



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

CONCEPTADVIES SDE++ 2021 ENERGIE UIT WATER

**Bart in 't Groen (DNV GL), Koen Smekens, Luuk Beurskens
(TNO EnergieTransitie) en Sander Lensink (PBL)**

5 mei 2020

TNO



DNV·GL

PBL

12 **Colofon**

13 **Conceptadvies SDE++ 2021 Energie uit water**

14 © PBL Planbureau voor de Leefomgeving

15 Den Haag, 2020

16 PBL-publicatienummer: 4109

17 **Contact**

18 sde@pbl.nl

19 **Auteurs**

20 Bart in 't Groen (DNV GL), Luuk Beurskens, Koen Smekens (TNO Energie Transitie) en San-
21 der Lensink (PBL)

22 **Redactie figuren**

23 Beeldredactie PBL

24 **Eindredactie en productie**

25 Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:
26 in 't Groen, B., Beurskens, L., Smekens, K., Lensink S. (2020), Conceptadvies SDE++ 2021
27 Energie uit water, Den Haag: PBL.

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

34

35

Inhoud

37	Bevindingen energie uit water	4
38	1 Algemene introductie	4
39	2 Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm	5
40	2.1 Beschrijving referentie-installatie	5
41	2.2 Kostenbevindingen	5
42	3 Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm, renovatie	6
43	3.1 Beschrijving referentie-installatie	6
44	3.2 Kostenbevindingen	6
45	4 Waterkracht, valhoogte < 50 cm	7
46	4.1 Beschrijving referentie-installatie	7
47	4.2 Kostenbevindingen	7
48	5 Osmose	8
49	5.1 Beschrijving referentie-installatie	8
50	5.2 Kostenbevindingen	8
51	6 Aquathermie – Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)	9
52	6.1 Beschrijving referentie-installatie	9
53	6.2 Kostenbevindingen	13
54	7 Aquathermie – Thermische energie uit afvalwater (TEA)	14
55	7.1 Beschrijving referentie-installatie	14
56	7.2 Kostenbevindingen	16
57	8 Uitvraag	17
58		
59		
60		
61		
62		
63		
64		
65		
66		
67		

68 Bevindingen energie 69 uit water

70 1 Algemene introductie

71 Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) adviseert, met ondersteuning van TNO Energie-
72 Transitie en DNV GL, het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) over verschil-
73 lende onderdelen van de Subsidieregeling voor Duurzame Energie (SDE++). Het ministerie
74 van Economische Zaken en Klimaat heeft aan het PBL gevraagd om advies uit te brengen
75 over de subsidiehoogtes voor elektriciteit uit waterkracht en aquathermie in 2021; dit hoofd-
76 stuk beschrijft de bevindingen voor energie uit water. Achtereenvolgens worden in de vol-
77 gende hoofdstukken de bevindingen van het kostenonderzoek, de beschrijvingen van de
78 referentie-installaties en de adviezen van de basisbedragen gegeven. Hierbij wordt onder-
79 scheid gemaakt tussen de volgende categorieën:

- 80 • Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm
- 81 • Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm, renovatie
- 82 • Waterkracht, valhoogte < 50 cm
- 83 • Osmose
- 84 • Aquathermie – Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO)
- 85 • Aquathermie – Thermische Energie uit Afvalwater (TEA)

86
87 In dit conceptadvies wordt, na onze beschouwing van de ontwikkelingen op dit gebied, de
88 kostenstructuur voor projecten op basis van energie uit water in Nederland geëvalueerd. In
89 de geëvalueerde projectdata zijn zowel projecten aanwezig die duurder als goedkoper uitge-
90 voerd worden, in vergelijking met het huidige basisbedrag. Achtereenvolgens komen de refe-
91 rentie-systemen aan de orde, gevolgd door de kostenbevindingen en tenslotte de
92 voorgestelde basisbedragen. We sluiten af met een korte opsomming van vragen aan de
93 markt.

94 95 **Marktconsultatie**

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

100
101 Op basis van schriftelijke reacties uit de markt en marktconsultatiegesprekken stelt het PBL
102 vervolgens het uiteindelijke eindadvies op voor EZK. De minister van EZK besluit uiteindelijk
103 aan het eind van het jaar over de openstelling van de nieuwe SDE++-regeling, de open te
104 stellen categorieën en de bijbehorende basisbedragen.

105
106 Nadere informatie is te vinden via de website: www.pbl.nl/sde.

