projecten wijkt het werkelijke productievermogen vaak af van het  
280 beschikte productievermogen. In deze notitie zijn de gemiddelde werkelijke productiever-  
281 vermogens leidend, niet de gemiddelde beschikte vermogens.

282

283 Voor de optie *verlaten olie- of gasputten dienend als geothermisch doublet* bleek uit het  
284 advies voor de SDE+ 2019 dat de berekende basisbedragen voor deze optie in dezelfde  
285 range liggen als de basisbedragen voor de diepe geothermische basislast projecten. Daarom  
286 stellen we voor om de optie *verlaten olie- of gasputten dienend als geothermisch doublet* ook  
287 onder de voorliggende categorie toe te laten.

288

289 Het kostenonderzoek (zie ook Bijlage A Kostenbevindingen) illustreert het voorkomen van  
290 verschillen bij gerealiseerde en aangevraagde projecten kleiner of groter dan 20 MWth.  
291 In onderstaande tabel zijn zowel de technisch-economische parameters als de subsidie-  
292 parameters weergegeven.

293

294 Kleinere projecten hebben relatief hoge specifieke investeringskosten, terwijl grotere  
295 projecten, die vaak ook recentere aanvragen betreffen, juist hogere specifieke OPEX hebben.  
296 Een reden voor dit laatste kan zijn dat deze projecten vaak een warmtepomp bevatten  
297 waardoor de stroomkosten toenemen.

298

299 Vergeleken met het SDE++ eindadvies 2020 is de COP van grotere projecten (> 20 MWth)  
300 hoger vastgesteld, dit leidt tot een lager stroomverbruik. Voor projecten < 20 MWth is de  
301 COP minder gewijzigd, vandaar een kleiner verschil in stroomverbruik vergeleken met het  
302 SDE++ eindadvies 2020.

303

304

**Tabel 2-5 Technisch-economische parameters voor diepe geothermie (basislast)**

Parameter	Eenheid	< 20 MWth		≥ 20 MWth	
		Eindadvies SDE++ 2020	Concept- advies SDE++ 2021	Eindadvies SDE++2020	Concept- advies SDE++ 2021
Thermisch outputvermogen	[MWth]	12	11	24	23
Vollasturen warmteafzet	[uur/jaar]	6000	6000	6000	6000
Elektriciteitsverbruik	[MWh/jaar]	3125	3013	8395	6624
Investeringskosten	[€/kWth]	1360	1195	860	909
Vaste O&M-kosten	[€/kWth/jaar]	91	85	128	131
Variabele O&M-kosten	[€/kWh /jaar]	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019

305

## 2.5 Diepe geothermie warmte (geen basislast)

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

**Tabel 2-6 Technisch-economische parameters voor diepe geothermie (geen basislast)**

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE+ 2020	Conceptadvies SDE++ 2021
Thermisch outputvermogen	[MWth]	13	14
Vollasturen warmteafzet	[uur/jaar]	3500	3500
Elektriciteitsverbruik	[MWh/jaar]	3277	3602
Investeringskosten	[€/kWth]	1523	1650
Vaste O&M-kosten	[€/kWth/jaar]	105	124
Variabele O&M-kosten	[€/kWh /jaar]	0,0019	0,0019

324

<sup>3</sup> Er is uitgegaan van een zogenaamd badkuippatroon in het warmtevraagprofiel van de referentiecasi (hoge warmtevraag in de wintermaanden, en een beduidend lagere vraag tijdens de zomermaanden). Dit leidt ertoe dat de referentie geothermische installatie voor 'geen basislastprojecten' 3500 vollasturen maakt. Uit de marktconsultatie kwamen signalen dat in bestaande grote stedelijke warmtenetten geothermie met een hoog aantal vollasturen (6000 à 7000 uur op jaarbasis), dus als basislast, ingezet kan worden. Hiertoe is echter de categorie 'Diepe Geothermie warmte; Basislast' geschikt.

325 De technisch-economische parameters zijn gebaseerd op een kleine projectpopulatie en  
326 daardoor gevoelig voor updates voor de jaarlijkse adviezen over de basisbedragen.

327

328 Wij geven wel ter overweging om nadere eisen te stellen aan de aard van de warmte-  
329 levering, om voor deze categorie in aanmerking te mogen komen, zoals bijvoorbeeld een  
330 minimumpercentage (bijv. 50%) van de geproduceerde geothermische warmte die direct aan  
331 een gebiedsverwarmingsdistributienetwerk geleverd wordt. Zonder nadere eisen bestaat de  
332 kans op oneigenlijk gebruik van deze categorie; wel moet geborgd worden dat bij een  
333 voldoende hoge retourtemperatuur na de eerste afnemer, nog steeds cascadering kan  
334 worden toegepast; hierbij wordt bij een tweede afnemer de retourtemperatuur verder  
335 uitgekoeld wordt ten behoeve van zijn laagwaardigere warmtevraag.

336

## 337 2.6 Ultradiepe geothermie

338 In lijn met het "eindadvies basisbedragen SDE++ 2020", zijn de grenswaarde van deze  
339 categorie gesteld op een diepte  $\geq 4000$  meter. De markt stelt ook dat 4000 meter als  
340 minimale diepte wordt aangenomen voor ultradiepe geothermie (UDG). De verwachte  
341 hogetemperatuurwarmtewinning van  $> 120-140$  °C is ook de rationale om voor deze UDG  
342 categorie voor een minimale diepte van 4000 meter te kiezen.

343

344 Beneden de 4000 meter zien wij de kalksteenlagen in het Dinantien, samen met andere  
345 breukgerelateerde lithostratigrafische lagen, vooralsnog als het enige potentieel interessante  
346 aquifergesteente. Als zodanig is de 4000 meter ook te zien als een stratigrafische  
347 (gesteentelaag) begrenzing voor het overgrote deel van Nederland.

348

349 Deze categorie richt zich op hogere-temperatuurtoepassingen voor met name industriële  
350 processen en wordt gekenmerkt door de grotere boordiepte van het geothermisch doublet.  
351 Voor deze categorie zijn meerdere configuraties doorgerekend. Twee theoretische verge-  
352 lijkingenprojecten zijn hierbij nader bekeken, waarbij de boordiepte 4000 resp. 6000 meter  
353 bedraagt en de diameter van de put van 8½ inch. Het bronvermogen voor de verschillende  
354 cases varieert hierdoor tussen de 17 en 30 MWth. Voor deze twee vergelijkingsprojecten is  
355 een warmtetransportleiding meegenomen, waarvan de lengte varieert van een halve  
356 kilometer voor het kleinste project tot vier kilometer voor het project met het hoogste  
357 bronvermogen. Vanwege de grotere boordiepte zijn ook kosten voor reservoirstimulatie  
358 meegenomen ter hoogte van 4 miljoen euro per geothermisch doublet.

359

360 Tot en met het voorjaar van 2018 zijn er geen projecten aangevraagd die werkelijk onder  
361 deze categorie vallen. Het *UDG Green Deal*-onderzoeksproject als ondersteuning voor  
362 toekomstige exploratie naar de dieper dan 4000 meter gelegen potentiële geothermische  
363 reservoirs zou op termijn meer uitsluitsel kunnen geven over verwachte vermogens en  
364 kosten voor een UDG-project. Ook kunnen er geen gefundeerde herberekeningen voor deze  
365 categorie afgeleid worden uit de recente ervaringen van projecten tot 4000 meter.

366

367 Tabel 2-7 geeft de technisch-economische parameters weer voor de mogelijke referentiecasi  
368 van deze categorie, met een boordiepte van 4000 meter en een bronvermogen van 17  
369 MWth. Enkel de COP, en dus het stroomverbruik is aangepast, de andere parameters zijn  
370 niet gewijzigd ten opzichte van het SDE+-eindadvies van 2019.

