

**Protocol**

**Ontwerp, realisatie en beheer van  
het ondergrondse deel van  
bodemenergiesystemen**

**Protocol 11001**



**Versie 0.2, 05-10-2011**

## Inhoudsopgave

	<b>1 Doel en reikwijdte van het protocol</b> .....	<b>5</b>
	<b>2 Principe en definities</b> .....	<b>7</b>
5	2.1 Principe.....	7
	2.2 Definities.....	7
	<b>3 Plaats van het protocol in het kwaliteitssysteem</b> .....	<b>9</b>
	3.1 Relatie met andere normatieve documenten.....	9
	3.2 Plaats binnen het kwaliteitssysteem.....	10
10	<b>4 Ontwerp</b> .....	<b>11</b>
	4.1 Vastlegging uitgangspunten en communicatie.....	11
	4.2 Geohydrologisch vooronderzoek.....	11
	4.2.1 Open systemen.....	11
	4.2.2 Gesloten systemen.....	13
15	4.3 Nader geohydrologisch onderzoek.....	14
	4.3.1 Open systemen.....	14
	4.3.2 Gesloten systemen.....	15
	4.4 Energieconcept.....	15
	4.4.1 Open systeem.....	15
20	4.4.2 Gesloten systeem.....	16
	4.5 Bron en boorgatconfiguratie.....	16
	4.5.1 Open systemen.....	16
	4.5.2 Gesloten systemen.....	18
	4.6 Effectberekeningen.....	20
25	4.6.1 Open systemen.....	20
	4.6.2 Gesloten systemen.....	21
	4.7 informatieoverdracht.....	22
	<b>5 Detail engineering</b> .....	<b>23</b>
	5.1 Vastlegging uitgangspunten en communicatie.....	23
30	5.2 Open bronnen.....	24
	5.3 Gesloten bronnen.....	25
	5.4 Hydraulisch circuit open systemen.....	26
	5.4.1 Ontwerp eisen.....	26
	5.4.2 Materiaal eisen.....	28
35	5.5 Hydraulisch circuit gesloten systemen.....	29
	5.5.1 Ontwerp eisen.....	29
	5.5.2 Materiaal eisen.....	31
	5.6 Regeling.....	31
	5.6.1 Open systemen.....	32
40	5.6.2 Gesloten systemen.....	32
	5.7 Onderhoud, beheer en monitoring.....	32
	5.7.1 Onderhoud en beheerplan open bronnen.....	32
	5.7.2 Onderhoud en beheerplan gesloten bronnen.....	33
	5.8 Verslaglegging Ontwerpfase.....	34
45	5.8.1 Open systemen.....	34
	5.8.2 Gesloten systemen.....	34
	<b>6 Realisatie</b> .....	<b>36</b>



	6.1 Voorbereiding realisatie .....	36
	6.2 Uitvoering .....	37
	6.2.1 Open bronnen .....	38
	6.2.2 Gesloten bronnen .....	41
5	6.2.3 Hydraulisch circuit .....	43
	6.2.4 Regeling en monitoring .....	44
	6.3 Inbedrijfstelling en testen .....	45
	6.4 Onderhoud en beheer .....	46
	6.5 Revisie .....	46
10	<b>7 Beheer en onderhoud .....</b>	<b>48</b>
	7.1 Onderhoud en beheer .....	48
	7.2 Beheer (inclusief monitoring) .....	48
	7.3 Onderhoud .....	49
15	7.3.1 Preventief onderhoud .....	49
	7.3.2 Correctief onderhoud .....	50
	<b>Bijlage 1 Communicatiemodel .....</b>	<b>51</b>
	<b>Bijlage 2 Overzicht eisen aan open en gesloten systemen .....</b>	<b>58</b>
	<b>Bijlage 3 Nader geohydrologisch onderzoek .....</b>	<b>62</b>
20	<b>Bijlage 4 Norm voor infiltratie- en onttrekkingsbronnen .....</b>	<b>64</b>



### **Kenmerk**

SIKB-officiële doc. \_S\_11\_XXXX

### **Eigendomsrecht**

- 5 Dit protocol is opgesteld in opdracht van en uitgegeven door de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB). Het Centraal College van Deskundigen (CCvD) Bodembeheer, ondergebracht bij SIKB, beheert dit protocol inhoudelijk. De actuele versie staat op de website van SIKB ([www.sikb.nl](http://www.sikb.nl)) en is op elektronische wijze tegen ongewenste aanpassingen beschermd. Het is niet toegestaan om wijzigingen aan te brengen in de originele en door het CCvD Bodembeheer goedgekeurde en vastgestelde teksten met het doel  
10 hieraan rechten te (kunnen) ontlennen.

### **Vrijwaring**

- 15 SIKB is behoudens in geval van opzet of grove schuld niet aansprakelijk voor schade die bij de certificatie-instelling, het gecertificeerde bedrijf of derden ontstaat door het toepassen van dit protocol met de beoordelingsrichtlijn waarbij dit hoort en het gebruik van deze certificatieregeling.

### **© Copyright SIKB**

Overname van tekstdelen is toegestaan met bronvermelding. Alle rechten berusten bij SIKB.

### **Bestelwijze**

- 20 Dit protocol is, evenals de beoordelingsrichtlijn waarbij dit hoort, in digitale vorm kosteloos te verkrijgen bij SIKB. Een ingebonden versie kunt u bestellen tegen kosten, op te vragen bij SIKB.

### **Updateservice**

- 25 Door het CCvD Bodembeheer vastgestelde mutaties in dit protocol zijn te verkrijgen bij SIKB. Via [www.sikb.nl](http://www.sikb.nl) kunt u zich aanmelden voor automatische toezending van mutaties. U kunt daar ook verzoeken tot toezending per post van de gratis reguliere nieuwsbrief van SIKB, [info@sikb](mailto:info@sikb).

### **Helpdesk/gebruiksaanwijzing**

- 30 Voor vragen over inhoud en toepassing van dit protocol kunt u terecht bij uw certificatie-instelling of bij SIKB. Voor geschillen zie de klachten- en geschillenregeling in de beoordelingsrichtlijn waarbij dit protocol hoort.



## 1 Doel en reikwijdte van het protocol

### *Toelichting*

*Aanleiding: doelmatig en zorgvuldig gebruik van de ondergrond*

5 *Aanleiding voor de overheid voor certificering van energieopslagsystemen is dat de ondergrond gebruikt wordt voor een energiezuinige techniek. Elke ingreep in de bodem is in principe een verstoring. De overheid stelt vanuit het oogpunt van bodembescherming de eis, dat de ingreep in de bodem minimaal en nuttig moet zijn.*

10 *Doel van het protocol*

*Doel van het protocol is het beschrijven van eisen, niet zijnde financiële en organisatorische aspecten, aan ontwerp, detailengineering, realisatie en beheer van het ondergrondse deel van bodemenergiesystemen, zodanig dat bodemenergiesystemen daadwerkelijk energiebesparing opleveren, robuust en betrouwbaar zijn.*

15

### *Uitwerking doelstelling*

*Meer uitgesplitst zijn de doelen van het protocol:*

- *Robuuste en betrouwbare bodemenergiesystemen:*
  - *Borgen van de kwaliteit van systemen met betrekking tot levensduur, storingsgevoeligheid, onderhoudskosten en energie-efficiënte;*
  - *Verbetering van het functioneren van het systeem als een integraal onderdeel van de totale klimaatinstallatie;*
  - *Verbetering van werkprocessen bij ontwerp, realisatie en beheer;*
  - *Voldoen aan gestelde wettelijke eisen.*
- *Energiebesparing*
  - *Het gebruik van een bodemenergiesystemen resulteert daadwerkelijk in energiebesparing.*
- *Duurzaam gebruik van de ondergrond:*
  - *Voorkomen van onnodige verstoring van de bodem;*
  - *Voorkomen van de introductie van verontreinigingen als gevolg van de aanleg, en bedrijfsvoering van het systeem;*
  - *Voorkomen van het verspreiden van bestaande verontreinigingen;*
  - *Voorkomen menging van grondwater van verschillende kwaliteit;*
  - *Voorkomen van schade aan andere belangen;*
  - *Effectief omgaan met de beschikbare ondergrondse ruimte.*

20

25

30

35

### **Reikwijdte van het protocol**

40 Dit protocol vormt samen met BRL SIKB 11000 een certificatieschema dat van toepassing is op ontwerp, detailengineering, realisatie en beheer en onderhoud van het ondergrondse deel van bodemenergiesystemen.

### *Bodemenergiesystemen*

45 Dit protocol is van toepassing op gesloten en open bodemenergiesystemen. In de AMvB Bodemenergie zijn de volgende begripsomschrijvingen opgenomen:

- *gesloten bodemenergiesysteem: installatie waarbij van de bodem, tot een maximale diepte van 500 meter, gebruik wordt gemaakt voor de levering van warmte of koude door van een gesloten circuit van leidingen gebruik te maken, met inbegrip van het bovengrondse deel van de installatie;*
- *open bodemenergiesysteem: installatie waarbij van de bodem, tot een maximale diepte van 500 meter, gebruik wordt gemaakt voor de levering van warmte of koude door grondwater te onttrekken en na gebruik in de bodem terug te brengen, met inbegrip van het bovengrondse deel van de installatie;*

55



### Afbakening 'ondergronds deel'

Dit protocol is van toepassing op het ondergronds deel van bodemenergiesystemen.

5 De scheidingswarmtewisselaar of warmtepomp vormt doorgaans de scheiding van het bovengrondse en ondergrondse gedeelte. In dit certificatieschema worden de wisselaar en de warmtepomp tot het bovengronds gedeelte gerekend. Het bovengronds deel van bodemenergiesystemen valt onder het in paragraaf 3.1 vermelde certificatieschema van de Stichting KBI.

#### 10 Toelichting

*Onder het ondergronds deel van een bodemenergiesysteem vallen bijvoorbeeld:*

- *civieltechnische componenten zoals bronnen, putbehuizingen, bodemlussen, bodemcollectors, etc.;*
- 15 • *werktuigbouwkundige componenten zoals verbindend leidingwerk, pompen, kleppen, afsluiters, etc.;*
- *regeltechnische componenten zoals meet-, regel- en monitorings-apparatuur;*
- *overige elementen zoals de circulatie-vloeistof in gesloten systemen.*

20 De verdere opwekking van warmte en koude valt onder de bovengrondse installatie van bodemenergiesystemen.

25 Regeneratiesystemen om de thermische balans in de bodem te herstellen kunnen ook onderdeel zijn van een bodemenergiesysteem, maar vallen niet onder het ondergrondse gedeelte: het is onderdeel van de opwekking van warmte en koude, en hoort derhalve tot het bovengrondse gedeelte.