2 Waterkracht, valhoogte \geq 50 cm

2.1 Beschrijving referentie-installatie

Nederland is een relatief vlak land en daardoor is het verval van rivieren in de Nederlandse delta gering. Toch zijn bestaande civiele werken (kunstwerken) in rivieren geschikt om voldoende valhoogte te creëren om te gebruiken voor elektriciteitsopwekking in waterkrachtcentrales. In de praktijk varieert deze doorgaans van drie tot zes meter, maar hij kan oplopen tot elf meter in uitzonderlijke situaties, zoals bij enkele sluizen. Voor de categorie Waterkracht, valhoogte \geq 50 cm is de referentie-installatie onveranderd gebaseerd op een voor Nederland gemiddelde valhoogte (minder dan vijf meter).

De spreiding in projectkosten voor deze categorie is onverminderd groot. Met het toenemende aantal SDE++ aanvragen, neemt ook de beschikbare data toe waarop de specifieke projectkosten gebaseerd worden. Op basis van deze data stellen we voor de investeringskosten te verlagen naar 6000 €/kW en de O&M-kosten te verhogen naar 125 €/kW/jaar. Het resultaat is dat het basisbedrag daalt, maar nog boven de SDE++-grens van 0,130 €/kWh ligt.

2.2 Kostenbevindingen

De technisch-economische parameters waar het basisbedrag op is gebaseerd zijn te vinden in tabel 2-1.

Tabel 2-1. Technisch-economische parameters Waterkracht, valhoogte \geq 50 cm

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2020	Advies SDE++ 2021
Installatiegrootte	[MW]	1,0	1,0
Vollasturen	[uur/jaar]	5700	5700
Investeringskosten	[€/kW]	8000	6000
Vaste O&M-kosten	[€/kW/jaar]	100	125

In tabel 2-2 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 2-2. Overzicht van subsidieparameters Waterkracht, valhoogte \geq 50 cm

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2020	Advies SDE++ 2021
Basisbedrag	[€/kWh]	0,161	0,131
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

3 Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm, renovatie

3.1 Beschrijving referentie-installatie

Voor de categorie *Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm, renovatie* wordt ervan uitgegaan dat bij de referentie-installatie de turbines vervangen zullen worden voor visvriendelijke(re) varianten. Een dergelijke innovatieve turbine lijkt vooralsnog de voornaamste manier om aan de strengere eisen op het gebied van het voorkómen van vissterfte te voldoen. Het is zeer waarschijnlijk dat bij een dergelijke renovatie ook (een deel van) de elektrische infrastructuur, zoals de generator, transformatoren en bediening moeten worden aangepast. Er wordt aangenomen dat de benodigde aanpassingen aan de civiele werken (de kunstwerken) nihil zijn. Het lagere aantal vollasturen, in vergelijking met de categorie *Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm*, is gebaseerd op de vollasturen van bestaande installaties geschikt voor renovatie.

3.2 Kostenbevindingen

De parameters voor deze categorie zijn niet veranderd ten opzichte van het eindadvies SDE+ 2020. Een overzicht van de technisch-economische parameters voor de referentie-installatie staat in tabel 3-1. In tabel 3-2 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

Tabel 3-1. Technisch-economische parameters Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm, renovatie

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2020	Advies SDE++ 2021
Installatiegrootte	[MW]	1,0	1,0
Vollasturen	[uur/jaar]	2600	2600
Investeringskosten	[€/kW]	1600	1600
Vaste O&M-kosten	[€/kW/jaar]	80	80

Tabel 3-2. Overzicht van subsidieparameters Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm, renovatie

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2020	Advies SDE++ 2021
Basisbedrag	[€/kWh]	0,097	0,097
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

4 Waterkracht, valhoogte < 50 cm

4.1 Beschrijving referentie-installatie

Naast het plaatsen van stuwdammen in rivieren, waarbij het gecreëerde verval zorgt voor de opwekking van elektriciteit uit water, is het ook mogelijk om in vrij stromend water energie op te wekken. De categorie *Waterkracht, valhoogte < 50 cm* is bedoeld voor technieken zoals energie uit getijden of onderzeese stroming en energie uit golven, waarbij de opgewekte elektriciteit niet zozeer voorkomt uit het verval, maar uit de beweging van het water. Hieronder valt ook getijdenstroming door damdoorlatingen met bidirectionele opwekking (*inshore vrije-getijden-stromingsenergie*), indien de valhoogte beperkt blijft tot minder dan een halve meter.