371

372

**Tabel 2-7 Technisch-economische parameters ultradiepe geothermie**

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE+ 2020	Conceptadvies SDE++ 2021
Thermisch outputvermogen	[MWth]	17	17
Vollasturen warmteafzet	[uur/jaar]	7000	7000
Elektriciteitsverbruik	[MWh/jaar]	5768	5490
Investeringskosten	[€/kWth]	2509	2509
Vaste O&M-kosten	[€/kWth /jaar]	107	107
Variabele O&M-kosten	[€/kWh output]	0,0076	0,0076

373

374

## 2.7 Diepe geothermie (uitbreiding)

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

Geothermische projecten kunnen hun vermogen en dus duurzame warmteproductie vergroten door het uitbreiden van het bestaande project met een extra put. Als referentie voor deze categorie is er uitgegaan van een uitbreiding van een doublet met een extra, derde put. Door het boren van een extra put zal het geothermisch doublet veranderen in een geothermisch triplet. Uitbreiding van bestaande projecten, niet beperkt tot een doublet, met een extra put kunnen ook onder deze categorie ingediend worden.

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

De dieptegrens afbakening voor deze categorie is gelijk aan de afbakening als vernoemd onder paragraaf 2.4 'Diepe geothermie (basislast)'.

395

396

397

398

399

400

401

402

Qua configuratie is voor de referentie ervan uit gegaan dat de extra put tot een vergelijkbare diepte als het bestaande doublet wordt geboord. Waar een doublet bestaat uit een productie- en injectieput, heeft een triplet twee productieputten en één injectieput, of twee injectieputten en één productieput. Die uitbreiding kan dus zowel een productie- als injectieput zijn. Naast de boorkosten voor het boren van de extra put zijn ook de benodigde bovengrondse aanpassingen meegenomen bij de bepaling van het voorgestelde basisbedrag. Dit zijn bijvoorbeeld kosten voor de pompen, warmtewisselaars, warmtetransportleiding en uitbreiding van de installatie voor olie- en gasafvangst. Ook vereist de uitbreiding vaak aanpassingen – en dus kosten – aan de ondergrondse infrastructuur van de bestaande putten.

403

404

405

406

407

408

Het extra debiet dat wordt gerealiseerd door het boren van een extra put, kent verscheidene onzekerheden die een significant effect kunnen hebben op de kostprijs. Echter, een vergelijkbare onzekerheid in kostprijs bestaat ook voor nieuwe geothermische doubletten. Voor de referentiecasse is het extra vermogen, gerealiseerd door inzet van een derde put, gebaseerd op SDE+-aanvragen en de theoretische rekenmodellen. Op basis van deze gegevens is het mogelijk dat er een verdubbeling van het vermogen gerealiseerd wordt door het in gebruik nemen van een derde put bij een bestaand doublet.

409

410

411

412

413

414

415

416

417

De OPEX voor een dergelijke extra put wijken niet af van die van een doublet. Het boren van een extra put leidt vaak tot een beduidende vermogenstoename. Maar net zoals bij doubletten bestaat de kans dat het producerend vermogen niet het niveau haalt van het aangevraagde vermogen. We nemen aan dat de verhouding tussen het producerend vermogen en het aangevraagd vermogen bij projectuitbreiding gelijk is aan die bij een nieuw doublet.

Tabel 2-8 geeft de technisch-economische parameters weer voor de referentiecasse van deze categorie, met een boordiepte van 2200 meter en met een additioneel bronvermogen van 16 MWth. Voor extra-put-projecten zal veelal gelden dat deze alleen worden uitgevoerd, als het debiet gunstig ingeschat kan worden. Hogere debieten in de ondergrond uiten zich ook in een lagere kostprijs. De investeringen en onderhoudskosten zijn afgeleid van SDE+-aanvragen. Het aantal vollasturen voor deze categorie is gelijkgesteld aan het aantal vollasturen bij diepe geothermie (basislast). Deze parameters niet gewijzigd ten opzichte van het SDE+-eindadvies van 2020.



418 **Tabel 2-8 Technisch-economische parameters diepe geothermie (uitbreiding)**

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE+ 2020	Conceptadvies SDE++ 2021
Thermisch outputvermogen	[MWth]	16	16
Vollasturen warmteafzet	[uur/jaar]	6000	6000
Elektriciteitsverbruik	[MWh/jaar]	4118	4326
Investeringskosten	[€/kWth]	433	433
Vaste O&M-kosten	[€/kWth /jaar]	115	115
Variabele O&M-kosten	[€/kWh output]	0,0019	0,0019

419

420 **2.8 Advies basisbedragen**

421 In onderstaande tabel zijn het basisbedrag en enkele andere subsidie parameters  
422 weergegeven.

423

424 **Tabel 2-9 Overzicht basisbedragen (€/kWh en €/ton CO<sub>2</sub>)**

Categorie	Eindadvies SDE++ 2020 €/kWh	Conceptadvies SDE++ 2021 €/kWh	Conceptadvies SDE++ 2021 €/ton CO <sub>2</sub>
Ondiepe geothermie (geen basislast)	0,081	0,073	223
Ondiepe geothermie (basislast)	0,060	0,052	106
Diepe geothermie < 20 MWth (basislast)	0,044	0,040	74
Diepe geothermie > 20MWth (basislast)	0,041	0,043	88
Diepe geothermie warmte (geen basislast)	0,083	0,094	330
Ultradiepe geothermie	0,065	0,065	189
Diepe geothermie (uitbreiding)	0,031	0,031	32

425

# 3 Vragen en overwegingen

426

427

428 Graag willen we voor de volgende punten uit de markt vernemen hoe zij hier tegenaan  
429 kijken en welke suggesties zij willen doen om mee te nemen in de advisering voor SDE++  
430 geothermie 2021.

431

## 3.1 Projectvermogen gerelateerde overwegingen

432

433

434

435

436

437

- Warmtepompen worden soms ingezet voor dieper uitkoelen van de retourstroom. Gezien deze inzet van warmtepompen, verdient het ook aandacht nader te kijken naar het elektriciteitsverbruik van dergelijke projecten, in relatie tot hun warmteproductie. In welke mate kan de COP van de warmtepomp bijdragen aan verduurzaming van de warmteopwekking uit het geothermisch project en op welke manier kan hierover gerapporteerd worden bij realisatie en exploitatie?

438

## 3.2 SDE++-regeling gerelateerde overwegingen

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

- Is een uitbreidingscategorie voor bestaande projecten (van 6000 -> 7500 uur) wenselijk? Waarbij bijvoorbeeld enkel de OPEX voor subsidie in aanmerking zou komen.
- Een uitgangspunt is dat het merendeel (richtgetal is 80%) van projecten moet uitkunnen. Welke projecten komen nu niet tot wasdom en waarom niet?
- Gegeven de observatie dat er door de specifieke CAPEX en OPEX een split bij 20MWth gerechtvaardigd lijkt, komt dit niet terug in de berekende basisbedragen die dicht bij elkaar liggen. Gevraagd wordt of er teruggedaan moet worden naar één generieke categorie voor diepe geothermie, of is het wenselijk dat de split bij 20 MWth behouden blijft?
- Hoe wenselijk vindt de markt voor een rustig investeringsklimaat dat basisbedragen over de jaren heen minder schommelen en hoe kan daar voor gezorgd worden? Hierbij speelt mee dat de basisbedragen nu gebaseerd worden op aanvraagdata van - een nog steeds kleine populatie - projecten. Hierbij valt op dat op basis van deze aanvragen de basisbedragen geen stabiele lijn volgen. Dit betekent enerzijds dat het van belang is jaarlijks wel goed te blijven kijken naar de prijsontwikkelingen voor geothermische projecten (kostenbevindingen actualiseren), maar anderzijds ook dat er mogelijk een oplossing gezocht kan worden hoe de lijn stabiel te houden. En hoe kan het risico op overstimulering voorkomen worden?
- Voor de categorie 'diepe geothermie (uitbreiding)' worden er de laatste twee jaar geen aanvragen meer ingediend. Dient deze categorie nog wel behouden te blijven?

460

## 3.3 Dieptegrens gerelateerde overwegingen

461

462

463

- Voor de kostenberekening van OGT zijn we uitgegaan van goedkopere boortechnieken vergeleken met diepe geothermie omdat het zand- en kleilagen in de Noordzeegroep betreft, zonder deze technieken te specificeren. Kan de markt

464 aangeven welke types boortechnieken het introduceren van de "basis van de  
465 Noordzeegroep" als dieptegrens met zich meebrengt? En zijn er nog andere aspecten  
466 die uit deze afbakening zouden voortvloeien?