#### Toelichting

30 *De eisen in het protocol zijn opgesplitst in vier blokken: ontwerp, detail engineering, realisatie en beheer/onderhoud. Deze blokken sluiten zoveel mogelijk aan bij de werkwijze in de praktijk maar geven daarnaast voldoende ruimte om in meerdere blokken actief te zijn. Het is mogelijk om je voor één of meerdere blokken te laten certificeren. Zo zullen er bv. adviesbureaus zijn die zowel actief zijn in het blok ontwerp als in het blok detailengineering; of boorfirma's die zowel detailengineering als realisatie doen.*

35 *Het protocol formuleert de eisen en het kader waaraan die eisen moeten worden getoetst. In bijlage 3 is een verdere onderbouwing van het toetsingskader gegeven. Er is nadrukkelijk niet voor gekozen om integraal achtergronddocumenten (bv NVOE-richtlijnen en ISSO-publicaties) op te nemen in bijlage 3 omdat:*

- 40 - *Een deel van de achtergronddocumenten verouderde standaarden bevat*
- *Het beheer van het protocol eenvoudiger is op het moment dat er geen directe link ligt met andere standaard documenten.*
- *Het protocol geen leerboek of cursusmateriaal is.*

45 Onderscheid wordt gemaakt in eisen voor open en eisen voor gesloten bodemenergiesystemen. Welke eisen specifiek voor een open of een gesloten bodemenergiesysteem of voor beide type systemen gelden is in tabelvorm weergegeven in bijlage 2, 'Overzicht eisen'.

### **Status**

50 Het Centraal College van Deskundigen (CCvD) Bodembeheer heeft dit ontwerp-protocol op 05-10-2011 vrijgegeven voor een openbare reactieronde.





## 2 Principe en definities

### 2.1 Principe

- 5 Het protocol stelt eisen aan ontwerp, detail engineering, realisatie en beheer van het ondergrondse deel van een energieopslagsysteem, zodanig dat bodemenergiesystemen daadwerkelijk energiebesparing opleveren, robuust en betrouwbaar zijn en voldoen aan de eisen ten aanzien van duurzaam gebruik van de ondergrond. Elke eis is als volgt opgebouwd:
- 10 - Algemene eis: Beschrijving op hoofdlijnen van het doel van de eis.  
- Toetsingskader Beschrijving op basis van welk kader getoetst kan worden en welke alternatieve methoden er zijn.

### 2.2 Definities

- 15 Voor de verschillende aspecten van ontwerp, detailengineering, realisatie en beheer van het ondergronds deel van bodemenergiesystemen gelden de onderstaande eigen definities.

#### Bodemenergiesysteem

- 20 • installatie waarbij van de bodem gebruik wordt gemaakt voor de levering van warmte of koude. Dit door grondwater te onttrekken en na gebruik in de bodem terug te brengen of door van een gesloten circuit van leidingen gebruik te maken, met inbegrip van het bovengrondse deel van de installatie;
- 25 *Toelichting*  
*Een bodemenergiesysteem kent diverse verschijningsvormen. De definitie is zeer breed getrokken zodat alle huidige maar ook toekomstige verschijningsvormen onder dit protocol vallen. Het maakt hiermee niet uit op welke diepte (0-500 m-mv), welke richting (horizontaal, vertikaal, schuin), welke materiaal (buizen, bronnen, palen) of welke configuratie (monobron, recirculatie, u-pipe etc.) er gekozen wordt.*
- 30 • Gesloten bodemenergiesysteem: installatie waarbij van de bodem gebruik wordt gemaakt voor de levering van warmte of koude door van een gesloten circuit van leidingen gebruik te maken, met inbegrip van het bovengrondse deel van de installatie;
- 35 • Open bodemenergiesysteem: installatie waarbij van de bodem gebruik wordt gemaakt voor de levering van warmte of koude door grondwater te onttrekken en na gebruik in de bodem terug te brengen, met inbegrip van het bovengrondse deel van de installatie;
- 40 • Ondergronds gedeelte bodemenergiesysteem: Het gedeelte van het bodemenergiesysteem dat nodig is om energie te onttrekken en/of toe te voegen aan de bodem en over te dragen aan het bovengrondse systeem. Het ondergrondse systeem is gescheiden van het bovengrondse systeem doormiddel van een warmtewisselaar en of de warmtepomp.
- 45 • Ontwerp bodemenergiesysteem: Alle activiteiten, niet zijnde financiële of organisatorische aspecten, die nodig zijn om een bodemenergiesysteem op hoofdlijnen te ontwerpen. Dit betreft het geohydrologisch onderzoek, het energieconcept, de keuze van het systeem en de bron- en/of boorgatconfiguratie.
- 50



- 5 • Detailengineering bodemenergiesysteem: Alle activiteiten, niet zijnde financiële of organisatorische aspecten, die nodig zijn om de uitvoering van een bodemenergiesysteem voor te bereiden. Dit betreft het ontwerp van bronnen en/of boorgaten, het werktuigbouwkundige, elektrotechnisch en regeltechnische detailontwerp.
- 10 • Realisatie bodemenergiesysteem: Alle activiteiten, niet zijn financiële of organisatorische aspecten, die nodig zijn om een bodemenergiesysteem te realiseren, in bedrijf te stellen, te testen.
- 15 • Onderhoud: De tijdens de levensduur van het bodemenergiesysteem ononderbroken uit te voeren reeks van inspecties, onderhoudsbeurten en herstelwerkzaamheden die nodig zijn om de oorspronkelijke functie van de installatie en de technische prestaties van zijn onderdelen te handhaven.
- 20 • Beheer bodemenergiesysteem: Alle activiteiten, niet zijn financiële of organisatorische aspecten, die nodig zijn om een bodemenergiesysteem te bedienen, beheren, te onderhouden. Het dagdagelijkse monitoren van de (energie)prestaties van het bodemenergiesysteem en de daar bijbehorende vergunningsvoorschriften. Ook storingsopvolging en het interpreteren van meldingen vallen onder het beheer.

25





## 3 Plaats van het protocol in het kwaliteitssysteem

### 3.1 Relatie met andere normatieve documenten

5 Dit protocol maakt deel uit van het certificatieschema 'Ontwerp, realisatie en beheer van  
het ondergrondse deel van bodemenergiesystemen'. Op de uitvoering van  
werkzaamheden in dit kader zijn naast de in dit protocol beschreven uitvoeringseisen ook  
10 de algemene eisen aan de kwaliteitsborging door het bedrijf uit BRL SIKB 11000,  
'Ontwerp, realisatie en beheer van het ondergrondse deel van bodemenergiesystemen',  
van toepassing.

Het bedrijf beschikt over een functionerend en gedocumenteerd kwaliteitssysteem dat is  
opgezet volgens en aantoonbaar voldoet aan de eisen vermeld in BRL SIKB 11000. Het  
15 bedrijf toont dit aan door een geldig certificaat afgegeven op basis van BRL SIKB 11000  
te overleggen. Dit certificaat is afgegeven door een certificatie-instelling die voldoet aan  
de volgende voorwaarden:

- de certificatie-instelling is een overeenkomst met SIKB aangegaan voor gebruik van  
het CCvD Bodembeheer voor het certificatieschema onder BRL SIKB 11000;
- de certificatie-instelling is in bezit van een geldige accreditatie voor NEN-EN 45011  
20 voor een voor ontwerp, realisatie en beheer van bodemenergiesystemen relevante  
scope.

De samenhang met eisen uit het certificatieschema onder BRL SIKB 2100, 'Mechanisch  
25 boren', is beschreven in paragraaf 1.5.2 van BRL SIKB 11000.

De samenhang met eisen uit het certificatieschema onder BRL 6000-21, 'Ontwerpen,  
installeren en beheren van het bovengrondse deel van bodemenergie-installaties', in  
beheer bij de Stichting KBI, inclusief de ISSO Publicaties 39, 'Warmte- en koudeopslag in  
30 de bodem', 72, 'Ontwerp en uitvoering van verticale bodemwarmtewisselaars', en 80,  
'Handboek integraal ontwerpen van collectieve installaties met warmtepompen in de  
woningbouw', in beheer bij ISSO, is beschreven in paragraaf 1.5.3 van BRL SIKB 11000.  
Op de met de uitvoerende partij van de in dat certificatieschema uit te wisselen  
informatie zijn de eisen uit hoofdstuk 4 en bijlage 1 van dit protocol van toepassing.

35 Op de uitvoering van grondmechanische effectbepalingen geldt als richtlijn NEN 6740,  
'Geotechniek - TGB 1990 - Basiseisen en belastingen' (zie paragraaf 5.6.1).

Op het voorzien van potentiaalvereffening van een putbehuizing zijn NEN 1010,  
'Veiligheidsbepalingen voor laagspanningsinstallaties', en NEN 3140, 'Bedrijfsvoering van  
40 elektrische installaties - Laagspanning', van toepassing (zie paragraaf 6.2).

#### *Toelichting*

*De provinciale overheid hanteert bij het afgeven van beschikkingen voor bodemenergiesystemen in  
beginsel de BesluitvormingsUitvoeringsMethode Bodemenergiesystemen provinciale taken (BUM BE  
45 deel 1). Evenzo hanteert de provinciale overheid bij het uitvoeren van toezicht en handhaving op  
bodemenergiesystemen in beginsel de (HandhavingsUitvoeringsMethode) Bodemenergiesystemen  
(HUM BE deel 1). De gemeentelijke overheid hanteert bij het afgeven van beschikkingen voor  
bodemenergiesystemen in beginsel de BesluitvormingsUitvoeringsMethode Bodemenergiesystemen  
gemeentelijke taken (BUM BE deel 2). Evenzo hanteert de gemeentelijke overheid bij het uitvoeren  
50 van toezicht en handhaving op bodemenergiesystemen in beginsel de  
HandhavingsUitvoeringsMethode Bodemenergiesystemen (HUM BE deel 2).  
Deze documenten zijn integraal te downloaden vanaf de website van SIKB, [www.sikb.nl](http://www.sikb.nl).*



### 3.2 Plaats binnen het kwaliteitssysteem

5 De wijze van toetsing van de onder het regime van dit protocol uitgevoerde werkzaamheden is vastgelegd in BRL SIKB 11000.

Het bedrijf vult de plaats van dit protocol in het kwaliteitssysteem nader in.



## 4 Ontwerp

### 4.1 Vastlegging uitgangspunten en communicatie

#### *Toelichting*

5 *Voordat wordt overgegaan tot het ontwerpen van het bodemenergiesysteem dient eerst de  
benodigde communicatie met de ontwerpende partij van de bovengrondse installatie plaatst te  
vinden. Dit zodoende dat beide ontwerpen uiteindelijk, op basis van eenduidige basisgegevens,  
randcondities en verantwoordelijkheden, resulteren in een integraal ontworpen systeem(concept).  
Om hiertoe te komen dient de in dit protocol opgenomen communicatiemodel gevolgd te worden.  
10 Dit model is overeenkomstig het communicatiemodel als opgenomen in ISSO-publicatie 73  
Warmte- en koudeopslag in de bodem.*

Eis: doorloop gezamenlijk met de ontwerpende partij van de bovengrondse installatie,  
onderstaande stappen:

- 15 1 Verstrek de ontwerper van de bovengrondse installatie de benodigde  
geohydrologische basisgegevens om een definitieve selectie van het  
systeemconcept te maken conform het communicatiemodel (bijlage 1, tabel 1);
- 2 Controleer de basisgegevens voor het ontwerp van het bodemenergiesysteem, als  
opgegeven door de ontwerper van de bovengrondse installatie, die volgen uit zijn  
20 dimensionering van de bovengrondse installatie (bijlage 1, tabel 2);
- 3 Voorzie de ontwerper van de bovengrondse installatie van de definitieve gegevens  
over retourtemperaturen uit de bronnen (onttrekkingstemperaturen, gemiddelde  
en eind seizoen stationaire situatie) (bijlage 1, tabel 2);
- 25 4 Leg de verantwoordelijkheden vast conform het communicatiemodel (bijlage 1,  
tabel 3).