4.2 Kostenbevindingen

Tabel 4-1 staan de gebruikte technisch-economische parameters voor energie uit waterkracht, valhoogte < 50 cm waaronder vrije stroming en golfenergie. Deze zijn niet veranderd ten opzichte van het eindadvies van vorig jaar. De variatie in kosten per techniek is relatief groot, maar het basisbedrag ligt significant boven de bovengrens in de SDE++ van 0,130 €/kWh. In tabel 4-2 zijn het basisbedrag en de looptijd van de subsidie weergegeven.

Tabel 4-1. Technisch-economische parameters Waterkracht, valhoogte < 50 cm

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2020	Advies SDE++ 2021
Installatiegrootte	[MW]	1,5	1,5
Vollasturen	[uur/jaar]	3700	3700
Investeringskosten	[€/kW]	5100	5100
Vaste O&M-kosten	[€/kW/jaar]	155	155

Tabel 4-2. Overzicht van subsidieparameters Waterkracht, valhoogte < 50 cm.

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2020	Advies SDE++ 2021
Basisbedrag	[€/kWh]	0,185	0,188
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

5 Osmose

178

179 5.1 Beschrijving referentie-installatie

180 Voor deze categorie wordt een basisbedrag berekend voor een osmosecentrale, waarbij elek-
181 triciteit wordt opgewekt door het verschil in zoutconcentratie tussen zout en zoet water.
182 Hierbij kan gebruik worden gemaakt van zouthoudend industrieel proceswater of zeewater.
183 De onzekerheid in de kosten van deze categorie is vanwege het vroege stadium van de ont-
184 wikkeling nog zeer groot.

185 5.2 Kostenbevindingen

186 Het basisbedrag voor deze categorie is ruim boven 0,20 €/kWh. In tabel 5-1 zijn de tech-
187 nisch-economische parameters voor osmose weergegeven.

188

189 **Tabel 5-1. Technisch-economische parameters Osmose**

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2020	Advies SDE++ 2021
Installatiegrootte	[MW]	1,0	1,0
Vollasturen	[uur/jaar]	8000	8000
Investeringskosten	[€/kW]	37000	37000
Vaste O&M-kosten	[€/kW/jaar]	213	213

190

191 Het basisbedrag voor deze categorie is ruim boven 0,20 €/kWh. In tabel 5-2 zijn het basisbe-
192 drag en enkele andere subsidieparameters voor weergegeven.

193

194 **Tabel 5-2. Overzicht van subsidieparameters Osmose**

Parameter	Eenheid	Advies SDE+ 2020	Advies SDE++ 2021
Basisbedrag	[€/kWh]	> 0,200	> 0,200
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

6 Aquathermie – Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)

6.1 Beschrijving referentie-installatie

Bij thermische energie uit oppervlaktewater wordt warmte, middels een warmtewisselaar onttrokken uit het oppervlaktewater. Dit kan zowel stromend als stilstaand oppervlaktewater zijn. De temperatuur van het oppervlaktewater is afhankelijk het seizoen (in de zomer ligt de temperatuur beduidend hoger dan in de winter) en varieert hiermee typisch tussen de 5 en 20 °C. Gebruikelijk is om de thermische energie uit het oppervlaktewater op te slaan in een warmte-opslagsysteem (WO-systeem) tijdens de zomer, om zodoende in de winterperiode de opgeslagen warmte door middel van een warmtepomp aan de eindverbruikers te leveren. Door de kleinere temperatuurlift (het verschil tussen de ingaande en uitgaande temperatuur van een warmtepomp) kan deze efficiënter werken. Een WO-systeem is nodig bij deze categorie omdat er anders een warmtepomp ingezet moet worden die een grotere temperatuurlift moet leveren, voornamelijk in de winterperiode, wanneer de temperatuur van het oppervlaktewater laag is en de warmtevraag van de gebouwen het grootst is. Een warmtepomp met een grote temperatuurlift is per definitie minder efficiënt. Het gebruik van een warmtepomp bij een TEO-installatie maakt dat voor deze categorie de warmteafgifte na de warmtepomp leidend is en niet de warmteonttrekking uit het oppervlaktewater of uit de WO.