- 467 • Kan de markt aangeven hoe de totale boorkosten zich voor ondiepe geothermie zijn  
468 voor de laag 'Noordzee Groep', en hoe ze zich verhouden tot de totale boorkosten in  
469 onderliggende formatielagen.
- 470 • We gaan nu uit van een classificatie op gesteentelagen; Noordzeegroep (ondiep),  
471 Dinant-kalksteen en Devoon (ultradiiep) en de rest (diep), met naar verwachting  
472 verschillende boorkosten, debieten, risico's etc.. Kan de markt zich hier ook in vinden  
473 of kan de markt aangeven of een classificatie volgens brontemperatuur, op basis van  
474 een standaard aangenomen geothermische gradiënt, een betere afbakening is tussen  
475 de categorieën 'ondiepe geothermie' en 'diepe geothermie'? Hierbij vragen we ook  
476 wat de risico's bij een afbakening op temperatuur (dieptegrens) kunnen zijn.  
477 Hiernaast vragen wij welke temperatuur grens hierbij dan de afbakening zou moeten  
478 vormen.

### 479 3.4 SDE++-overwegingen voor 2021 en verder

480 Voor deze marktvraag willen we graag de markt consulteren over zaken welke op de  
481 langere termijn spelen:

- 482 • Hoe kan een volloopsценario voor geothermieprojecten opgenomen worden in de  
483 regeling?
- 484 • Is een regio- of locatie-specifieke regeling naar gesteentelaag gewenst? En wat  
485 zouden de risico's daarvan kunnen zijn?  
486

# Bijlage A

## Kostenbevindingen

### Inleiding

De kostenbevindingen in dit hoofdstuk zijn een update van de in 2019 gepubliceerde kostenbevindingennotitie (in 't Groen, et al. 2019) en zijn nu uitgebreid met nieuwe productiegetallen en nieuwe SDE+-aanvraaggegevens tot en met de najaarsopenstelling van 2019. Voor de kostenbevindingen in deze notitie wordt naar alle kosten gekeken. Dit betekent niet dat ook alle kostenposten opgenomen worden bij de bepaling van de basisbedragen, zie tabel 2-2 voor een overzicht van de wel en niet meegenomen kostenposten voor de basisbedragen.

### Onderzochte geothermieprojecten

We stellen voor om voor het SDE++ 2021-advies onderscheid te maken naar de geologische laag waarin het project gerealiseerd wordt. De onderzochte projecten zijn wel alle ingediend op basis van boordiepte in meter. Er is nog geen aanvraag geweest is voor een project  $\geq$  4000 meter. Ook is het zo dat de categorie diepe geothermie, geen basislast, en de categorieën ondiepe geothermie niet opengesteld zijn in de SDE++ voorjaarsronde van 2020. De verwachting is dat deze wel opengesteld worden voor de SDE++ najaarsronde 2020. Wel is het zo dat er reeds een aantal projecten voor stadsverwarming ingediend zijn onder de huidige categorie diepe geothermie.

Van in totaal 57 geothermieprojecten is op basis van door RVO aangeleverde data een anoniem en geaggregeerd overzicht gemaakt van de geologische en technisch-economische parameters. In dit kostenonderzoek is van een beperkt aantal projecten de data niet meegenomen, omdat deze om verschillende redenen niet als representatief werd beschouwd.

In de praktijk zijn er alleen projecten binnen de categorie *Diepe geothermie (basislast)*. De boordiepte van de meeste projecten ligt tussen de 2000 en 3000 meter. De verschillende geothermieprojecten zijn voor de gemaakte analyse als volgt ingedeeld:

- *in productie*, 22 projecten
- *nog niet in productie (al wel gerealiseerd)*, 2 projecten
- *niet in productie (aangevraagd)*, 33 projecten.

Deze aantallen wijken af van wat TNO AGE rapporteert voor het jaarverslag aan ministerie van Economische Zaken en Klimaat, omdat voor de analyse enkel gerekend wordt met projecten waarvoor een eenduidige en complete dataset beschikbaar is.

### Bronvermogen

Gerealiseerde vermogens wijken in de praktijk af van de vermogens gepresenteerd in de SDE+-aanvraagdocumentatie of van de beschikking door RVO. Daarom is het gebruikte bronvermogen voor het vaststellen van de investeringskosten voor de referentie-installatie

525 (in €/kWth) gebaseerd op een gecorrigeerd verwacht vermogen. In de praktijk ligt het  
526 gerealiseerde bronvermogen vaak onder het aangevraagde of beschikte bronvermogen, wat  
527 een relatief grote invloed kan hebben op de inschatting van de specifieke investerings- en  
528 operationele kosten in €/kWth.

529

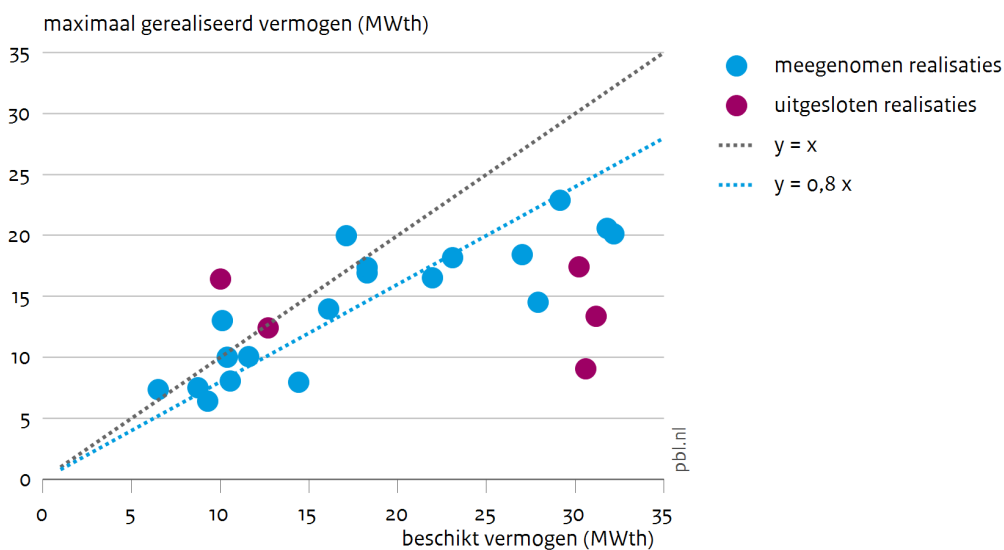
530 Er kunnen verschillende redenen zijn waardoor in de praktijk het bronvermogen lager ligt  
531 dan het beschikte vermogen. Zo wordt het beschikte vermogen (P50-waarde van de geo-  
532 thermische vermogensdichtheidskansverdeling) begrensd door onder andere een maximaal  
533 toelaatbare pompdruk, terwijl in de praktijk mogelijk niet altijd op deze maximale pompdruk  
534 wordt geopereerd, en dat een bepaald debiet leidend is voor de operationele bedrijfsvoering.  
535 Daarnaast kennen geothermische projecten mogelijk ook een begrenzing in de afzet van de  
536 geproduceerde warmte.

537

538 Het blijkt dat het daadwerkelijke gerealiseerde maximale vermogen gemiddeld op 80% van  
539 het aangevraagde bronvermogen ligt; zie de trendlijn in Figuur 0-1 die de verhouding tussen  
540 de aangevraagde en gerealiseerde vermogens aangeeft. Bij het vaststellen van deze factor  
541 zijn bepaalde onder- en bovenpresterende projecten (gepresenteerd als rode stippen in  
542 Figuur 0-1) niet meegenomen omdat de vermogensverhouding door een andere reden  
543 veroorzaakt wordt, b.v. door opgelegde eisen van SodM of omdat projecten te recent zijn  
544 opgestart.