#### *Toelichting*

*De stappen 2 en 3 worden veelal uitgevoerd in een iteratief proces. Uiteindelijk resultaat is  
bijlage 1, tabel 2 die de ontwerpende partij toezendt aan de bovengrondse ontwerper.*

#### 30 Toetsingskader:

Aan deze eis wordt voldaan als bovenstaande stappen zijn doorlopen en schriftelijk zijn  
vastgelegd, waarbij in de vastlegging naar voren komt:

- welke partij welke informatie langs welke route heeft aangeleverd;
- dat het uiteindelijke document door zowel de ontwerpende partij van de  
35 bovengrondse als de ontwerpende partij van de ondergrondse installatie is  
ondertekend.

### 4.2 Geohydrologisch vooronderzoek

#### 4.2.1 Open systemen

#### 40 *Toelichting*

*Het geohydrologische vooronderzoek is een essentiële fase in het ontwerp. Veel problemen binnen  
projecten zijn terug te voeren op onvoldoende of onbetrouwbare data of op een verkeerde  
interpretatie van data. In deze fase moet duidelijk worden of de "papierdata" nog aangevuld  
moeten worden met lokale velddata (proefboring). Onderwerpen die in deze fase van belang  
45 kunnen zijn, zijn bv: de aanwezigheid van zuurstofhoudend en zuurstofloos grondwater  
(redoxgrens) binnen een watervoerend pakket (gevolg ijzerverstopping bronnen), de aanwezigheid  
van hoge methaan of stikstofgehalten in het grondwater (gevolg gasverstopping bronnen), het  
voorkomen van fijnzandige lagen in het watervoerend pakket (gevolg deeltjes verstopping) en  
hoge grondwaterstromsnelheden (gevolg thermische verliezen). In deze paragraaf worden eisen  
50 gesteld aan de informatievergaring en de beoordeling van de informatie.*



Eis: zorg voor inzicht in de geohydrologische situatie en relevante omgevingsfactoren bij het gebruik van open systemen.

#### Toetsingskader

5 Aan deze eis wordt voldaan als het bedrijf voor het ontwerp van open systemen ten minste de volgende informatie heeft verzameld, geverifieerd en gerapporteerd:

- bodemopbouw (zand, klei, veen, etc.);
- grondwaterstand t.o.v. maaiveld en stijghoogte in de watervoerende lagen;
- grondwaterstroming en -richting;
- 10 • bodemtemperatuur in relatie tot de diepte;
- bodemenergiesystemen en andere onttrekkingen in de omgeving;
- bodemverontreiniging op de locatie en in de omgeving;
- maaiveldhoogte;
- zettinggevoelige objecten;
- 15 • grondwaterafhankelijke natuur;
- waterkwaliteit (zoet, brak, zout/redoxgrens);
- gasgehalte van het grondwater;
- de mogelijkheden om vrijkomend grondwater te lozen.

20 Eis: voer een risicoanalyse uit voor aanleg en bedrijfsvoering van een open systeem op de beoogde locatie. Beoordeel of aanvullend onderzoek noodzakelijk is en op welke wijze de risico's kunnen worden beheerst.

#### Toetsingskader

25 Aan deze eis wordt voldaan als het bedrijf aantoonbaar de situatie met betrekking tot de onderstaande risico's heeft beoordeeld:

- het optreden van putverstopping (redox, gas, deeltjes);
- het behalen van de gewenste onttrekkings- en infiltratiecapaciteit;
- het voorkomen van thermische verliezen;
- 30 • het aantrekken van verontreiniging;
- de aanwezigheid van artesisch water;
- het beïnvloeden van andere bij het grondwater betrokken belangen.

en voor elk van bovengenoemde risico's is vastgesteld:

- 35 • de kwaliteit van de beschikbare geohydrologische informatie (is die voldoende om het risico te kunnen beoordelen?);
- de noodzaak voor aanvullend onderzoek (zie paragraaf 4.2);
- de kans dat het risico optreedt;
- de gevolgen;
- 40 • te nemen beheersmaatregelen.

Het bedrijf rapporteert de uitkomsten van de risicoanalyse aan de opdrachtgever.

#### Toelichting

45 *Binnen de AMvB bodemenergie zijn alle bodemenergiesystemen meldings- of vergunningsplichtig. Het is belangrijk dat in een zeer vroeg stadium van het project wordt gekeken binnen welk wettelijk kader het project valt, de locatie in een interferentiegebied ligt, er een masterplan is en of er wettelijke belemmeringen (bijvoorbeeld grondwaterbeschermingsgebied) zijn. Het is nadrukkelijk een eis die gelegd wordt bij de ontwerpende partij en die niet doorgeschoven mag worden naar de uitvoerende partijen.*

50

*In de toelichting bij dit protocol wordt als voorbeeld een lijst opgenomen met wet- en regelgeving die doorgaans van toepassing is bij bodemenergiesystemen.*



Eis: voldoe bij een open systeem aan alle wettelijke eisen met betrekking tot de zorg- en vergunningplicht ten aanzien van het gebruik van de bodem, het gebruik van grondwater, het vrijkomen en afvoeren van grond en grondwater.

5 Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan als het bedrijf ervoor heeft gezorgd dat:

- een overzicht is opgesteld van de benodigde vergunningen en meldingen, inclusief planning en toewijzing van verantwoordelijkheden;
- is nagegaan of de locatie in een interferentiegebied ligt;
- vergunning voor de uit te voeren activiteiten is aangevraagd of verkregen of de uit te voeren activiteiten zijn gemeld in het kader van de Waterwet en de daaraan gekoppelde provinciale of gemeentelijke verordeningen.

#### 4.2.2 Gesloten systemen

*Toelichting*

15 *Voor gesloten systemen moet men inzicht verkrijgen in de opbouw van de bodem en de thermische eigenschappen van de bodem op de locatie.*

Eis: zorg voor inzicht in de geohydrologische situatie bij gebruik van gesloten systemen.

20 Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan als het bedrijf voor het ontwerp van gesloten systemen ten minste de volgende informatie heeft verzameld, geverifieerd en gerapporteerd:

- Bodemopbouw (zand, klei, veen, etc.);
- Grondwaterstand aan maaiveld en aanwezigheid artesisch water;
- Grondwaterstroming- en richting;
- Bodemtemperatuur in relatie tot de diepte;
- Bodemenergiesystemen en andere onttrekkingen in de omgeving;
- Bodemverontreiniging op de locatie.

30 *Toelichting*

*Als de geohydrologische informatie onvoldoende, onbetrouwbaar of ver van de locatie gelegen is, is het risico aanwezig dat gesloten systemen worden ontworpen op verkeerde gegevens, waardoor te kleine of te grote systemen worden ontworpen. Voor kleine systemen wordt het risico minimaal geacht, daar met gegevens van eerste boring het ontwerp zonder grote gevolgen kan worden aangepast. Voor grote systemen is het risico en het gevolg groter.*

Eis: voer een risicoanalyse uit voor aanleg en bedrijfsvoering van een gesloten systeem op de beoogde locatie. Beoordeel of aanvullend onderzoek noodzakelijk is en op welke wijze de risico's worden beheerst.

40

Toetsingskader

Aan de eis wordt voldaan als het bedrijf de situatie met betrekking tot de onderstaande risico's heeft beoordeeld:

- de classificatie van de grondlagen ter bepaling van de thermische eigenschappen van de bodemopbouw;
- het opboren van verontreinigde grond;
- de aanwezigheid van artesisch water;
- stromingsrichting en stroomsnelheid grondwater;
- het beïnvloeden van andere bij het grondwater betrokken belangen.

50

en voor elk van bovengenoemde risico's is vastgesteld:



- de kwaliteit van de beschikbare geohydrologische informatie (is die voldoende om het risico te kunnen beoordelen?);
- de noodzaak voor aanvullend onderzoek (zie paragraaf 4.2);
- de kans dat het risico optreedt;
- de gevolgen;
- te nemen beheersmaatregelen.

Alternatief 1: Bij kleine gesloten systemen het ontwerp aanpassen nadat de gegevens van de bodemopbouw bij de eerste boring bekend zijn.

Alternatief 2: Bij grote gesloten systemen kan een aanvullend praktijkonderzoek de benodigde informatie leveren (zie paragraaf 4.2).

Het bedrijf rapporteert de uitkomsten van de risicoanalyse aan de opdrachtgever.

Eis: voldoe bij een gesloten systeem aan alle wettelijke eisen met betrekking tot de zorg- en vergunningplicht ten aanzien van het gebruik van de bodem, het gebruik van grondwater, het vrijkomen en afvoeren van grond en grondwater.

Toetsingskader

Aan de eis wordt voldaan als het bedrijf ervoor heeft gezorgd dat:

- een overzicht is opgesteld van de benodigde vergunningen en meldingen, inclusief planning en toewijzing van verantwoordelijkheden;
- nagegaan is of de locatie in een interferentiegebied ligt;
- een melding is gedaan in het kader van de Wet Milieubeheer (systemen binnen inrichtingen) of de Wet Bodembescherming (systemen buiten inrichtingen), en de daaraan gekoppelde gemeentelijke verordeningen;
- voor systemen groter dan 70 kW of voor systemen in interferentiegebieden een vergunning is aangevraagd in het kader van de Wabo en de daaraan gekoppelde gemeentelijke verordeningen.



## 4.3 Nader geohydrologisch onderzoek

### 4.3.1 Open systemen

*Toelichting*

*Wanneer de "papier data" te weinig nauwkeurig is om risico's goed te kunnen inschatten, moet nader fysiek onderzoek worden uitgevoerd. Dit onderzoek kan bestaan uit een proefboring, al dan niet met capaciteitstest, sonderingen of het bemonsteren van nabijgelegen peilbuizen. Deze paragraaf stelt eisen aan de uitvoering van deze testen.*

Eis: gebruik voor open systemen een onderzoeksmethode die de geconstateerde risico's nauwkeuriger in beeld brengt.

Toetsingskader

Aan de eis wordt voldaan als het bedrijf ervoor heeft gezorgd dat:

- het doel van het nader onderzoek is vastgesteld;
- die onderzoeksmethode is geselecteerd die aansluit bij het gestelde doel. De onderzoeksmethoden zijn beschreven in bijlage 3. Alternatief: een andere methode is beschreven, inclusief onderbouwing waarom die methode tot hetzelfde gewenste resultaat leidt;
- een werkprogramma ten behoeve van het uitvoeren van het nader onderzoek is



opgesteld, waarin het doel, onderzoeksmethode en aandachtspunten zijn beschreven.

### 4.3.2 Gesloten systemen

#### Toelichting

5 Als de beschikbare gegevens onvoldoende of onvoldoende nauwkeurige informatie over de bodemopbouw op de locatie heeft opgeleverd, kan men op de locatie een praktijkonderzoek uitvoeren. Dit onderzoek bestaat uit het vervaardigen van een gesloten bron en het uitvoeren van een thermal response test met deze gesloten bron. Met dit praktijkonderzoek wordt een beschrijving van de bodem, de natuurlijke grondwatertemperatuur, de grondwaterstand en de gemiddelde warmtegeleiding van de bodem verkregen. Deze gegevens dienen als input voor het ontwerp van het gesloten systeem.

15 Eis: vervaardig een gesloten bron en voer een thermal response test uit om geconstateerde risico's in beeld te brengen en om van belang zijnde ontwerpparameters te verkrijgen.