TEO kan in combinatie met een warmtenet op twee manieren worden toegepast in de gebouwde omgeving: directe warmtelevering en warmtelevering met een collectieve warmtepomp. In het eerste geval wordt de warmte direct geleverd aan de afnemers die elk over een individuele warmtepomp beschikken, waarbij de woningen geschikt moeten zijn voor lage-temperatuurverwarming (bijvoorbeeld goed geïsoleerde woningen voorzien van vloerverwarming). Voor tapwater moet in huidige regelgeving de temperatuur 60 °C zijn. Hiervoor moet het water op een andere manier extra worden opgewarmd.

In het tweede geval, als de ruimteverwarming een hogere temperatuur vraagt, kan een collectieve warmtepomp worden toegepast. Hier wordt de opgeslagen warmte uit de ondergrond opgewaardeerd met een warmtepomp tot circa 50-75 °C, waarna deze warmte wordt geleverd aan de afnemers. Hierbij is een matige tot goede isolatie van gebouwen gewenst en is geen of beperkte aanpassing in het afgiftesysteem nodig. Dit systeem nemen we aan als referentie voor deze categorie.

Figuur 4-1 geeft een voorbeeld van het referentiesysteem. Dit referentiesysteem voor thermische energie uit oppervlaktewater bestaat uit een onttrekkingseenheid die gecombineerd

233 wordt met een WKO-systeem en een collectieve warmtepomp. Voor de berekeningen is een
234 COP-waarde van 3,9 aangenomen voor de warmtepomp, op basis van beschikbare project-
235 data. We geven ter overweging mee om bij de uitvoering van de SDE++-regeling voor deze
236 categorie extra eisen voor de werking van de warmtepomp op te nemen, zoals een minimum
237 COP zoals ook bij de EIA (Energie Investerings Aftrek-regeling) gevraagd wordt.

238

239 Thermische energie uit oppervlaktewater levert warmte aan een relatief klein, lokaal warm-
240 tenet, waarbij ervan wordt uitgegaan dat deze geen basislast zal leveren. In lijn met de an-
241 dere "geen basislast"-categorieën voor warmte is voor deze categorie dan ook 3500
242 vollasturen¹ aangenomen.

243

Hoe de efficiëntie van warmtepompen bij thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) 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:

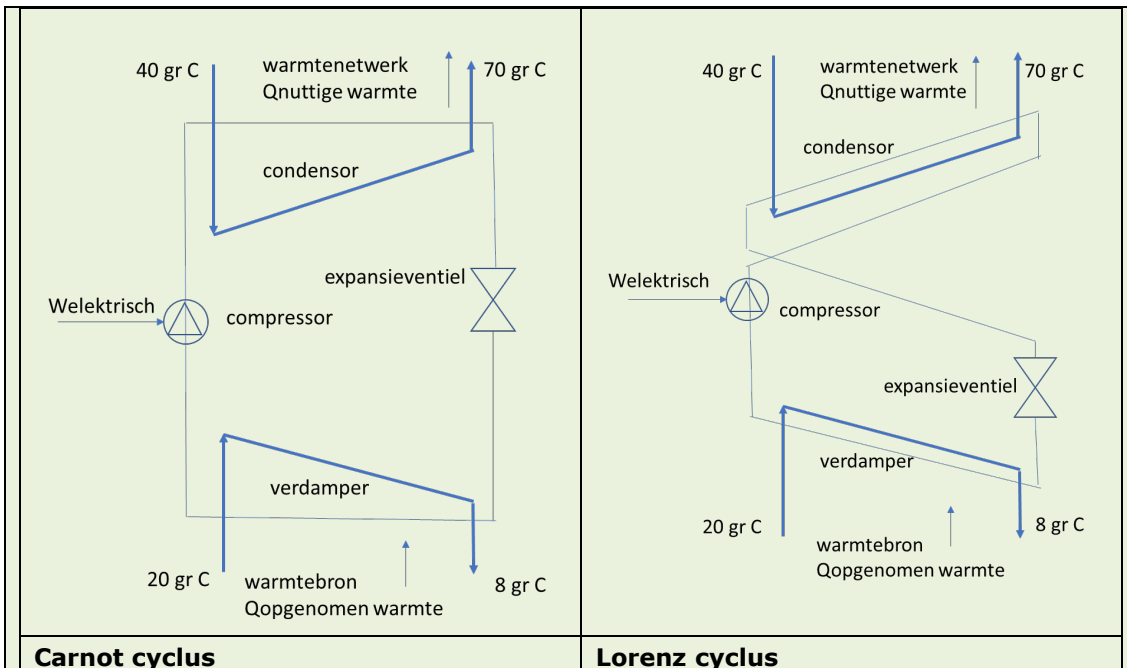
$$COP_h = \frac{Q_{\text{nuttige warmte}}}{W_{\text{elektrisch}}} = \frac{Q_{\text{opgenomen warmte}}}{W_{\text{elektrisch}}} + 1$$

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 er om 4 kW warmtevermogen te leveren 1 kW elektriciteit benodigd is waarbij er voor 3 kW warmte wordt opgenomen uit de duurzame warmtebron. De COP bepaalt dus voor de SDE++ referentie-installatie het elektriciteitsverbruik van de warmtepomp (van belang voor de correctie op de vermeden CO₂-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.