545

### Vermogen-realisatiefactor



546

547 **Figuur A-1 Het maximaal gerealiseerde bronvermogen ten opzichte van het**  
548 **beschikte bronvermogen. Bron: PBL, TNO AGE.**

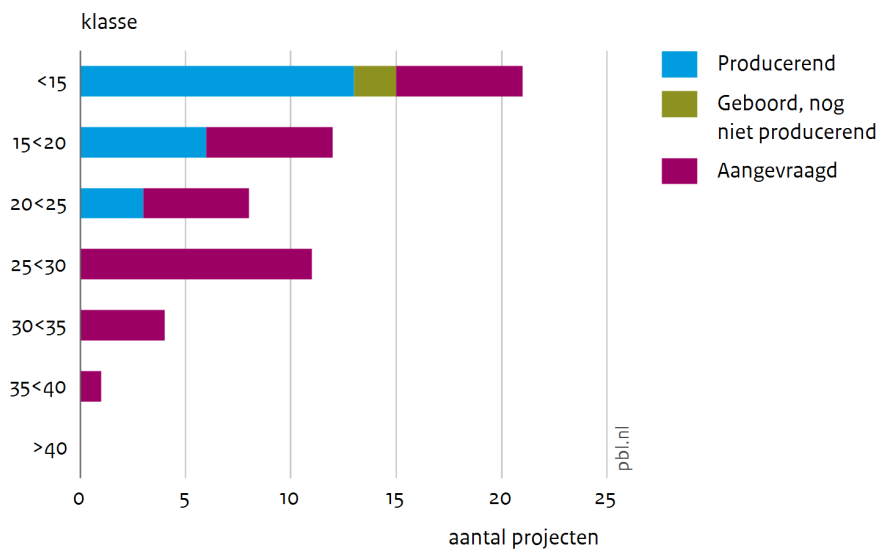
549

550 De factor van 80%, ofwel vermogensrealisatiefactor, wordt gebruikt om uit het  
551 aangevraagde vermogen, voor nog niet producerende projecten, het gecorrigeerd verwacht  
552 vermogen te bepalen (gecorrigeerd verwacht vermogen = beschikt vermogen x  
553 *vermogensrealisatiefactor*). In de verdere analyse is uitgegaan van het maximaal  
554 gerealiseerd vermogen voor producerende projecten en van het gecorrigeerd verwacht  
555 vermogen voor nog niet producerende projecten.

556

557 Figuur A-2 geeft de verdeling van de onderzochte geothermieprojecten per  
558 bronvermogensklasse weer, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen het  
559 beschikt en gecorrigeerd verwacht vermogen.

### Status projecten naar vermogensklasse



561

562

**Figuur A-2 Het aantal projecten voor geothermische warmte per maximaal gerealiseerd vermogen en het beschikt vermogen en het maximaal gerealiseerd vermogen en het gecorrigeerd verwacht vermogen. Bron: PBL, TNO AGE.**

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

Naarmate projecten beter en stabiel produceren kan het maximaal gerealiseerd vermogen per jaar toenemen. Daarnaast toont Figuur A-2 aan dat meer recent aangevraagde geothermische projecten, projecten zijn met grotere vermogens in vergelijking tot de eerdere gerealiseerde projecten. Hierbij speelt ook dat sommige nieuwe aangevraagde projecten door middel van het plaatsen van een warmtepomp de retourtemperatuur verder uitkoelen en zodoende een hoger bronvermogen kunnen realiseren met gelijke debieten en pompdrukken.

574

575

576

577

578

579

Met betrekking tot het aantal vollasturen per jaar kan worden gesteld dat dit voor de verschillende projecten in de praktijk varieert tussen de 3000 en 7400 uur. Voor het conceptadvies SDE++ 2021 is de referentiewaarde van 6000 vollasturen voor de categorie basislast aangehouden, opnieuw in combinatie met een afzonderlijke categorie voor stadsverwarming met een lager aantal vollasturen.

580

581

582

583

Tot op heden is geen producerend geothermisch project gerealiseerd dat enkel een stadsverwarmingsnet voedt, wel is er voor een aantal van deze projecten SDE+-subsidie aangevraagd. De producerende projecten zijn momenteel alle te vinden in de glastuinbouw-sector.

584

### Investeringskosten

585

586

587

588

589

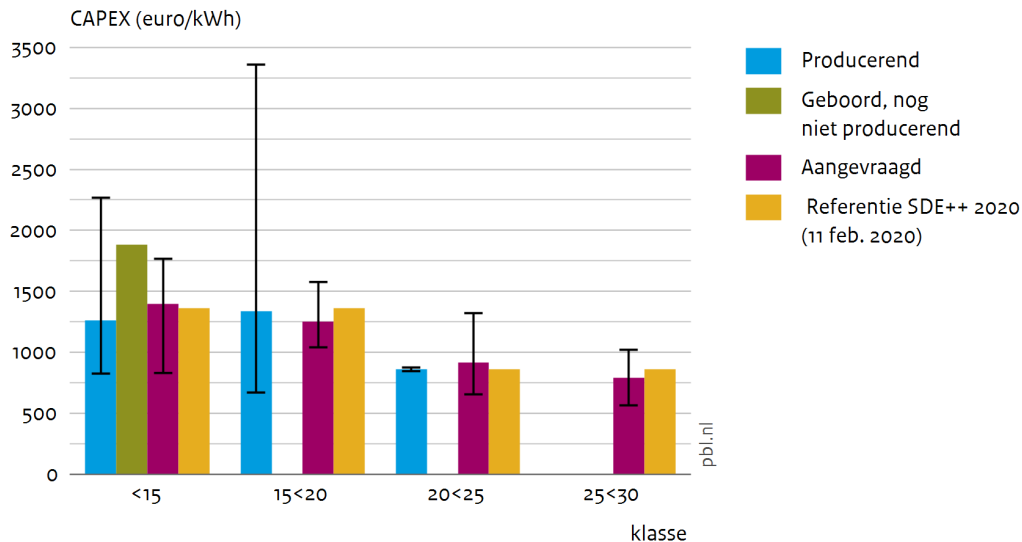
590

591

Een aantal geothermieprojecten draait reeds geruime tijd. Dit biedt inzicht in de verhouding tussen de werkelijke investeringskosten van gerealiseerde projecten en de geschatte investeringskosten bij de SDE+-aanvraag. Uit de analyse blijkt dat de werkelijke gemiddelde investeringskosten 5% hoger liggen dan de verwachte investeringskosten bij de SDE+-aanvraag. Ook de OPEX blijken in de praktijk 5% hoger te liggen dan bij de gegevens zoals aangeleverd in de aanvraagdocumenten voor SDE+ subsidie.

592 Figuur 0-3 geeft de gecorrigeerde investeringskosten weer per kWth en de waargenomen  
 593 spreiding erop, waarbij de verschillende projecten zijn geordend naar het gecorrigeerd  
 594 verwacht vermogen. Alle geselecteerde projecten hebben betrekking op diepe geothermie  
 595 (basislast). Op basis van deze bevindingen handhaven we de onderverdeling tussen  
 596 projecten kleiner en groter dan 20 MWth.  
 597

### Gecorrigeerde capex per (gecorrigeerde) vermogensklasse doublet basislast



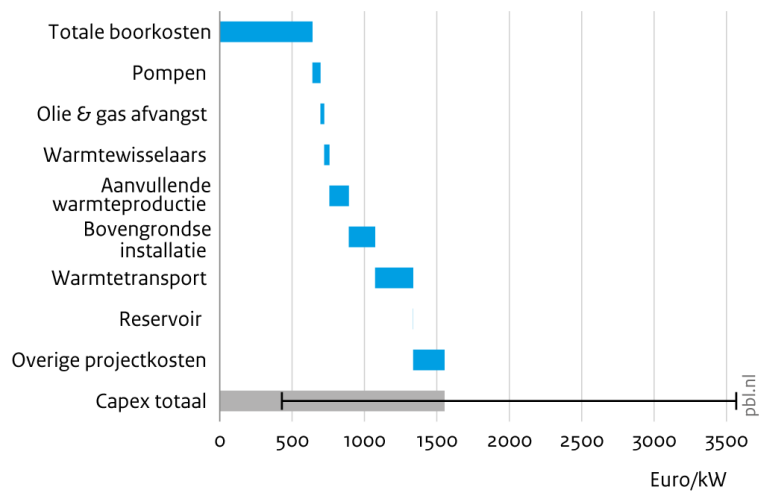
598 **Figuur A-3 Specifieke investeringskosten, op basis van het bronvermogen.**  
 599 **(bronvermogen is enerzijds gecorrigeerd voor projecten welke nog niet**  
 600 **produceren, anderzijds is voor reeds producerende projecten het maximale**  
 601 **vermogen genomen wat bereikt is). Bron: PBL**  
 602