#### Toetsingskader

20 Aan de eis wordt voldaan als het bedrijf door de vervaardigde gesloten bron en de uitgevoerde thermal response test de werkelijke praktijkgegevens, waaronder in elk geval bodemopbouw, temperatuur, grondwaterstand en warmtegeleiding, op de locatie heeft verkregen.

## 4.4 Energieconcept

### 4.4.1 Open systeem

#### Toelichting

25 Het energieconcept wordt bepaald door de randvoorwaarden van het gebouw (zie protocol bovengrondse installaties ISSO/KBI). De ondergrond volgt het bovengrondse concept en stelt eventueel randvoorwaarden. Belangrijke aandachtspunten voor het ondergrondse systeem zijn o.a. het bereiken van een thermische balans binnen het gestelde juridische kader, het voorkomen van het onnodig verpompen van grondwater, het realiseren van een gewenst thermisch rendement en het bereiken van de juiste onttrekkingstemperaturen. In deze paragraaf worden eisen gesteld aan de interactie met het ontwerp van de bovengrondse installatie om bovengenoemde ondergrondse problemen te ondervangen.

35 Eis: ontwerp het open bodemenergiesysteem met een energieconcept dat integraal aansluit op het energieconcept van de bovengrondse installatie.

#### Toetsingskader

Aan de eis wordt voldaan indien:

- 40 - de temperatuurniveaus, debieten, (piek)vermogens en energiehoeveelheden van het bodemenergiesysteem zijn vastgelegd en herleidbaar zijn op basis van het energieconcept van de bovengrondse installatie.
- voor alle bedrijfswijzen (koude- en/of warmtelevering, regeneratie etc.) de inzet van het bodemenergiesysteem in het totale installatieconcept is gespecificeerd, inclusief bijbehorende randvoorwaarden zoals afkaptemperaturen, minimale capaciteit, variatie in vraag en aanbod als gevolg van klimaatschommelingen.
- 45 - aantoonbaar is geverifieerd bij de ontwerper van de bovengrondse installatie dat er voldoende sturingsmogelijkheden zijn voor het bereiken van een thermische balans





- in het energieconcept aantoonbaar rekening is gehouden met temperatuurverliezen in de ondergrond en bij de warmteoverdracht in de warmtewisselaar. In het verdere ontwerpproces dient te worden getoetst of de aangehouden temperatuurverliezen realistisch zijn (bij de thermische effectberekeningen en bij de selectie van de warmtewisselaar).

#### 4.4.2 Gesloten systeem

##### *Toelichting*

Het energieconcept wordt bepaald door de randvoorwaarden van het gebouw (zie protocol bovengrondse installaties ISSO72). Het gesloten systeem stelt randvoorwaarden aan het energieconcept en aan de bovengrondse installaties. Denk hierbij aan de maximale vermogens en energiehoeveelheden en de minimale en de maximale gemiddelde mediumtemperaturen.

Eis: ontwerp een gesloten systeem dat afgestemd is op en integraal aansluit op het energieconcept van de bovengrondse installatie.

##### Toetsingskader

Aan de eis wordt voldaan indien:

- In het energieconcept aantoonbaar rekening is gehouden met het vermogen voor verwarming (verdampervermogen warmtepomp), koelvermogen, duur van de pieklasten, jaarlijkse warmte- en koudevraag, temperatuurniveaus van het bodemenergiesysteem.

#### 4.5 Bron en boorgatconfiguratie

##### *Toelichting*

In de vorige paragraaf is een basiskeuze gemaakt ten aanzien van een ondergronds systeem. Vervolgens wordt bepaald welke lagen worden gebruikt, hoeveel bronnen/boorgaten er nodig zijn en hoe die gepositioneerd worden. Naast juridisch randvoorwaarden zal de bronconfiguratie bepaald worden door o.a het gewenste thermisch vermogen en thermisch rendement, de mogelijke aanwezigheid van andere systemen en door het voorkomen van bronverstoppingen (alleen open bronnen). In deze paragraaf worden eisen gesteld aan de wijze waarop de bronconfiguratie moet worden bepaald en aan welke randvoorwaarden/ontwerpnormen deze moet voldoen.

##### 4.5.1 Open systemen

Eis: bepaal voor een open systeem een geschikte bodemlaag (of lagen) waarin warmte en koude wordt uitgewisseld.

##### Toetsingskader:

De keuze voor een geschikte bodemlaag wordt ten minste getoetst aan de volgende randvoorwaarden:

- wet en regelgeving; er zijn geen restricties vanuit wet- en regelgeving.
- dikte en opbouw van de bodemlaag.
- het doorlaatvermogen van de bodemlaag is voldoende voor het leveren van de benodigde capaciteit van het systeem.
- er voldoende filterlengte geplaatst kan worden in de aanwezige (grof)zandige lagen. Bij het bepalen van de maximaal te plaatsen filterlengte moet rekening worden gehouden met het feit dat het bronfilter niet direct aansluitend op een klei-, leem- en/of fijnzandige laag wordt geplaatst (min.1 meter afstand houden).



- grondwaterkwaliteit; geen risico op putverstopping als gevolg van aantrekken van de redoxgrens of hoge gasgehaltenes en geen ongeoorloofde menging van zoet/brak of brak/zout grondwater.
- 5 - temperatuur van het grondwater; de ontwerptemperaturen moeten aansluiten op de natuurlijke grondwatertemperaturen. Gewenste onttrekkingtemperaturen moeten op basis van het verwachte laadprofiel (hoeveelheid en temperatuur) wel gehaald kunnen worden. Dit rekening houdend met de natuurlijke grondwatertemperatuur en de, lopende het seizoen, hieruit voortkomende daling/stijging van de aanvoertemperatuur.
- 10 - de voorkoming van opbarsten en wateroverlast aan maaiveld; de bodemlaag ligt voldoende diep (in relatie tot de verwachte injectiedruk) om opbarsten van de bronnen en wateroverlast aan maaiveld te voorkomen.
- grondwaterstanden; bij het doorboren van lagen met artesisch grondwater dient de realiseerbaarheid van de bronnen te worden nagegaan (is een verhoogde opstelling van de boorwagen mogelijk).
- 15 - effecten op andere belangen; grondwaterverontreinigingen worden niet aangetrokken.

20 Eis: bepaal het aantal bronnen dat nodig is voor het leveren van de benodigde capaciteit en/of vermogen.

Toetsingskader aantal bronnen:

- De maximaal te leveren capaciteit (in m<sup>3</sup>/uur) door het bronnensysteem is herleidbaar gerelateerd aan het energieconcept.
- 25 - De maximale capaciteit per bron in de gekozen bodemlaag wordt bepaald in samenhang met de gekozen/bepaalde boordiameter en filterlengte. De toegestane maximale snelheid op de boorgatwand bij zowel infiltratie als onttrekking wordt als ontwerpparameter vastgelegd. Hieruit volgt het aantal benodigde bronnen.
- 30 - De toegestane maximale snelheid op de boorgatwand wordt bepaald door toepassing van de NVOE-richtlijnen voor onttrekking en infiltratie (zie bijlage 4). Afwijkingen zijn toegestaan, mits onderbouwd.



Eis: bepaal de randvoorwaarden voor positionering van de bronnen

35 Toetsingskader randvoorwaarden positionering van de bronnen:

- Aantoonbaar is bij de gemeente en de provincie nagegaan of op de locatie een masterplan voor bodemenergie is vastgesteld of dat er sprake is van een interferentiegebied.
- 40 - Indien bodemenergiesystemen in de omgeving aanwezig zijn binnen het invloedsgebied, is de (gerealiseerde) bronconfiguratie van deze systemen nagegaan.
- Indien omliggende bodemenergiesystemen of andere aan het grondwater gekoppelde belangen binnen het invloedsgebied aanwezig zijn, moeten randvoorwaarden zijn vastgesteld waarbinnen er geen nadelige/onacceptabele beïnvloeding optreedt op deze belangen.
- 45

Eis: bepaal de positionering van de bronnen binnen de gestelde randvoorwaarden, waarbij thermische kortsluiting wordt voorkomen en gestreefd wordt naar een optimaal thermisch rendement.

#### Toetsingskader

- 5 - De keuze voor de positionering van de bronnen wordt onderbouwd vastgelegd en wordt ten minste gebaseerd op:
    - energieconcept
    - grondwaterstroming en richting
    - thermisch invloedsgebied rond de bronnen
- Bij meerdere brondoubletten moet de positionering tevens gebaseerd zijn op de onderlinge hydraulische beïnvloeding, waarbij voldaan wordt aan de verdere eisen voor stijghoogteverandering zoals gesteld in paragraaf 4.6.
- 10 - Thermische kortsluiting tussen koude en warme bronnen wordt voorkomen door voldoende afstand tussen de bronnen aan te houden. 'Voldoende afstand' wordt aantoonbaar gemaakt doordat de thermische invloedsgebieden van de bronnen zijn bepaald en elkaar niet overlappen in de stationaire eindsituatie.
  - 15 - Het thermisch invloedsgebied is minimaal bepaald door berekening van de thermische of hydraulische straal, of door hydrothermische berekeningen (zie hiervoor ook bijlage 4).
  - 20 - Indien de bronnen in lijn met de grondwaterstroming worden geplaatst, is bij het bepalen van de afstand tussen de bronnen aantoonbaar rekening gehouden met de grondwaterstroming.

Eis: toets de bronlocaties op inpasbaarheid, bereikbaarheid en eigendomsrechten.

#### Toetsingskader

- 25 Aan deze eis wordt voldaan indien:
  - de bronlocaties zijn voorgelegd ter toetsing aan de opdrachtgever, en de opdrachtgever deze heeft goedgekeurd.
  - gecontroleerd is dat de bronlocaties daadwerkelijk bereikbaar zijn met het benodigde boormaterieel.
  - 30 - aantoonbaar gemaakt is dat de aanwezige ondergrondse infrastructuur (kabels en leidingen, funderingen, bouwwerken etc.) het boren van de bron op de gespecificeerde locatie toelaat.
  - aantoonbaar is bepaald wie eigenaar is van het perceel waarop de bron wordt geboord en dat de eigenaar aantoonbaar toestemming heeft verleend voor het realiseren en in stand houden van de bron op deze locatie.
  - 35



### 4.5.2 Gesloten systemen

#### Toelichting

40 *De grootte van het gesloten systeem wordt in grote lijnen bepaald door de geohydrologische gegevens, vermogens, energiehoeveelheden en temperatuurniveaus. De grootte wordt uitgedrukt in boorgatlengte met de eenheid aantal meters boorgat. Daar de diepte technisch, juridisch of geohydrologisch veelal begrensd is, dient de totale lengte te worden verkregen door het toepassen van meerdere wisselaars. Vanuit dit samenspel van factoren komt de individuele boordiepte, het aantal boringen en de configuratie voort.*

45 Eis: bepaal de diepte en diameter van de individuele bodemwarmtewisselaar.

#### Toetsingskader

- De keuze voor de diepte van de wisselaar (gesloten bron) wordt ten minste getoetst aan de volgende randvoorwaarden:
- 50 1. Wet regelgeving

Geen restricties vanuit wet- en regelgeving

2. Opbouw van de bodem

- De warmtecapaciteit en de warmtegeleiding van de bodemlagen
- Diepte van scheidende lagen
- Moeilijk en/of niet doorboorbare lagen

3. Effecten op /door andere belangen

- Ongewenste effecten op andere belangen en bodemenergiesystemen moeten zo veel mogelijk worden voorkomen
- Bekende reeds geplande andere bodemenergiesystemen

4. Leidingweerstand

- De leidingweerstand binnen het leidingcircuit beperkt houden, door een juiste verhouding van flow, lusdiameter en diepte.