¹ Voor deze categorie worden 3500 vollasturen aangenomen als zijnde geen basislast. Dit wijkt af van de 3000 vollasturen die voor biomassaketels aangenomen worden. De reden en oorzaak van dit verschil ligt in het feit dat een biomassa-installatie aan één enkele afnemer levert, terwijl TEO aan een klein distributienet levert, met een iets meer gelijkmatige warmtevraag, en dus meer vollasturen.



De theoretische COP wordt voor beide cycli als volgt bepaald:

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

Voor de SDE++ referentiesituatie TEO 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. De brontemperatuur van de warmte-opslag schatten we op 20 °C aan het begin van de warmteafgifte periode en 15 °C op het einde ervan. De retourtemperatuur houden we op 8 °C gedurende de hele warmteafgifte periode.

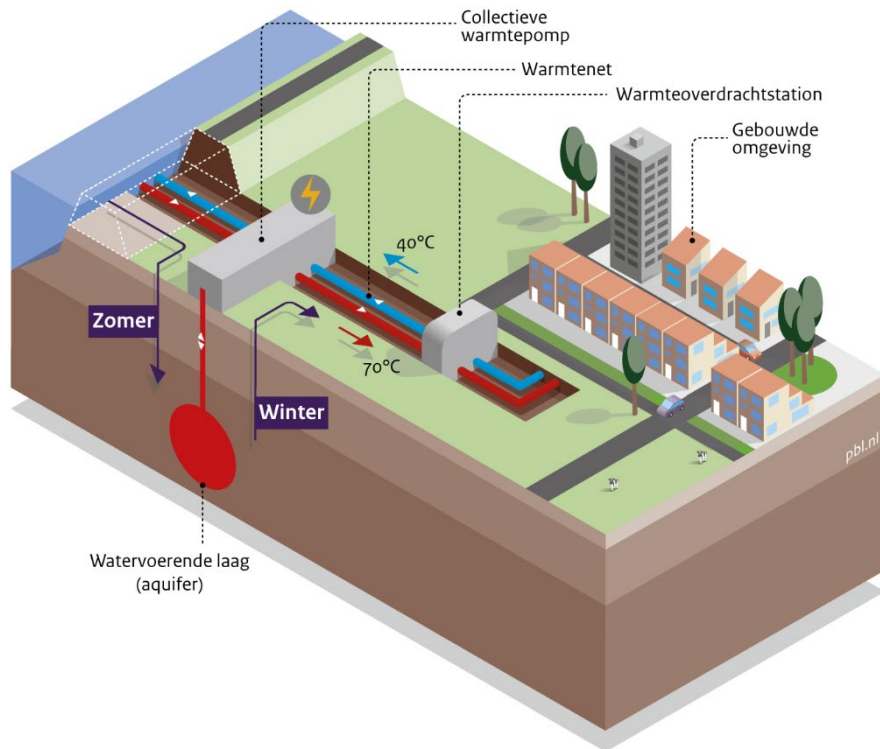
De theoretische COP bedraagt dan 5,5 voor een Carnot cyclus en 7,8 voor een Lorenz cyclus. De werkelijke COP bedraagt ongeveer de helft van deze theoretische COP, omdat er altijd verliezen zijn in bijvoorbeeld de compressor gedurende de compressieslag. De factor voor de werkelijke COP bedraagt 60% voor 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 TEO 3,9 bedraagt.

244
245
246
247
248
249
250
251
252

Voor de referentie-installatie voor het eindadvies SDE++ 2020 gaan we uit van een TEO-systeem, waarbij alleen warmte en geen koude wordt geleverd, uitgevoerd met een WO-systeem en een collectieve warmtepomp. We geven ter overweging mee om bij de uitvoering van de SDE++-regeling voor deze categorie extra eisen op te nemen over het ontbreken van levering van koude. Tevens zijn kosten voor een warmtetransportleiding (700 meter) en een warmteoverdrachtstation (WOS) meegenomen. In tabel 6-1 worden de kosten weergegeven die al dan niet zijn meegenomen.