603 De spreidingsbalken geven de variatie in investeringskosten weer van de verschillende  
 604 projecten binnen de gepresenteerde vermogensklasse. Hiernaast is ook de referentiecasi  
 605 (zoals opgenomen in het eindadvies voor SDE++ 2020: <20 MWth met 1360 €/kWth en >  
 606 20 MWth met 860 €/kWth) voor de categorie *Diepe geothermie (basislast)* weergegeven  
 607 (oranje balk).  
 608

609 Figuur A-4 geeft de gemiddelde samenstelling van de investeringskosten weer van de  
 610 onderzochte projecten onderverdeeld naar verschillende kostenposten, als onderdeel van de  
 611 totale investeringskosten. Ten opzichte van de analyse voor het SDE++ advies 2020 zien we  
 612 dat de gemiddelde CAPEX toeneemt van 1400 €/kWth naar 1550 €/kWth.  
 613 Uit de geanalyseerde data (afkomstig van projecten welke een SDE+ aanvraag hebben  
 614 ingediend) worden niet alle kostenposten meegenomen voor bij het vaststellen van de  
 615 basisbedragen. Zo worden bijvoorbeeld kosten voor aanvullende warmteproductie door een  
 616 gasketel of -WKK of kosten voor een warmtedistributienet niet meegenomen. Boorkosten  
 617 maken de grootste individuele kostenpost uit, echter het aandeel in de totale  
 618 investeringskosten verschilt over de verschillende projecten.  
 619

620  
 621  
 622  
 623

## Verdeling CAPEX van de geanalyseerde projecten



624

625 **Figuur A-4 Weergave van de opbouw van de gemiddelde samenstelling van de**  
626 **investeringskosten over de verschillende geanalyseerde projecten. De spreiding op**  
627 **het totaal geeft inzicht in de totale spreiding over de geanalyseerde projecten.**  
628 **Bron: PBL**

## 629 Operationele kosten

630 De beschouwde projecten in het kostenbevindingsonderzoek maken geen onderscheid tussen  
631 vaste en variabele kosten, waardoor de operationele kosten (OPEX) alleen zijn weergegeven  
632 als jaarlijkse kosten per kWth.

633 Figuur A-5 is op dezelfde manier opgesteld als Figuur 0-3, maar dan voor de OPEX.

634

635 Figuur A-6 geeft de gemiddelde samenstelling van de OPEX uit het kostenonderzoek,  
636 verdeeld over de verschillende projecten.

637

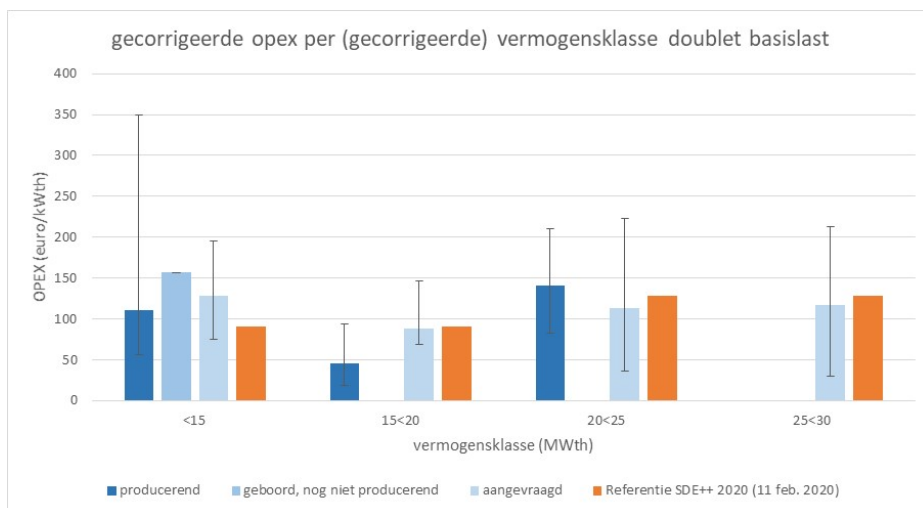
638

639

640

641





642

643 **Figuur A-5 De gecorrigeerde OPEX uitgezet tegen het maximaal gerealiseerde of**  
 644 **gecorrigeerd verwacht vermogen, onderverdeeld naar reeds producerende en nog**  
 645 **niet producerende projecten. Bron: PBL**

646

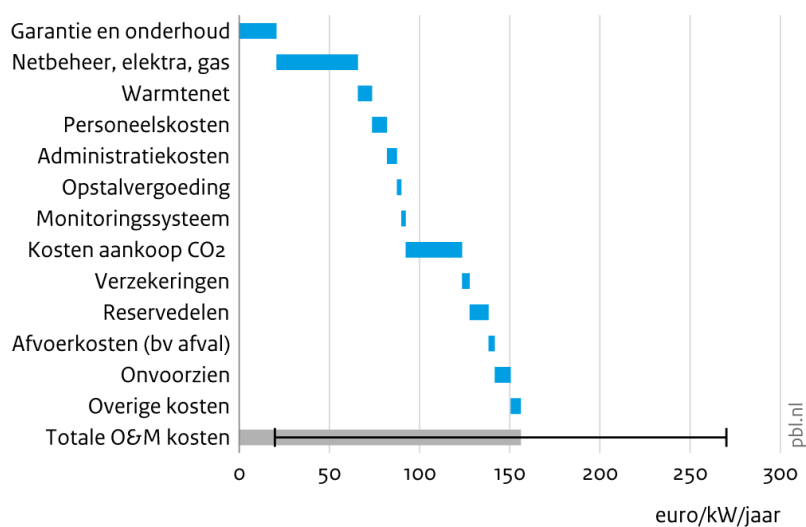
647 Figuur A-6 geeft de cumulatieve opbouw per kostenpost weer van de gemiddelde OPEX in  
 648 €/kW. Ook deze data zijn afkomstig uit de SDE+ subsidieaanvragen van de individuele  
 649 geothermie projecten. Het valt hierbij op dat de kosten voor de inkoop van CO<sub>2</sub> bij  
 650 geothermieprojecten in de glastuinbouw, en de kosten voor elektra en gas de grootste  
 651 kostenpost uitmaken voor de O&M-kosten; met het voorbehoud dat over de totale  
 652 samenstelling geen conclusies getrokken kunnen worden. Ook hier geldt dat niet alle in de  
 653 figuur opgenomen kostenposten meegenomen worden in de berekening van het basisbedrag.  
 654 Zo zijn bijvoorbeeld kosten aankoop CO<sub>2</sub> niet meegenomen in de vaststelling van het  
 655 basisbedrag.

656

657 Ten opzichte van het advies uit 2020 zien we dat de gemiddelde OPEX toeneemt van 130  
 658 naar 155 €/kWth.

659

## Verdeling OPEX van de geanalyseerde projecten



660

661

662 **Figuur A-6 : Weergave van de cumulatieve opbouw van de gemiddelde**  
 663 **samenstelling van de OPEX over de verschillende geanalyseerde projecten. De**  
 664 **spreiding op het totaal geeft inzicht in de totale spreiding over de geanalyseerde**  
 665 **projecten. Bron: PBL**

666

667

# Bijlage B Geothermie;

668

## definities

669

### Lijst van definities – Geothermie

670

- De definities opgenomen in deze lijst van definities, zijn geordend volgens de volgende onderverdeling: Definities - Geothermieproject

671

672

- Definities – Vermogen & Energie

673

- Definities – Energieproductie

674

- Definities - Economie

675

- Definities - Diepte en/of stratigrafisch bereik Geothermieprojecten

676

677

### Definities - Geothermieproject

678

#### Afnamepunt van de geothermische warmte / referentiepunt

679

Het afnamepunt van de geothermische warmte is een gedefinieerde locatie (*reference point*)

680

in de productieketen waar het geothermische energieproduct wordt gemeten of beoordeeld.

681

Het afnamepunt van de geothermische warmte is meestal het verkooppunt aan derden of het

682

punt waar de geothermische warmte wordt ingezet voor verrichting van activiteiten. De

683

verkoop of productie van geothermische energieproducten wordt gemeten en gerapporteerd

684

in termen van schattingen van de resterende hoeveelheden die dit punt oversteken vanaf de

685

ingangsdatum van de evaluatie<sup>4</sup>.