Eis: bepaal de randvoorwaarden voor de locaties van de gesloten bronnen.

Toetsingskader

De keuze voor het bepalen van de locaties van de gesloten bronnen wordt ten minste getoetst aan de volgende randvoorwaarden:

- Het beschikbaar maaiveldoppervlak voor de gesloten bronnen.
- Aantoonbaar is bij de gemeente (en/of provincie) nagegaan of op de locatie een masterplan voor bodemenergie is vastgesteld of dat er sprake is van een interferentiegebied.
- Indien bodemenergiesystemen in de omgeving aanwezig zijn binnen het invloedsgebied, is de (gerealiseerde) bronconfiguratie van deze systemen nagegaan.

Eis: bepaal het aantal gesloten bronnen en de configuratie van de gesloten bronnen voor het leveren van de benodigde vermogens en energiehoeveelheden.

Toetsingskader

De keuze in het aantal gesloten bronnen en de configuratie van de gesloten bronnen worden ten minste getoetst aan de volgende randvoorwaarden:

- Het aantal gesloten bronnen en de configuratie van de gesloten bronnen wordt berekend met EED (Earth Energy Designer).
- Het beschikbaar maaiveldoppervlak voor plaatsing van de gesloten bronnen.
- Het vermogen voor verwarming (verdampervermogen warmtepomp) en koelvermogen inclusief eventuele duur van de pieklust.
- De jaarlijkse warmte- en koudevraag.
- De toegestane gemiddelde temperatuur van het medium dient zich binnen de minimum ( $>0^{\circ}\text{C}$  na 25 jaar) en maximum ( $+25^{\circ}\text{C}$ ) toegestane temperatuurgrenzen te bevinden.
- Bevriezing van de bodem gedurende het in bedrijf zijn niet plaatsvindt.

Eis: toets de locaties van de gesloten bronnen op inpassingmogelijkheden, bereikbaarheid en eigendomsrechten.

Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- Toestemming van de eigenaar van de grond is gekregen voor het plaatsen van gesloten bronnen.



- De (vertegenwoordiger van de) eigenaar van de grond beschikbare informatie over de ondergrond heeft aangereikt.
- De klic-melding melding is uitgevoerd en zijn benodigde (aanleg)vergunning en/of keur in kaart gebracht en/of aangevraagd.
- 5 - De aanwezigheid van een document waarin is aangegeven dat de opdrachtgever akkoord is met de locaties van de gesloten bronnen.

## 4.6 Effectberekeningen

### 10 Toelichting

15 *Van de in de vorige paragraaf bepaalde bron/boorgatconfiguratie zal moeten worden bepaald welke hydrologische (alleen open systemen) en thermische effecten deze op de omgeving en het systeem hebben. Als de effecten op de omgeving niet passen binnen het juridisch of technisch kader (bv wateroverlast, opbarsting) zal de bronconfiguratie moeten worden aangepast. Er kan dus een iteratief proces ontstaan met de vorige paragraaf. De eisen in deze paragraaf richten zich op de berekeningswijze van de effecten.*

### 4.6.1 Open systemen

Eis: bepaal bij open bodemenergiesystemen de verwachte effecten op stijghoogten en grondwaterstroming bij maximale ontwerpcapaciteit.

#### 20 Toetsingskader

Er wordt voldaan aan de eis als:

- Er een geohydrologische effectberekening uitgevoerd is. Het gebruikte modelpakket (of de gebruikte berekeningswijze) is aantoonbaar geschikt voor de uit te voeren effectbepaling, blijkend uit de referentiedocumenten van het modelpakket of uit een gedocumenteerde verificatieberekening door de gebruiker. Pakketten die hierin vallen zijn bijvoorbeeld: MLU, Mircofem en Modflow.
- De uitgangspunten, geohydrologische schematisatie en de berekeningsmethodiek zijn op inzichtelijke wijze gerapporteerd.
- 30 • De stijghoogteveranderingen en de effecten op de grondwaterstroming, rekening houdend met de natuurlijke fluctuatie, zijn bij maximale ontwerpcapaciteit berekend en op inzichtelijke wijze gerapporteerd.
- In de rapportage worden de berekende veranderingen van stijghoogte en grondwaterstroming ter plaatse van de bronnen beschreven
- 35 • In de rapportage worden de effecten op de omgeving beschreven en getoetst op het effect op andere, aan het gebruik van grondwater gekoppelde, belangen. E.e.a. zoals vereist bij een vergunningaanvraag of melding.

40 **Opmerking:** Wanneer geen geohydrologische effectberekeningen worden vereist bij de vergunningaanvraag of melding, mag volstaan worden met een inschatting van de maximale effecten ter plaatse van de bronnen op basis van een analytische formule.

45 **Eis:** bepaal bij open bodemenergiesystemen de thermische effecten op het grondwater bij een gemiddelde belasting (temperatuurniveaus, debieten, vermogens en energiehoeveelheden).

#### Toetsingskader

Er wordt voldaan aan de eis als:

- 50 • Er is een thermische modelberekening uitgevoerd is. Het gebruikte modelpakket is aantoonbaar geschikt voor de uit te voeren berekeningen, blijkend uit de



referentiedocumenten van het modelpakket of uit een gedocumenteerde verificatieberekening door de gebruiker van het modelpakket. Pakketten die hierin vallen zijn bijvoorbeeld: HST3D, Tough, Modflow/SEAWAT.

- 5 • De uitgangspunten, geohydrologische en thermische schematisatie en de berekeningsmethodiek op inzichtelijke wijze gerapporteerd zijn.
- De thermische effecten bij een gemiddeld laad en ontladen tot aan de stationaire eindsituatie zijn berekend en op inzichtelijke wijze zijn gerapporteerd.
- 10 • In de rapportage de berekende retourtemperatuur uit de bronnen wordt beschreven (gemiddeld en aan het einde van het seizoen).
- In de rapportage worden de effecten op de omgeving beschreven en getoetst op het effect op andere, aan het gebruik van grondwater gekoppelde, belangen. E.e.a. zoals vereist bij een vergunningaanvraag of melding.

15 Opmerking: Wanneer geen thermische effectberekeningen worden vereist bij de vergunningaanvraag of melding, mag volstaan worden met een inschatting van de gemiddelde retourtemperatuur uit de bodem. Aan het einde van het seizoen moet dan rekening worden gehouden met een retourtemperatuur gelijk aan de natuurlijke grondwatertemperatuur.

20 Eis: bepaal bij open bodemenergiesystemen de grondmechanische effecten (zettingen)

Toetsingskader

Er wordt voldaan aan de eis als:

- 25 • Er een grondmechanische effectbepaling uitgevoerd is, waarbij de NEN 6740 als richtlijn is aangehouden.
- De uitgangspunten, de grondmechanische schematisatie en de berekeningsmethodiek op inzichtelijke wijze zijn gerapporteerd.
- 30 • In de rapportage worden de berekende grondmechanische effecten in de eindsituatie (einzettingen en zettingsverhang) ter plaatse van de bronnen en ter plaatse van zettinggevoelige objecten beschreven.

#### 4.6.2 Gesloten systemen

*Toelichting*

*Bij een gesloten systeem dient alleen een effectenberekening te worden uitgevoerd indien dit voor een melding of voor een vergunningaanvraag in het kader van de AMvB Bodemenergie nodig is.*

35 Eis: bepaal het thermisch beïnvloedingsgebied rondom het gesloten systeem indien dit wordt geëist bij een melding of vergunningaanvraag in het kader van de AMvB Bodemenergie.

40 Toetsingskader

- Er is een thermische modelberekening uitgevoerd is. Het gebruikte modelpakket is aantoonbaar geschikt voor de uit te voeren berekeningen, blijkend uit de referentiedocumenten van het modelpakket of uit een gedocumenteerde verificatieberekening door de gebruiker van het modelpakket. Pakketten die hierin vallen zijn bijvoorbeeld: HST3D, Tough, Modflow/SEAWAT.
- 45 - De uitgangspunten, geohydrologische en thermische schematisatie en de berekeningsmethodiek op inzichtelijke wijze gerapporteerd zijn.
- De thermische effecten bij een gemiddeld laad en losprofiel tot aan de stationaire eindsituatie zijn berekend en op inzichtelijke wijze zijn gerapporteerd.
- 50 - Het thermisch beïnvloedingsgebied is vastgesteld voor een gemiddeld jaar gedurende een periode van 25 jaar.



## 4.7 informatieoverdracht

- 5 Eis: elke (potentiële) opdrachtnemer dient bij, of ten behoeve van, het vaststellen van de projectorganisatie aan te geven welke specifieke informatie hem dient te worden aangeleverd, welke door hem wordt toegevoegd/aangeleverd en welke als onderdeel van zijn resultaat wordt overgedragen aan zijn opdrachtgever.

### Toetsingskader

- 10 Aan deze eis wordt voldaan als in de contractvorming tussen opdrachtnemer en opdrachtgever aantoonbaar aandacht is besteed aan de, voor de opdracht, specifiek benodigde informatieoverdracht en als bij afronding van de opdracht deze informatie is ontvangen, toegevoegd, gebruikt en is gerapporteerd.





## 5 Detail engineering

### 5.1 Vastlegging uitgangspunten en communicatie

#### *Toelichting*

- 5 Voordat wordt overgegaan tot de detail engineering van het bodemenergiesysteem dient eerst de  
benodigde communicatie met de ontwerpende partij van de bovengrondse installatie plaatst te  
vinden. Dit zodoende dat beide detail ontwerpen uiteindelijk, op basis van eenduidige  
basisgegevens, randcondities en verantwoordelijkheden, resulteren in een integraal ontworpen  
10 systeem(concept). Om hiertoe te komen dient de in dit protocol opgenomen communicatiemodel  
gevolgd te worden. Dit model is overeenkomstig het communicatiemodel als opgenomen in ISSO-  
publicatie 73 Warmte- en koudeopslag in de bodem.

Eis: Doorloop gezamenlijk met de ontwerpende partij van de bovengrondse installatie,  
onderstaande stappen:

- 15 1. Leg de verantwoordelijkheden vast met betrekking tot het ontwerp van de TSA  
en wissel de gegevens uit voor dimensionering conform het  
communicatiemodel (bijlage 1, tabel 3).  
2. Overleg met de ontwerper van de bovengrondse installatie over de  
20 basisgegevens ten behoeve van de beschrijving van de automatische werking  
en regeltechnische omschrijving conform het communicatiemodel (bijlage 1,  
tabel 4). Leg hierbij ten minste vast op welke parameter(s) gestuurd gaat  
worden (flow of temperatuur).  
3. Bepaal en leg vast welke voorzieningen (zowel hardware- als softwarematig)  
worden opgenomen, dan wel worden voorbereid om (later)  
25 stuurmogelijkheden te hebben om de energetische balans te handhaven of te  
herstellen.  
4. Overleg met de ontwerper van de bovengrondse installatie over randcondities  
conform het communicatiemodel (bijlage 1, tabel 5).