Figuur 4-1

Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) met collectieve warmtepomp254
255

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

256

Correctiebedrag

257

Een TEO-installatie levert voornamelijk warmte in de winter (de warmte wordt gewonnen en opgeslagen in de zomer) en is typisch gericht op gebouwverwarming. De referentie voor gebouwverwarming is veelal een gasketel met rookgascondensatie, daarom wordt geadviseerd om het correctiebedrag daarop te bepalen op basis van warmte, middelklein.

261

262

Tabel 6-1. Wel en niet meegenomen kosten voor aquathermie – Thermische Energie uit Oppervlaktewater

263

Kostenpost	Groep	Details
Wel meegenomen	Investeringskosten	Onttrekkingsinstallatie warmte oppervlaktewater
		Warmtewisselaar oppervlaktewarmte WO
		WO-systeem (leidingen en pompen)
		Collectieve warmtepomp
		Transportleiding warmte
		Warmeoverdrachtstation (WOS)
	Operationele kosten	Onderhoudskosten
		Elektra voor pompen en warmtepomp
Niet meegenomen	Investeringskosten	Kosten voor een warmtedistributienet naar de afnemers
		Kosten voor lokale woningaansluitingen

	Abandonneringskosten WO
	Restwaarde na SDE++ periode
	Kosten voorbereidingstraject, inclusief financieringskosten en kosten ten gevolge van juridische procedures

264 **6.2 Kostenbevindingen**

265 In tabel 6-2 staan de technisch-economische parameters van de referentie-installatie. Verge-
 266 leken met het SDE++ eindadvies 2020 is de COP verhoogd, wat leidt tot een lager elektrici-
 267 teitsverbruik in voorliggend advies. De operationele kosten zijn ook geactualiseerd.
 268

269 **Tabel 6-2. Technisch-economische parameters voor TEO**

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE++ 2020	Conceptadvies SDE++ 2021
Thermisch outputvermogen	[MW]	0,88	0,88
Vollasturen warmteafzet	[uur/jaar]	3500	3500
Elektriciteitsverbruik	[MWh/jaar]	994	790
Investeringskosten	[€/kWth]	2401	2401
Vaste O&M-kosten	[€/kWth/jaar]	113	115
Variabele O&M-kosten	[€/kWth/jaar]	0,0019	0,0019

270

271 In tabel 6-3 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

272

273 **Tabel 6-3. Overzicht subsidieparameters voor TEO**

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE++ 2020	Conceptadvies SDE++ 2021
Basisbedrag	[€/kWh]	0,115	0,117
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

274

275

276 7 Aquathermie – 277 Thermische energie 278 uit afvalwater (TEA)

279 7.1 Beschrijving referentie-installatie

280 Dit hoofdstuk beschrijft de bevindingen over thermische energie uit afvalwater (TEA).

281

282 Bij thermische energie uit afvalwater wordt warmte, middels een warmtewisselaar onttrok-
283 ken uit het effluent van een afvalwaterzuivering. De temperatuur van het effluent is afhanke-
284 lijk het seizoen. In de zomer ligt de temperatuur beduidend hoger dan in de winter en
285 varieert hiermee typisch tussen de 12 en 24 °C. We gaan ervanuit dat de installatie jaarrond
286 produceert en gekoppeld is aan een groter warmtenet, vandaar dat 6000 vollasturen worden
287 aangenomen. Dit hoge aantal vollasturen betekent dat een WKO-systeem geen deel uit-
288 maakt van de referentie-installatie voor een TEA.

289

290 Het gebruik van een warmtepomp bij een TEA-installatie maakt dat voor deze categorie de
291 warmteafgifte na de warmtepomp leidend is en niet de warmteonttrekking uit het afvalwater.
292 TEA kan in combinatie met een warmtenet op twee manieren worden toegepast in de ge-
293 bouwde omgeving: directe warmtelevering en warmtelevering met een collectieve warmte-
294 pomp. In het eerste geval wordt de warmte direct geleverd aan de afnemers die elk over een
295 individuele warmtepomp beschikken, waarbij de woningen geschikt moeten zijn voor lage-
296 temperatuurverwarming (bijvoorbeeld zeer goed geïsoleerde woningen voorzien van vloer-
297 verwarming). Voor tapwater moet in huidige regelgeving de temperatuur 60 °C zijn. Hiervoor
298 moet het water op een andere manier extra worden opgewarmd.