686

#### Geothermische bron

687

In de context van de geothermische energie is de hernieuwbare energiebron de thermische

688

energie die zich bevindt in een hoeveelheid gesteente, sediment en / of grond, inclusief

689

eventuele ingesloten vloeistoffen, die beschikbaar is voor winning en omzetting in energie-

690

producten. Deze bron wordt de geothermische energiebron genoemd en is equivalent aan de

691

termen *deposit* of *accumulation* die wordt gebruikt voor vaste mineralen en fossiele

692

brandstoffen. De geothermische energiebron komt voort uit de productie en injectie bron van

693

het geothermisch systeem, gedurende een gespecificeerde tijdsperiode<sup>5</sup>.

694

---

<sup>4</sup> De definitie voor 'afnemer van de geothermische warmte' is afgeleid van de volgende Engelstalige definitie voor 'reference point', uit "Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Re-sources":

'Reference Point': The Reference Point is a defined location in the production chain where the quantities of Geothermal Energy Product are measured or assessed. The Reference Point is typically the point of sale to third parties or where custody is transferred to the entity's downstream operations. Sales or production of Geothermal Energy Products are normally measured and reported in terms of estimates of remaining quantities crossing this point from the Effective Date of the evaluation (UNECE, 2016)

<sup>5</sup> De definitie voor 'geothermische bron' is afgeleid van de volgende Engelstalige definitie voor 'geothermal source', uit "Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Re-sources":

'Geothermal Source': In the geothermal energy context, the Renewable Energy Source is the thermal energy contained in a body of rock, sediment and/or soil, including any contained fluids, which is available for extraction and conversion into energy products. This source is termed the Geothermal Energy Source, and is equivalent to the terms 'deposit' or 'accumulation' used for solid minerals and fossil fuels. The Geothermal Energy Source results from any influx to outflux from or internal generation of energy within the system over a specified period of time (UNECE 2016).

- 695 **Geothermisch doublet**  
 696 Een geothermisch productiesysteem met één productie- en één injectieput.
- 697 **Geothermisch energieproduct**  
 698 Een geothermisch energieproduct is een energieproduct dat te koop is in een markt.  
 699 Voorbeelden van geothermische energieproducten zijn elektriciteit en warmte. Andere  
 700 producten, zoals anorganische materialen (bijvoorbeeld siliciumdioxide, lithium, mangaan,  
 701 zink, zwavel), gassen of water geëxtraheerd uit de geothermische energiebron in hetzelfde  
 702 extractieproces kwalificeren zich niet als geothermische energieproducten. Wanneer deze  
 703 andere producten worden verkocht, dienen de inkomstenstromen echter in de economische  
 704 evaluatie worden opgenomen<sup>6</sup>.
- 705 **Geothermisch productiesysteem**  
 706 Een installatie met alle apparatuur benodigd om de geothermische bron (*Geothermal Source*)  
 707 te verbinden met de plek (*reference point*) waar het Geothermisch Energieproduct  
 708 (*Geothermal Energy product*) (momenteel alleen warmte) wordt overgedragen aan de  
 709 afnemer van de geothermische warmte<sup>7</sup>.
- 710 **Geothermisch project**  
 711 Het Geothermisch Project is de verbinding tussen de Geothermische Bron (*Geothermal*  
 712 *Source*) en de hoeveelheid Geothermisch Energieproduct (*Geothermal Energy Product*) en  
 713 geeft de basis voor economische evaluatie en (investerings-)beslissingen of besluiten. Het  
 714 geothermisch project omvat alle aanwezige systemen en apparatuur die de verbinding  
 715 tussen de Geothermische Bron en het Referentiepunt (*Reference Point*) alwaar de  
 716 Geothermische Energie Producten worden verkocht, gebruikt, overgedragen of afgestaan.  
 717 Het project omvat alle apparatuur en systemen benodigd voor de extractie en /of conversie  
 718 van energie waaronder bijvoorbeeld: productie en injectie putten, warmtewisselaars,  
 719 verbindende verbuizing, energieconversiesystemen en benodigde additionele apparatuur. In  
 720 het beginstadium van een evaluatie traject is een project mogelijkwijs slechts gedefinieerd  
 721 op conceptueel niveau. Dit in tegenstelling tot projecten die vergevorderd in het  
 722 evaluatietraject zijn en een hoge mate van detail in de projectdefinitie hebben. In de praktijk  
 723 kan een geothermisch project één of meerdere geothermische productiesystemen  
 724 omvatten.<sup>8</sup>
- 725

---

<sup>6</sup> De definitie voor 'geothermisch energieproduct' is afgeleid van de volgende Engelstalige definitie voor 'geothermal energy product', uit "Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Re-sources":

'*Geothermal Energy Product*': A Geothermal Energy Product is an energy commodity that is saleable in an established market. Examples of Geothermal Energy Products are electricity and heat. Other products, such as inorganic materials (e.g. silica, lithium, manganese, zinc, sulphur), gases or water extracted from the Geothermal Energy Source in the same extraction process do not qualify as Geothermal Energy Products. However, where these other products are sold, the revenue streams should be included in any economic evaluation (UNECE 2016).

<sup>7</sup> geothermische productiesystemen kunnen gebruik maken van een warmtepomp (ten behoeve van verdere uitkoeling van de retourstroom naar de injectieput) en van bijvoorbeeld een koppeling aan een warmtenet.

<sup>8</sup> Voor de Engelstalige definities voor 'geothermal source', 'geothermal energy product', en 'reference point' wordt verwezen naar de noot onder de definitie 'Geothermisch productiesysteem'. De definitie voor 'geothermisch project' is afgeleid van de volgende Engelstalige definitie voor 'geothermal project':

*Geothermal Project*: The Project is the link between the Geothermal Energy Source and quantities of Geothermal Energy Products and provides the basis for economic evaluation and decision-making. In the context of geothermal energy, the Project includes all the systems and equipment connecting the Geothermal Energy Source to the Reference Point(s) where the final Geothermal Energy Products are sold, used, transferred or disposed of. The Project shall include all equipment and systems required for extraction and/or conversion of energy, including, for example, production and injection wells, ground or surface heat exchangers, connecting pipework, energy conversion systems, and any necessary ancillary equipment. In the early stages of evaluation, a Project might be defined only in conceptual terms, whereas more mature Projects will be defined in significant detail (UNECE 2016).

Noot: geothermische projecten kunnen gebruik maken van een warmtepomp (ten behoeve van verdere uitkoeling van de retourstroom naar de injectieput) en van bijvoorbeeld een koppeling aan een warmtenet.

Noot: een geothermisch project kan bestaan uit een 'geothermisch veld'

- 726 **Geothermie-projecten - in productie**  
727 Een verzameling van geothermie projecten die reeds gerealiseerd en in productie zijn.<sup>9</sup>
- 728 **Geothermie-projecten - nog niet in productie (al wel gerealiseerd)**  
729 Een verzameling van geothermie projecten die reeds gerealiseerd maar nog niet in productie  
730 zijn. Onder gerealiseerd wordt hierbij verstaan, de projecten waarvoor de putten zijn  
731 geboord en getest, de installatie gereed is, maar waar nog geen warmte geproduceerd  
732 wordt. In de tekst wordt hiervoor ook de term 'geboord maar nog niet producerend'  
733 gebruikt.<sup>10</sup>
- 734 **Geothermie-projecten - niet in productie (aangevraagd)**  
735 Een verzameling van geothermieprojecten welke nog niet gerealiseerd zijn, maar waarvoor  
736 wel SDE+-subsidie is aangevraagd. <sup>11</sup>
- 737 **Geothermisch veld**  
738 In de definitie van een geothermisch veld zit vaak de aanwezigheid van een temperatuur  
739 anomalie besloten. Voor de Nederlandse situatie is een dergelijke definitie niet geschikt.<sup>12</sup>
- 740 In Nederland is de temperatuur anomalie er niet of niet goed te bepalen; het gaat in  
741 Nederland enkel om de definitie van een voor de winning van warm formatiewater uit een  
742 productieve aquifer. Voor deze notitie gebruiken we de volgende conceptdefinitie voor een  
743 geothermisch veld: Een geografisch beperkt gebied (bijvoorbeeld voorkomen van een aquifer  
744 in een bepaald dieptebereik of door de begrenzing van een vergunning) waarbinnen op  
745 efficiënte, duurzame en doelmatige wijze de productie van aardwarmte ter hand genomen is  
746 of wordt en waarbij meerdere geothermische productiesystemen dezelfde aquifer of aquifers  
747 benutten.
- 748 **Extra put**  
749 Een extra put bij een 'geothermisch project'.<sup>13</sup>
- 750
- 751 **Definities – Vermogen & Energie**  
752 **Aangevraagd vermogen**