#### 30 Toetsingskader:

Aan deze eis wordt voldaan als bovenstaande stappen aantoonbaar zijn doorlopen en  
schriftelijk zijn vastgelegd. Waarbij in de vastlegging naar voren komt:

- Welke partij, welke informatie, langs welke route heeft aangeleverd;
- Het uiteindelijke document door zowel de ontwerpende partij van de  
35 bovengrondse als de ontwerpende partij van de ondergrondse installatie is  
ondertekend.

Eis: overleg de gewenste levensduur en de toelaatbare lengte van specifieke storingen  
40 met de opdrachtgever en leg de gewenste levensduur en de vervangbaarheid van  
bepaalde componenten vast.

#### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien.

- 45 - De functionele levensduur en de levensduur van mechanische componenten kan  
worden aangegeven.
- In het ontwerp de gewenste /verwachte levensduur van de totale installatie is  
aangegeven en het benodigde periodieke onderhoud/revisie.
- in het ontwerp is aangegeven hoeveel tijd het kost om een specifiek hoofd onderdeel  
50 te vervangen (bv. bronpomp) of te onderhouden (warmtewisselaar).



## 5.2 Open bronnen

### *Toelichting*

5 De uitgangspunten, bronconfiguratie en de effectberekeningen hebben het kader geschapen  
kader ook daadwerkelijk het bodemenergiesysteem te kunnen realiseren is het van belang dat de  
10 detailengineering resulteert in de selectie van specifieke componenten en een nauwkeurige  
uitwerking van de samenstelling van onderdelen. Dit zodanig dat is vastgesteld/gecontroleerd dat  
specifieke componenten en/of de beoogde samenstelling van onderdelen daadwerkelijk de  
verlangde prestaties kunnen leveren op basis van het gestelde kwaliteitsniveau.

Eis: ontwerp bronnen die minimaal 10 jaar op ontwerpcapaciteit zand- en slibvrij water  
leveren en niet opbarsten.

### 15 Toetsingskader

- Bepaal aan de hand van de maximaal te verwachten stijghoogte of de kritische  
injectiedruk (zie bijlage 4) voor opbarsten van de bronnen niet overschreden  
wordt. De kritische injectiedruk en de minimale diepte van de bovenkant van het  
20 filter ten opzichte van de onderkant van een aanwezige kleilaag of het maaiveld  
worden vastgelegd.
- Leg de voor het bronontwerp gebruikte zandmediaan van het zandpakket vast en  
vermeld tot welke minimale korrelgrootte filter geplaatst kan worden.
- De ondergrens van de zeving van het filtergrind is maximaal factor 4 groter dan  
25 de zandmediaan (M-50) van het aan te treffen zand ter hoogte van het  
filtertraject.
- De sleufbreedte van de filterbuis is minimaal 0,1 mm kleiner dan de ondergrens  
van de zeving van het filtergrind.
- Een bronontwerp waarin wordt uitgegaan van een gelijkmatige omstortingsdikte  
30 ter hoogte van de filterbuis waarbij de dikte valt binnen de range van 100 tot 300  
mm.
- De drukklasse en diameter van de buizen zijn afgestemd op de diepte van bron,  
de diepte en diameter van de in te bouwen componenten en de te verwachtte  
waterstandveranderingen. De berekende drukken (grond- en waterdruk) zijn, ten  
35 behoefte van de keuze, vergeleken met de specificaties van de leveranciers. De  
keuze voor diameter en drukklasse is hieruit herleidbaar.

### *Toelichting*

40 De open bronnen en bijbehorende appendages dienen te worden beschermd tegen invloeden van  
buiten af. De keuze voor het type putbehuizing en de uitvoeringsdetails zijn bepaald op basis van:  
ligging van de putbehuizing in het terrein, eventuele belasting met verkeer, grondwaterstand en  
veiligheid. Een putbehuizing is in principe een besloten ruimte, alle appendages in de putbehuizing  
en werkzaamheden aan en in de putbehuizing dienen met in acht name van de geldende arbo wet-  
en regelgeving te worden uitgevoerd.

### 45 Wat moet worden bereikt:

- Een behuizingconstructie die de instandhouding en werking van bron en appendages  
waarborgt;
- Dat putbehuizingen niet (ongewenst) vollopen met water;
- Dat putbehuizingen niet (ongewenst) vochtig worden;
- 50 - Dat de putbehuizing veilig toegankelijk is;
- De putbehuizing niet kapot gaat als er (zwaar)verkeer overheen rijdt;
- Dat gas uit het grondwater zich niet kan ophopen in de putbehuizing;
- Vervangingswerkzaamheden kunnen plaatsvinden zonder de putbehuizing te verwijderen;



- Bij betreding van de putbehuizing geen gevaar bestaat voor elektrocutie.

Eis: ontwerp putbehuizingen die bescherming bieden aan de componenten in de behuizing en veilig zijn (belasting en betreding).

5

#### Toetsingskader

- Bepaal binnen welke condities de constructie moet functioneren, waarbij ten minste is vastgelegd: temperaturen, verkeersbelasting, condensvorming, waterintrede (IP-klasse is vastgesteld).
- 10 - Maak aantoonbaar dat het ontwerp van de constructie voldoet aan de vastgestelde condities (ventilatie, waterdichtheid, drainage, IP-klasse, verwarming, besloten ruimte).
- De werking van een overdrukventiel/lekkage kan niet leiden tot het ophopen van (brandbaar/explosief) gas in de putbehuizing. Het gas moet buiten de constructie worden gebracht.
- 15 - Een putbehuizing is voorzien van potentiaalvereffening (werken conform richtlijn NEN 1010 en NEN 3140).
- Putbehuizingen dieper dan 80 cm zijn voorzien van een vaste trap die zich direct onder de opening van het deksel bevindt.
- 20 - Bij een volledig ondergrondse putbehuizing is de dagmaatopening ten minste 800 mm (diameter of breedte).
- De eventuele verbinding tussen de putbehuizing en de (pvc) buis, welke de pompkamer vormt, dient in staat te zijn zettingsverschillen tussen bron en putbehuizing op te vangen.

25

### 5.3 Gesloten bronnen

#### Toelichting

30 *Bij gesloten bronnen is het van belang dat de warmteoverdracht tussen het medium in de warmtewisselaar en de bodem rondom de warmtewisselaar optimaal plaats vindt. Hierdoor dient de thermische weerstand tussen de warmtewisselaar en de bodem rondom het boorgat zo klein mogelijk te worden gehouden. Dit vindt plaats door opvulmateriaal in het boorgat te gebruiken met een voldoende hoge geleidingscoëfficiënt, in overeenstemming met de berekening en door te*

35 *waarborgen dat de benen van de U lus een onderlinge afstand tot elkaar hebben, zoals aangehouden in de berekening. Het aanvullen van het boorgat dient adequaat te worden uitgevoerd. Indien niet correct aangebracht kunnen delen van het boorgat niet zijn aangevuld, waardoor de warmtegeleiding slechter is.*

40 *Om geen kortsluiting tussen verschillende watervoerende lagen te krijgen, dient het boorgat ter hoogte van afdichtende bodemlagen adequaat met een zwellende klei of ander afdichtend materiaal te worden afgedicht.*

45 *Ten einde kwalitatief hoogwaardige gesloten bronnen te verkrijgen die langdurig meegaan, dienen de gesloten bronnen te voldoen aan minimale kwaliteitseisen.*

Eis: ontwerp gesloten bronnen op een goede thermische warmte geleiding.

#### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien aantoonbaar rekening is gehouden met:

- 50 - Het boorgat dient te worden aangevuld met een schoon vulmateriaal met een voldoende hoge warmtegeleiding en een voldoende afdichtende werking ter plaatse van scheidende bodemlagen.



- Voldoende centreren van de bodemlus in het boorgat. (indien in de berekening ervan is uitgegaan dat de lussen tegen elkaar zitten, is centreren alleen vereist ter plaatse van scheidende bodemlagen).

## 5 5.4 Hydraulisch circuit open systemen

### 5.4.1 Ontwerp eisen

#### Toelichting

10 *Het optimaal functioneren van een bodemenergiesysteem hangt sterk af van de afstemming van de bedrijfswijze van de bovengrondse installatie (zie protocol bovengrondse installaties ISSO 39) op de bedrijfswijze van de ondergrondse installatie (warmtelevering, koudelevering, laden, ontladen, onderhoud). Met het ontwerp van het hydraulisch circuit moeten de verschillende voorwaarde van alle bedrijfswijze worden uitwerk. Belangrijke aandachtspunten voor het ontwerp van het hydraulisch circuit zijn o.a. temperatuuroverdracht, minimaal en maximaal debiet, stromingsrichtingen en deellastsituaties.*

15

Eis: het ontwerp van het hydraulisch circuit sluit integraal aan op de bedrijfswijze van de bovengrondse installatie.

#### Toetsingskader

20 Aan deze eis wordt voldaan indien:

- Het ontwerp van de bovengrondse installatie aantoonbaar is uitgevoerd met in acht name van het protocol bovengrondse installaties ISSO 39.
- Het Rendement (COP) waarop het bodemenergiesysteem moet worden ontworpen, is afgestemd op de bovengrondse installatie doormiddel van een totale rendementsberekening.
- De bedrijfswijzen van koude- en/of warmtelevering, laden, ontladen en de mogelijkheden voor sturing van het bodemenergiesysteem zijn te herleiden naar een principeschema van het totale B.O.A. concept (Bron, Opwekking en Afgifte)
- Per bedrijfswijze (koude- en/of warmtelevering, regeneratie etc.) bij de minimale en maximale voorkomende debieten de opvoerhoogten, stroomsnelheden en leidingweerstand zijn berekend met in achtname van de minimale ontgassingsdruk, maximale stroomsnelheid van 2,5 m/s en het energieverbruik(rendement) van de bronpomp. Waarbij de diameter van het leidingwerk en het drukverlies van de toegepaste componenten wordt gericht op een zo laag mogelijke leidingweerstand. Noot: de maximale stroomsnelheid geldt voor de transportleidingen, voor pers- en injectieleidingen en andere (korte) hulpstukken mag de snelheid (tijdelijk en bij piekcapaciteit) hoger zijn.
- het hydraulisch ontwerp moet gebaseerd zijn op een gelijke belasting (hydraulisch en energetisch) van alle bronnen binnen één hydraulisch circuit De maximale onderlinge debiet afwijking is minder dan 10 % op vollast.

25

30

35

40

#### Toelichting

45 *Grondwater als medium heeft grote consequenties voor het ontwerp van het hydraulisch circuit. Door ontgassing en zuurstof toetreding kunnen bronnen verstoppem. Door zout grondwater kan corrosie van materialen optreden. Lekkages kunnen het introduceren van verontreinigingen in de bodem tot gevolg hebben.*

*In deze paragraaf worden eisen gesteld aan het ontwerp van het hydraulisch circuit om bovengenoemde problemen te ondervangen.*

50



Eis: ontwerp een systeem dat luchtdicht is en dat te allen tijde op druk gehouden kan worden.