299

300 In het tweede geval, als de ruimteverwarming een hogere temperatuur vraagt, kan een col-
301 lectieve warmtepomp worden toegepast. In dat geval wordt de onttrokken warmte uit het ef-
302 fluent van het afvalwater opgewaardeerd met een warmtepomp tot circa 75 °C, waarna deze
303 warmte wordt geleverd aan de afnemers. Hierbij is een matige tot goede isolatie van gebou-
304 wen gewenst en is geen of beperkte aanpassing in het afgiftesysteem nodig. Dit systeem ne-
305 men we aan als referentie voor deze categorie.

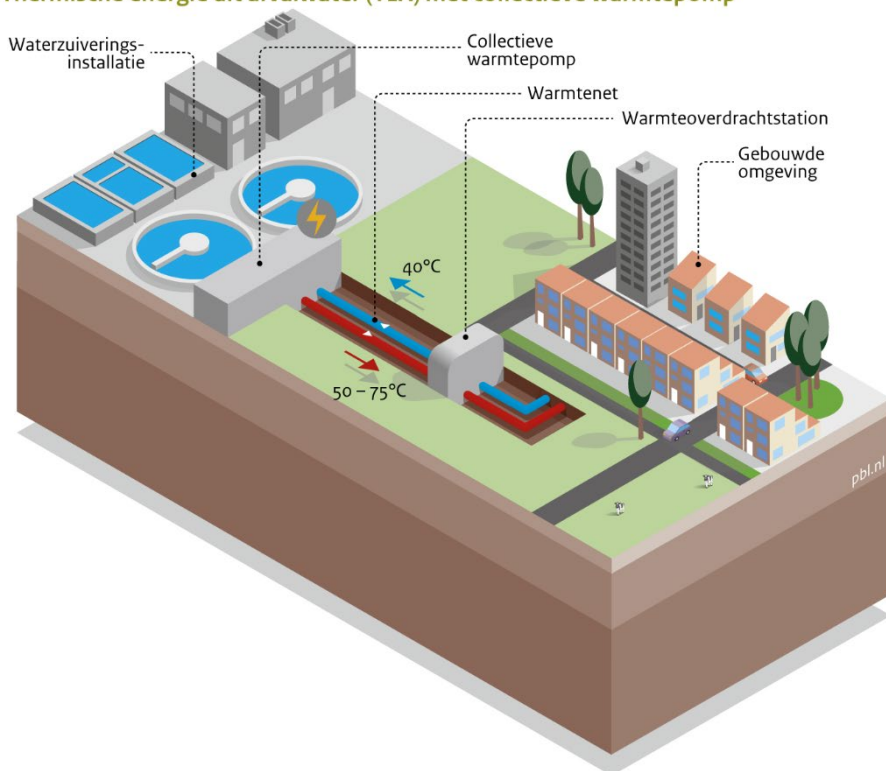
306

307 Figuur 4-2 geeft een voorbeeld van het referentiesysteem. Voor de berekeningen is een COP-
308 waarde van 3,9 aangenomen, op basis van beschikbare projectdata. We geven ter overwe-
309 ging om extra eisen voor de werking van de warmtepomp op te nemen, bijvoorbeeld een mi-
310 nimum COP.

311

312 Voor de referentie-installatie voor het eindadvies SDE++ 2020 gaan we uit van een TEA-
313 systeem, waarbij alleen warmte en geen koude wordt geleverd, uitgevoerd met een collec-
314 tieve warmtepomp. Tevens zijn kosten voor een warmtetransportleiding (700 meter) en een
315 warmteoverdrachtstation meegenomen. In tabel 7-1 worden de kosten weergegeven die al
316 dan niet zijn meegenomen.

Figuur 4-2

Thermische energie uit afvalwater (TEA) met collectieve warmtepomp

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

319

320 Correctiebedrag

321 Een TEA-installatie kan invoeden op een stadsverwarmingsnet voor verwarming van gebou-
 322 wen. Die worden momenteel veelal gevoed door een combinatie van duurzame bronnen
 323 (restwarmte, warmte uit afvalverbranding, biomassaketels), flexibele WKK's, gasketels of
 324 olieketels. Binnen dit spectrum kan een TEA-installatie de basis- en middenlast van de warm-
 325 tevraag leveren. De referentie voor gebouwverwarming is veelal een gasketel met rookgas-
 326 condensatie, daarom wordt geadviseerd om het correctiebedrag daarop te bepalen op basis
 327 van warmte, middelklein.