---

<sup>9</sup> Voor geothermische projecten - in productie geldt het volgende:

- Een project in productie is automatisch een gerealiseerd project.
- Productie- en injectiedebiet gegevens beschikbaar via NLOG.
- CAPEX/OPEX-gegevens beschikbaar via SDE+ subsidie aanvragen (via RVO.nl) en in sommige gevallen ook via andere databestanden. De data van gerealiseerde projecten is nauwkeuriger daar deze de werkelijke kosten weergeeft, echter deze data is niet bekend van alle gerealiseerde projecten.

<sup>10</sup> Voor geothermie projecten - nog niet in productie (al wel gerealiseerd) geldt het volgende:

- Energie-productiegegevens beschikbaar op basis van het product van het 'P50 vermogen uit het DoubletCalc realisatiescenario', en het aantal vullasturen gebaseerd op de referentie case uit de SDE+ categorie waarin wordt aangevraagd.
- Lokale reservoir eigenschappen bekend uit puttest, systeemtest en/of andere meetreeksen
- CAPEX/OPEX-gegevens beschikbaar via SDE+ subsidie aanvragen (via RVO.nl).

<sup>11</sup> Voor geothermie projecten - niet in productie (aangevraagd) geldt het volgende:

- Energie-productiegegevens beschikbaar op basis van het product van het 'beschikt vermogen', en het aantal vullasturen wat is gebaseerd op het aantal vullasturen van de referentie case uit de SDE+ categorie waarin wordt aangevraagd.
- CAPEX/OPEX-gegevens beschikbaar via SDE+ subsidie aanvragen (via RVO.nl).

"Geothermal field is a geographical definition, usually indicating an area of geothermal activity at the earth's surface. In cases without surface activity this term may be used to indicate the area at the surface corresponding to the geothermal reservoir below" (Gehring en Loksha 2012).

<sup>13</sup> een extra put kan een derde put bij een geothermische doublet zijn, maar kan ook een vierde of bijvoorbeeld vijfde put van een bestaand geothermisch project zijn. SDE+ staat aanvragen voor een extra put toe als aparte categorie.

- 753 Het vermogen dat de operator aanvraagt bij RVO.nl. Dit is het P50-vermogen van de  
754 geothermische vermogen kans-dichtheid-functie opgesteld op basis van de geologische  
755 onderbouwing en DoubletCalc-berekening van de aanvrager.
- 756 **Beschikt vermogen**  
757 *Pre-drill* Geothermisch Vermogen van het geothermische project in de SDE+-beschikking,  
758 van RVO.nl.
- 759 **Bronvermogen**  
760 Vermogen van het geothermisch project, waarbij het berekeningsmethode voor het bepalen  
761 van het vermogen afhankelijk is van het type project:
- 762 - Voor 'geothermieprojecten - in productie' wordt verwezen naar het 'maximaal  
763 gerealiseerde vermogen'.
  - 764 - Voor 'geothermieprojecten - nog niet in productie (al wel gerealiseerd)' wordt  
765 verwezen naar het 'vermogen van het DoubletCalc-realisatiescenario.
  - 766 - Voor 'geothermieprojecten - niet in productie (aangevraagd)' wordt verwezen naar  
767 het 'beschikt vermogen'.
- 768
- 769 **DoubletCalc-realisatiescenario**  
770 Dit is het vermogen dat berekend met behulp van DoubletCalc wordt op basis van de  
771 geologische parameters voortvloeiend uit de boor- en testgegevens van de putten en de  
772 gerealiseerde put- en installatieconfiguratie.
- 773 **Energie**  
774 Als het vermogen van het geothermisch productiesysteem wordt ingezet door het systeem  
775 draaiuren te laten maken wordt energie geproduceerd. Energie wordt gerapporteerd in J, GJ,  
776 PJ of kWh.
- 777 **Gecorrigeerd verwacht vermogen**  
778 Het product van het bronvermogen van 'geothermieprojecten - nog niet in productie (al wel  
779 gerealiseerd)' en 'geothermieprojecten - niet in productie (aangevraagd)' met de vermogens-  
780 realisatiefactor.
- 781 **Geothermische hulpbron**  
782 Geothermische hulpbron (*geothermal energy resources*) zijn de cumulatieve hoeveelheden  
783 Geothermische Energieproducten die in de toekomst uit de Geothermische Bron zullen  
784 worden geproduceerd vanaf de referentie datum tot een moment in de toekomst (tot het  
785 einde van de Projectlooptijd) gemeten of berekend bij het referentiepunt (*reference point*).
- 786 Dat deel van het geothermisch potentieel van een geothermisch project dat onder de SDE+  
787 valt is: het bronvermogen \* aantal SDE+ vollasturen per jaar (??uur) \* looptijd (=15 jaar) =  
788 ?? GJ of kWh.<sup>14</sup>
- 789 **Het te gebruiken vermogen voor SDE+-basisbedragberekening**  
790 Het door TNO AGE aangegeven bronvermogen dat gebruikt is voor de parameters en figuren  
791 in deze notitie en voor de onderliggende berekeningen voor het SDE+-basisbedrag.
- 792 **Maximaal gerealiseerd vermogen**

<sup>14</sup> Definitie voor 'Geothermische hulpbron' is afgeleid van de volgende Engelstalige definitie voor 'Geothermal Energy Resources' uit: 'Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-2009) to Geothermal Energy Resources" september 2016':  
Geothermal Energy Resources: Geothermal Energy Resources are the cumulative quantities of Geothermal Energy Products that will be extracted from the Geothermal Energy Source, from the Effective Date of the evaluation forward (till the end of the Project Lifetime/Limit), measured or evaluated at the Reference Point

793 - *Post-drill* jaarvermogen van een producerend (of in het verleden producerend)  
794 geothermisch project, waarbij de maand waarin het hoogste vermogen is  
795 gerealiseerd representatief wordt gemaakt voor de gehele levensduur van het  
796 project. Dit wordt synoniem geacht aan de in de geothermische wereld gebruikte  
797 term *installed power*.<sup>15</sup>  
798

#### 799 **Output vermogen**

800 In de tabellen van het SDE+-adviestekst gebruikt vermogen, wat gelijk is gesteld aan het bronvermogen.

#### 801 **P50-vermogen SDE+-aanvraag**

802 Zie definitie 'aangevraagd vermogen'

#### 803 **P50-vermogen SDE+-TNO AGE-audit**

804 De P50-waarde van de geothermische vermogen kans-dichtheid-functie opgesteld n.a.v. de  
805 TNO-AGE-audit van het "aangevraagde vermogen". Mede op basis van dit vermogen  
806 definieert RVO.nl het "beschikte vermogen". RVO.nl kan iets anders beschikken dan de TNO  
807 AGE-audit voorstelt.

#### 808 **Vermogen**

809 Vermogen is een natuurkundige grootte voor de energie (arbeid) per tijdseenheid. De SI-  
810 eenheid voor vermogen is de watt (W). Een geothermisch productiesysteem is uitgelegd /  
811 gebouwd om een bepaald vermogen te kunnen realiseren. Het vermogen van een  
812 geothermisch productiesysteem wordt in het algemeen uitgedrukt in Mega-Watt thermisch  
813 (MWth).

#### 814 **Vermogensrealisatiefactor**

815 Het quotiënt van het 'maximaal gerealiseerde vermogen' en het 'beschikt vermogen'  
816 ('Vermogensrealisatiefactor' = 'maximaal gerealiseerd vermogen' / 'beschikt vermogen')

817

## 818 **Definities – Energieproductie**

#### 819 **Draaiuren per jaar**

820 Het aantal uren per jaar dat in het primaire circuit (zoute kant van de warmtewisselaar)  
821 water wordt rondgepompt en waar tijdens die formatiewatercirculatie warmte wordt  
822 onttrokken aan deze primaire waterstroom.