#### Toetsingskader

- 5 Door vastlegging van het principeschema, een drukverliesberekening, de inbouwdiepte van de pomp en injectievoorziening wordt aantoonbaar gemaakt dat aan de volgende randvoorwaarden wordt voldaan:
- Het ontwerp borgt te allen tijde een overdruk in het hydraulisch circuit dat groter is dan de minimale ontgassingsdruk.
  - 10 - Grondwater staat niet in open verbinding met (buiten) lucht.
  - Mengen van gebouwwater met grondwater (en ook oppervlaktewater, leidingwater) in het hydraulisch circuit is uitgesloten;
  - De inbouwdiepte van de pomp is berekend rekeninghoudend met: minimale ontgassingsdruk, natuurlijke stijghoogte opslagpakket, verwachte stijghoogte veranderingen, de NPSH van de pomp en mogelijke beïnvloedingen van naburige grondwateronttrekkingen.
  - 15

#### Toelichting

20 *Uitgangspunt voor de aanleg van een bodemenergiesysteem is dat energie bespaard wordt. Om dit te kunnen realiseren moet gestreefd worden naar een zo laag mogelijk energieverbruik en een zo hoog mogelijk rendement. Het totaal rendement van een gebouwinstallatie hangt mede af van het rendement van het bodemenergiesysteem en het bovengrondse deel van de gebouwinstallatie. Bij bodemenergiesystemen kunnen op dit vlak onder andere de volgende problemen voorkomen:*

- 25 - *De ingestelde injectiedruk is onnodig hoog, waardoor veel pompenergie vernietigd wordt*
- *De bronpompen verbruiken onverwacht (en onnodig) veel energie.*
- *Er zijn onnodig hoge drukverliezen in de transportleidingen.*
- *Er is onnodig veel energieverlies /temperatuurverlies in TSA*
- *Bij gesloten systemen worden boorgaten aangevuld met slecht geleidende materialen*
- 30 - *De pompenergie voor de circulatiepomp bij gesloten systemen, wordt niet meegenomen in de rendementsberekening van de warmtepomp*

Eis: bij het ontwerp van een bodemenergiesysteem moet gestreefd worden naar een zo laag mogelijk energieverbruik en een zo hoog mogelijk rendement.

#### 35 Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- De overdruk tijdens bedrijf niet onnodig hoog is. Ten opzichte van de laagst verwachte druk (meestal hoogste punt van de installatie of ter hoogte van de infiltratiebron) niet hoger is dan maximaal 1,0 bar boven de minimale ontgassingsdruk.
- 40 - In het ontwerp moet het minimaal te behalen totaalrendement van de pomp (= rendement pomp+motor) inzichtelijk gemaakt worden.
- Maximale stroomsnelheden in leidingen mogen niet hoger worden dan 2,5 m/s.
- Het maximale drukverlies in één bronleiding (van bronput tot warmtewisselaar)
- 45 mag niet hoger zijn dan 0,5 bar (50 kPa).
- Het drukverlies over een warmtewisselaar mag niet hoger zijn dan maximaal 1,0 bar (100 kPa).
- De temperatuursprong (LMTD) en dT over de warmtewisselaar moet aansluiten op de ontwerptemperaturen van de bovengrondse installatie.



## 5.4.2 Materiaal eisen

### Toelichting

De levensduur en vervangbaarheid van afzonderlijke componenten en de bedrijfswijze van de installatie zijn bepalend voor het aantal storingsen, de lengte van storingsen en het aantal onderhoudsacties. Ook heeft de keuze van hoofdcomponenten invloed op het energieverbruik en dus de duurzaamheid van de totale installatie. Een juiste selectie en onderlinge afstemming zorgt voor een hoog kwaliteitsniveau en maakt het mogelijk om vooraf een verwachte levensduur van de installatie aan te duiden.

- 5
- 10 Eis: De hoofdcomponenten te weten: kunststof leidingdelen, pomp, expansievat, warmtewisselaar, (vlinder)kleppen, injectiekleppen, dienen ontworpen te zijn op een minimale levensduur van 10 jaar. Constructieve delen minimaal 50 jaar.

### Toetsingskader

- 15 Aan deze eis wordt voldaan indien.

- De minimale ontwerp levensduur van 10 jaar (of 50 jaar) wordt aangegeven door de leverancier, onderbouwd in een certificaat met bijbehorende voorwaarden.

- 20 Eis: maak een onderbouwde keuze voor de in het ontwerp toegepaste componenten en stem deze op elkaar af, zodat een robuust, betrouwbaar, vervangbaar, onderhoudsarm en energiezuinig bodemenergiesysteem wordt ontworpen:

### Toetsingskader

- 25 Voor alle materialen geldt dat deze moeten worden toegepast in overeenstemming met de specificaties van de fabrikant;

- De drukklasse van alle toegepaste componenten is afgestemd op de maximaal toelaatbare systeemdruk en bovenbelasting (verkeersklasse);
- Toepassing bij heersende omgevingsfactoren(water, temperatuur, zout/zoet,eventuele vervuiling, corrosiebestendigheid);

- 30 Houd in het ontwerp en bij de selectie van componenten aantoonbaar rekening met de volgende punten:

- Warmtewisselaar (TSA):
  - o overdracht (LMTD) van maximaal 1,5 K tussen grondwaterzijde en gebouwmedium (met uitzondering van warmtewisselaars voor regeneratie en condensorwarmteafvoer)
  - o Maximale drukval van 100 kPa
- Bronpomp:
  - o aantal starts en stops per uur
  - o minimale aanloop frequentie
  - o minimale frequentie (flow) voor koeling
  - o geschikte voedingskabel voor permanente onderwaterplaatsing
  - o rendement van het bodemenergiesysteem (deellast en pompcurve)
- Frequentieregelaar/uitgangsfiler
  - o maximaal spanningsverlies is berekend tot aan de bronpomp
  - o uitgangssignaal (spanningspieken) sluit aan bij toleranties van de bronpomp
- Injectieklep
  - o maximale insteldruk
  - o inbouwdiepte
  - o minimale debiet en regelbereik





- Expansievat
  - o inhoud
  - o afstemming aansluitleiding (lengte en diameter), minimale diameter aansluitleiding is DN 50.
- 5 - Spuileiding
  - o bemetering (watermeter)
  - o drukhandhaving
  - o lozingspunt of spuikop
- 10 - Onderhoudsfilter
  - o inhoud
  - o drukval
  - o onderhoudsmogelijkheden
- Meetmiddelen
  - o Nauwkeurigheid (afwijking van maximaal 0.5%);
  - 15 o meetbereik;
- Bekabeling.
  - o maximaal 3% spanningsverlies van frequentieregelaar/uitgangsfiler tot aan de bronpomp.
  - o EMC richtlijnen
  - 20 o aarding (4de ader of aardmantel) van voldoende diameter voor kortsluitstroom.
- Transportleidingen
  - o maximale stroomsnelheid van 2,5 m/s (Noot: de maximale stroomsnelheid geldt voor de transportleidingen, voor pers- en injectieleidingen en andere (korte) hulpstukken mag de snelheid (tijdelijk en bij piekcapaciteit) hoger zijn.)
  - 25 o moeilijk bereikbare verbindingen alleen lasverbindingen
- Stuurleidingen injectiekleppen
  - o maximale druk
  - 30 o geschiktheid voor het plaatsen in water



## 5.5 Hydraulisch circuit gesloten systemen

### 5.5.1 Ontwerp eisen

#### Toelichting

35 *Het hydraulisch circuit van een gesloten systeem is een integraal onderdeel van de bovengrondse installatie. Het optimaal functioneren van hangt sterk af van de afstemming van de bedrijfswijze van de bovengrondse installatie (zie protocol bovengrondse installaties ISSO 39) op de bedrijfswijze van de ondergrondse installatie (warmtelevering, koudelevering, laden, ontladen, onderhoud). Bij het ontwerp van het hydraulisch circuit dient ten aanzien van de dimensionering, totale lengte en*  
40 *viscositeit van het circulatiemedium, rekening te worden gehouden met de capaciteit van de circulatiepomp in het systeem (als onderlegger van het ontwerp kan gebruik gemaakt worden van ISSO 73).*

45 **Eis:** het ontwerp van het hydraulisch circuit sluit integraal aan op de bedrijfswijze van de bovengrondse installatie.

#### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- Het ontwerp van de bovengrondse installatie aantoonbaar is uitgevoerd met in  
50 acht name van het protocol bovengrondse installaties ISSO 39.



- De Rendement (COP) waarop het bodemenergiesysteem moet worden ontworpen, is afgestemd op de bovengrondse installatie doormiddel van een totale rendementsberekening.
- De bedrijfswijzen van koude- en/of warmtelevering, laden, ontladen en de mogelijkheden voor sturing van het bodemenergiesysteem zijn te herleiden naar een principeschema van het totale B.O.A. concept (Bron, Opwekking en Afgifte).

Eis: bij het ontwerp van een bodemenergiesysteem moet gestreefd worden naar een zo laag mogelijk energieverbruik en een zo hoog mogelijk rendement.

#### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- De pompenergie voor de circulatiepomp bij gesloten systemen wordt meegenomen in de rendementsberekening van de warmtepomp.

#### Toelichting

*Het gesloten systeem bestaat uit het horizontaal circuit tussen de warmtewisselaars in de bodem en de warmtepomp en/of TSA behorende bij de gebouwinstallatie. In het gesloten systeem stroomt een medium, bestaande uit water of een water-/antivriesmengsel.*

*Het is belangrijk dat de juiste materialen worden gebruikt en dat de wijze van hydraulisch schakelen van de warmtewisselaars zo plaats vindt dat per warmtewisselaar een nagenoeg gelijke warmteoverdracht mogelijk is. Tevens is het van belang dat de pompenergie voor circulatie van het medium beperkt is.*

Eis: ontwerp een lekdicht systeem met juiste materialen en appendages met toelaatbare drukklassen en acceptabele hydraulische verliezen.

#### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan als:

- Bij kleine systemen (tot 4 gesloten bronnen) de gesloten bronnen bijvoorbeeld parallel aansluiten op verdeler/verzamelaar.
- Bij meer dan 4 gesloten bronnen, de gesloten bronnen bijvoorbeeld volgens Tichelmann aansluiten in groepen volgens de  $\sqrt{n}$ -methode, waarbij verschil in lengte tussen totale leidinglengte van verschillende gesloten bronnen kleiner dient te zijn dan 10%. Ook het parallel aansluiten waarbij individuele bronnen separaat ingeregeld en afgesloten kunnen worden is toepasbaar.
- De minimale diepte van de horizontale leidingen bedraagt 0,8 m.
- De diameters van de leidingen en hiermee de grootte van de totale leidingweerstand van het gesloten systeem (bestaande uit de gesloten bronnen, het horizontaal leidingwerk en de verdamer van de warmtepomp/TSA) dient zo te worden gekozen dat het elektrisch pompvermogen van de circulatiepomp te allen tijde kleiner of gelijk is aan 4% (bijvoorbeeld 2%) van het maximum thermisch piekvermogen van de verdamer van de warmtepomp.
- Met de drukverliesberekening dient rekening te worden gehouden met het medium (water of water-/antivriesmiddel).
- De hoeveelheid antivriesmiddel dient gebaseerd te zijn op een temperatuur van minimaal 5°C onder de laagste uittredende verdampertemperatuur.
- Het antivriesmiddel monopropyleen of ethyleenglycol toepassen.
- Circuit minimaal voorzien van expansievat, filter, vulopening en ontluchting.
- Er een drukindicatie en drukregistratie is opgenomen.