328

329 **Tabel 7-1. Wel en niet meegenomen kosten voor aquathermie – Thermische energie uit Afvalwater**
 330

Kostenpost	Groep	Details
Wel meegenomen	Investeringskosten	Onttrekkingsinstallatie warmte effluent afvalwater
		Collectieve warmtepomp
		Transportleiding warmte
		Warmteoverdrachtstation (WOS)
	Operationele kosten	Onderhoudskosten
		Elektra voor pompen en warmtepomp
Niet meegenomen	Investeringskosten	Kosten voor een warmtedistributienet naar de afnemers
		Kosten voor lokale woningaansluitingen
		Restwaarde na SDE++-periode
		Kosten voorbereidingstraject, inclusief financieringskosten en kosten ten gevolge van juridische procedures

331 **7.2 Kostenbevindingen**

332 In tabel 7-2 staan de technisch-economische parameters van de referentie-installatie. Ther-
 333 mische Energie uit Drinkwater (TED) heeft dezelfde subsidiebehoefte als TEA. Vergeleken
 334 met het SDE++ eindadvies 2020 is de COP verhoogd, wat leidt tot een lager elektriciteitsver-
 335 bruik in voorliggend advies. De operationele kosten zijn ook geactualiseerd.

336

337

338 **Tabel 7-2. Technisch-economische parameters voor TEA**

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE++ 2020	Conceptadvies SDE++ 2021
Thermisch outputvermogen	[MW]	1	1
Vollasturen warmteafzet	[uur/jaar]	6000	6000
Elektriciteitsverbruik	[MWh/jaar]	1935	1523
Investeringskosten	[€/kWth]	2369	2369
Vaste O&M-kosten	[€/kWth/jaar]	170	173
Variabele O&M-kosten	[€/kWhth/jaar]	0,0019	0,0019

339

340 In tabel 7-3 zijn het basisbedrag en enkele andere subsidieparameters weergegeven.

341

342 **Tabel 7-3. Overzicht subsidieparameters voor TEA**

Parameter	Eenheid	Eindadvies SDE+ 2020	Conceptadvies SDE++ 2021
Basisbedrag	[€/kWh]	0,077	0,079
Looptijd subsidie	[jaar]	15	15

343

344

345

346

347
348

349 8 Uitvraag

350

351 Waterkracht

- 352 • We zouden graag informatie actualiseren over onderstaande categorieën, en vragen
353 de markt informatie aan te leveren of te delen via de marktconsultatie:
- 354 ○ Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm
 - 355 ○ Waterkracht, valhoogte ≥ 50 cm, renovatie
 - 356 ○ Waterkracht, valhoogte < 50 cm
 - 357 ○ Osmose

358

359 Aquathermie

- 360 • De voorgestelde categorie gaat uit van oppervlaktewater of het effluent van een af-
361 valwaterstation als warmtebron. Er bestaan ook alternatieven, met name waarbij de
362 ingaande stroom aan afvalwater of drinkwater als duurzame warmtebron gebruikt
363 kan worden, nog steeds in combinatie met een warmtepomp en eventueel een WO.
364 Graag vragen we de markt of er redenen kunnen zijn voor een afzonderlijke catego-
365 rie voor beide varianten.
- 366 • Kan de markt nadere kentallen delen over separate WO-systemen (investeringskos-
367 ten in €/kW, maar ook €/kWh opslagcapaciteit, vollasturen warmte, thermisch ver-
368 mogen).
- 369 • Kan de markt nadere kentallen delen over Warmte Koude Opslag (WKO) systemen,
370 en aangeven waarom de markt eventueel vindt dat er geen sprake zou zijn van kans
371 op overstimulering bij opslagsystemen waarbij naast warmte ook koude wordt opge-
372 slagen in combinatie met bijvoorbeeld een TEO installatie?
- 373 • Kan de markt gegevens aandragen die toelaten om voor Thermische Energie uit
374 Drinkwater (TED) te onderzoeken of het basisbedrag hiervoor ongeveer gelijkwaardig
375 is aan TEA of niet?
- 376 • Ziet de markt potentieel om bij TEA ook aan het influent warmte te onttrekken? En
377 wat zouden de kengetallen zijn van dergelijk systeem vergeleken met een TEA met
378 warmte-onttrekking uit het effluent?