#### 823 **Jaarlijkse energieproductie**

824 Dit is de hoeveelheid energie, die ook in het kader van de SDE+ gemeten en gerapporteerd  
825 wordt (op maandbasis) aan RVO.nl teneinde de SDE+-uitkering te krijgen. Dit wordt bepaald  
826 in een conform de SDE+-verplichting in een door CertiQ gecertificeerde meetinstallatie.<sup>16</sup>

#### 827 **Vollasturen per jaar**

828 Het quotiënt van de "totale jaarlijkse energie productie" ten opzichte van het  
829 'bronvermogen', uitgedrukt in uren per jaar.

830

#### 831 **Formule 1 Berekening van het aantal vollasturen per jaar.**

---

<sup>15</sup> maximaal gerealiseerd vermogen = (energie geproduceerd in de maand waarin het hoogste bron vermogen is behaald / uren per maand)) uitgedrukt in MWth per jaar

<sup>16</sup> Zie ook <http://www.certiq.nl/energiebron/warmte/geothermie/overzicht-rapportage-eisen/> voor meer informatie over de rapportage eisen.

832 
$$\text{Vollasturen per jaar (uur)} = \frac{\text{Energieproductie per jaar (Wh)}}{\text{Bronvermogen (W)}}$$

833

## 834 Definities - Economie

### 835 Investeringskostenrealisatiefactor

836 Het gemiddelde van het quotiënt van de werkelijke investeringskosten zoals bekend van  
837 gerealiseerde projecten, gedeeld door de verwachte investeringskosten als opgenomen in de  
838 SDE+-subsidieaanvraag.

### 839 O&M-kostenrealisatiefactor

840 Het gemiddelde van het quotiënt van de werkelijke OPEX zoals bekend van gerealiseerde  
841 projecten, gedeeld door de verwachte OPEX als opgenomen in de SDE+-subsidieaanvraag.

### 842 Gecorrigeerde investeringskosten

843 Het product van de investeringskosten van 'geothermieprojecten - nog niet in productie (al  
844 wel gerealiseerd)' en geothermieprojecten - niet in productie (aangevraagd)' met de  
845 investeringskostenrealisatiefactor.

### 846 Gecorrigeerde O&M-kosten

847 Het product van de OPEX van 'geothermieprojecten - nog niet in productie (al wel  
848 gerealiseerd)' en geothermieprojecten - niet in productie (aangevraagd)' met de O&M-  
849 kostenrealisatiefactor.

### 850 Verwachte kosten

851 De investeringskosten en OPEX zoals vermeld in documenten horende bij de SDE+-  
852 subsidieaanvraag bij RVO.nl.

### 853 Werkelijke kosten

854 De investeringskosten en OPEX van gerealiseerde projecten.

855

## 856 Definities - Diepte en/of stratigrafisch bereik

### 857 Geothermieprojecten

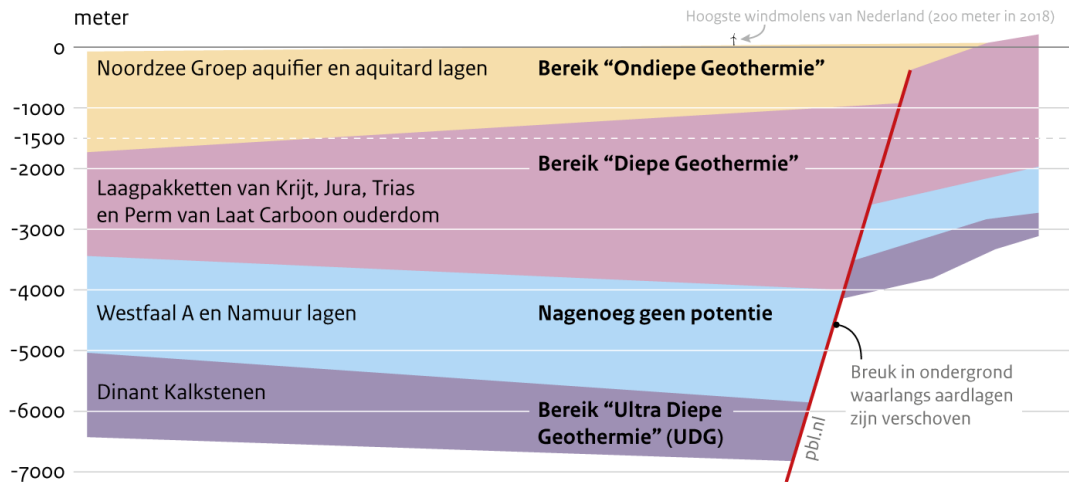
858

859 Geothermische doelaquifers in een bepaalde laag bevinden zich op verschillende dieptes in  
860 de Nederlandse ondergrond. Dit betekent dat één aquiferlaag op verschillende dieptes  
861 voorkomt in Nederland.

862



## Opbouw aardlagen in Nederland



863 Bron: PBL

864 **Figuur B.1: Schematisch overzicht opbouw aardlagen in Nederland. Toelichting bij**  
865 **het "bereik diepe geothermie": dit betreft voornamelijk laagpakketten van Krijt,**  
866 **Jura, Trias en Perm (Rotliegend) van Laat Carboon ouderdom**

867

### 868 **Ondiepe Geothermie**

869 Ondiepe Geothermie wordt in dit SDE++ 2021-advies gedefinieerd als het winnen van  
870 aardwarmte uit de formatielagen van de lithostratigrafische "Noordzee Groep".

### 871 **Diepe Geothermie**

872 Diepe Geothermie wordt gedefinieerd als het winnen van warmte uit laagpakketten dieper  
873 dan 'de basis van de Noordzee Groep' en ondieper dan 4000 meter. Vooralnog betreffen dit  
874 laagpakketten behorend tot Rijnland, Schieland, Onder Germaanse Trias, Boven Rotliegend  
875 Groep en mogelijk gesteentepakketten uit de Chalk, Zechstein en Limburg Groep. Afhankelijk  
876 van de locatie in Nederland liggen de laagpakketten typisch voor UDG ook ondieper en vallen  
877 zij derhalve in de "Diepe Geothermie".

### 878 **Ultra Diepe Geothermie**

879 Ultra Diepe Geothermie als het winnen van warmte uit laagpakketten die dieper dan 4000  
880 meter liggen. Vooralnog zijn dat gesteente pakketten van Vroeg Carboon (Dinantien  
881 kalksteen) en Devoon ouderdom.

882

# Literatuur

883

884 Gehring, Magnus, en Victor Loksha. 2012. *Geothermal Handbook: Planning and financing*  
885 *power generation*. Washington, USA: ESMAP-World Bank.

886 in 't Groen, Bart, de Caja Vries, Harmen Mijnlief, en Koen Smekens. 2019. *Conceptadvies*  
887 *SDE+ 2020, geothermie*. Den Haag: PBL.

888 Lensink, Sander. 2019. *Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2020*. Den Haag: PBL.

889 Lensink, Sander. 2018-b. *Aanvullende berekeningen SDE+ 2019*. Den Haag: PBL.

890 Schepers, B., T. Scholten, G. Willemsen (IF-Technology), M. Koenders (IF-Technology), en B.  
891 de Zwart (IF-Technology). 2018. *Weg van Gas*. RVO, TKI Urban Energy, CE.

892 Smekens, Koen, Harmen Mijnlief, Bart Groen, in 't, en Caja de Vries, 2019. *Conceptadvies*  
893 *SDE++ 2020, Notitie Geothermie*. Den Haag: PBL.

894 UNECE. 2016. *Specifications for the application of the United Nations Framework*  
895 *Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 (UNFC-*  
896 *2009) to Geothermal Energy Re-sources*. UNECE.  
897 [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC\\_GEOHTH/UNFC.Ge](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC_GEOHTH/UNFC.Geothermal.Specs.pdf)  
898 [othermal.Specs.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/UNFC_GEOHTH/UNFC.Geothermal.Specs.pdf).

899