## 5.5.2 Materiaal eisen

### Toelichting

5 De levensduur en vervangbaarheid van afzonderlijke componenten en de bedrijfswijze van de installatie zijn bepalend voor het aantal storingen, de lengte van storingen en het aantal onderhoudsacties. Een juiste afstemming op de wens van de opdrachtgever zorgt vooraf voor een bepaald verwacht kwaliteitsniveau. Hiermee kunnen tijdens ontwerp specifieke keuzes gemaakt worden.

10 Eis: De hoofdcomponenten te weten: kunststof leidingdelen, pomp, expansievat, (vlinder)kleppen, dienen ontworpen te zijn op een minimale levensduur van 10 jaar. Constructieve delen minimaal 50 jaar.

### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien.

- 15
- De minimale ontwerp levensduur van 10 jaar (of 50 jaar) wordt aangegeven door de leverancier, onderbouwd in een certificaat met bijbehorende voorwaarden.
  - De levensduur voor constructieve onderdelen ten minste 50 jaar is.
  - Het uitsluitend gebruiken van lasverbindingen ter hoogte van verticale trajecten.
  - Gebruik geprefabriceerde en (druk-)geteste warmtewisselaars,

20

  - Minimaal PE100, SDR 11 of gelijkwaardig wordt voorgeschreven.
  - De warmtewisselaar elke meter is voorzien van diepte aanduiding (beginnen bij 0 m bij de voet van de warmtewisselaar).

25 Eis: maak een onderbouwde keuze voor de in het ontwerp toegepaste leidingen en componenten en stem deze op elkaar af, zodat een robuust, betrouwbaar, vervangbaar, onderhoudsarm en energiezuinig bodemenergiesysteem wordt ontworpen.

### Toetsingskader

- 30
- Het materiaal van de horizontale leidingen, minimaal PE100, SDR 17 of gelijkwaardig is. Afwijkingen worden onderbouwd op basis een berekening van de maximaal optredende systeemdrukken en bovenbelasting.
  - De drukklasse van alle toegepaste componenten is afgestemd op de maximaal toelaatbare systeemdruk.
  - Toepassing bij heersende omgevingsfactoren(water, temperatuur,

35

  - zout/zoet,eventuele vervuiling, corrosiebestendigheid);

## 5.6 Regeling

### Toelichting

40 Een bodemenergiesysteem is een geautomatiseerde installatie. De regeling kan geïntegreerd zijn in de regeling van de gebouwinstallatie of kan een separaat onderstation (soms onderdeel van de warmtepomp) zijn dat op basis van enkele signalen aangestuurd kan worden. Het aansturen van het bodemenergie systeem is het directe gevolg van de bedrijfswijze van de bovengrondse installatie gebouwbeheersysteem (GBS) (zie protocol bovengrondse installaties ISSO 39). De communicatie tussen het GBS en de regeling van het bodemenergiesysteem is cruciaal voor het

45 juist functioneren van de totale installatie en de energieprestaties. Om het regeltechnisch functioneren van het bodemenergiesysteem en de communicatie tussen het grondwatersysteem en het GBS vast te leggen in het ontwerp dient een regeltechnische omschrijving (RTO) te worden opgesteld. Hierin worden alle bedrijfssituaties beschreven en op basis van het hydraulisch schema functies en regeltechnische coderingen toegekend aan alle onderdelen. Onderdeel van de regeling

50



en dus het RTO is de opslag van trends en gegevens (indien geëist in de geldende Wet- en regelgeving) en ten behoeve van het monitoren van het functioneren en de energieprestaties.

### 5.6.1 Open systemen

Eis: leg het ontwerp van de regeling vast in een regeltechnische omschrijving(RTO).

Aan de eis wordt voldaan indien:

- Het principeschema is opgenomen in het RTO met specifieke coderingen voor alle regeltechnische apparatuur;
- Per bedrijfswijze (koude- en/of warmtelevering, regeneratie etc.) een schakelvolgorde of regelprocedures is uitgewerkt (in tabel vorm);
- Beveiligingen met bijbehorende opvolging is uitgewerkt;
- Een defaultlijst is opgenomen voor inbedrijfstelling met ten minste: De verwachte instelwaarden van beveiligingen en regelingen, looptijden, (start)frequenties;
- Prototype van de beeldplaatjes zijn opgenomen waarin de visualisatie van de regeling is weergegeven;
- Een registratie lijst is opgenomen met daarin voorbeelden van de wijze van trenden van de parameters (o.a. temperatuur, debieten, vermogens, energie en debieten). In de registratielijst wordt aangegeven welke registraties voortkomen uit de geldende Wet- en regelgeving.
- Gecontroleerd is dat met voorgenomen registraties wordt voldaan aan de geldende registratieverplichtingen uit de geldende Wet- en regelgeving.

### 5.6.2 Gesloten systemen

*Toelichting*

*Het gesloten systeem heeft geen eigen regeling. Het aansturen van de circulatiepomp en eventueel andere actieve componenten vindt plaats in de regeling van de gebouwinstallatie.*

Eis: zorg voor de mogelijkheid voor het aansturen van de circulatiepomp vanuit de regeling van de gebouwinstallatie of de warmtepomp.

Aan de eis wordt voldaan indien:

- Afstemming heeft plaatsgevonden met de ontwerpende partij van de gebouwinstallatie en gekozen is voor een identieke en unieke wijze van aansturing.

## 5.7 Onderhoud, beheer en monitoring

*Toelichting*

*De eerste seizoenen (twee jaar) na de oplevering van een bodemenergiesysteem zijn cruciaal voor het uiteindelijke functioneren. Hiervoor is het van belang dat er bij het ontwerp van een bodemenergiesysteem nagedacht wordt over het beheer en onderhoud van de installatie. De ontwerper kan de ontwerpfilosofie vastleggen in een onderhouds en beheerplan waarin de projectspecifieke aandachtspunten worden vastgelegd.*

### 5.7.1 Onderhoud en beheerplan open bronnen

Tijdens de eerste twee jaar na oplevering dient de installatie minimaal halfjaarlijks te worden geïnspecteerd. Deze periode dient te worden afgesloten met een evaluatie waarbij een nieuwe onderhoudsfrequentie wordt vastgesteld. Hiervoor dient de onderhoudsfirmma een voorstel te doen aan de opdrachtgever.



Eis: stel een Onderhoud en beheerplan op en geef invulling aan de volgende onderdelen:

Toetsingskader

5 Aan de eis wordt voldaan indien het beheerplan bestaat uit ten minste de volgende onderdelen:

Onderhoud, met aandacht voor:

- 10 - geldende Wet- en regelgeving
- preventief:
  - o Inspecties. Houdt hierbij rekening met het verplichte pakket periodiek uit te voeren analyses aan grondwatermonsters, zoals beschreven in bijlage 2.1 van de Besluitvormingsuitvoeringsmethode bodemenergiesystemen voor provinciale taken (BUM BE deel 1)
  - 15 o Regulier onderhoud
  - o Advies beheerder
- correctief:
  - o Herstel werkzaamheden
  - o Aanpassingen in defaultwaarden
  - 20 o Versiebeheer van software
- oorzaak analyse.
- de actuele revisiebescheiden (Indien deze niet beschikbaar zijn of onvolledig zal een nieuw pakket samengesteld moeten worden).

Beheer, met aandacht voor:

- 25 o Voorraad beheer
- o Energiebalans
- o Bronverstopping
- o Overschrijding van maximale waterverplaatsing
- o Afwijkende temperatuurniveaus

30 Projectevaluatie.



### 5.7.2 Onderhoud en beheerplan gesloten bronnen

35 Tijdens de eerste twee jaar na oplevering dient de installatie minimaal halfjaarlijks te worden geïnspecteerd. Deze periode dient te worden afgesloten met een evaluatie waarbij een nieuwe onderhoudsfrequentie wordt vastgesteld. Hiervoor dient de onderhoudsfirma een voorstel te doen aan de opdrachtgever

Eis: stel een Onderhouds en beheerplan op en geef invulling aan de volgende onderdelen:

40 Toetsingskader

Aan de eis wordt voldaan indien het beheerplan bestaan uit ten minste de volgende onderdelen:

45 Onderhoud

- geldende Wet- en regelgeving
  - o Metingen en registratie
  - o Locatie en kwalificaties meetapparatuur
  - o rapportages
- 50 - preventief:

- o Inspecties
- o Regulier onderhoud
- o Advies beheerder
- correctief:
  - o Herstel werkzaamheden
  - o Aanpassingen in defaultwaarden
  - o Versiebeheer van software
- oorzaak analyse.
- de actuele revisiebescheiden (Indien deze niet beschikbaar zijn of onvolledig zal een nieuw pakket samengesteld moeten worden).

Beheer met aandacht voor:

- voorraad beheer
- bodembevriezing
- afwijkende temperatuurniveaus
- lekkages/navullen/monopropyleengehaltes
- controle debieten en verdeling debieten over de verschillende lussen
- project evaluatie.

## 5.8 Verslaglegging Ontwerpfase

### 5.8.1 Open systemen

Eis: elke (potentiële) opdrachtnemer dient bij of ten behoeve van het vaststellen van de projectorganisatie aan te geven welke specifieke informatie hem dient te worden aangeleverd, welke door hem wordt toegevoegd/aangeleverd en welke als onderdeel van zijn resultaat wordt overgedragen aan zijn opdrachtgever.

Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan als in de contractvorming tussen opdrachtnemer en opdrachtgever aantoonbaar aandacht is besteed aan de, voor de opdracht, specifiek benodigde informatieoverdracht en als bij afronding van de opdracht deze informatie is ontvangen, toegevoegd, gebruikt en is gerapporteerd.

### 5.8.2 Gesloten systemen

Eis: elke (potentiële) opdrachtnemer dient bij of ten behoeve van het vaststellen van de projectorganisatie aan te geven welke specifieke informatie hem dient te worden aangeleverd, welke door hem wordt toegevoegd/aangeleverd en welke als onderdeel van zijn resultaat wordt overgedragen aan zijn opdrachtgever.

Toetsingskader

Aan de eis wordt voldaan indien een rapportage aan de opdrachtgever wordt overhandigd met minimaal de volgende informatie:

- Het vermogen voor verwarming (verdampervermogen warmtepomp) en koelvermogen inclusief eventuele duur van de pieklast.
- De jaarlijkse warmte- en koudevraag.
- De minimale gemiddelde temperatuur van het medium na 25 jaar.
- De maximum gemiddelde temperatuur.
- Keuze, soort en concentratie antivriesmiddel.



- 5
- Het debiet, drukverlies (ontwerp en eventueel deellast) en het elektrisch vermogen van de circulatiepomp.
  - Het principeschema van het totale gesloten bodemsysteem.
  - Tekening met locaties gesloten bronnen en horizontaal leidingwerk.
  - Het uit te voeren werkplan.



## 6 Realisatie

### 6.1 Voorbereiding realisatie

#### *Toelichting*

- 5 *De voorbereiding op de realisatie moet dienen als het controlemoment waarop wordt nagegaan of hetgeen dat is vastgelegd in het ontwerp en de detailengineering ook daadwerkelijk realiseerbaar is op de projectlocatie op het moment van uitvoering. De fysieke inpasbaarheid en uitvoerbaarheid van componenten en onderdelen op de locatie wordt gecontroleerd.*
- 10 *Uitvoeringstechnische randvoorwaarden worden vastgesteld en georganiseerd. Dit houdt in dat zaken als werkruimte, het gebruik van water en stroom, de aanwezigheid van opslagruimte, lozingspunten e.d. worden afgestemd en vastgelegd. Het uitzetten van de bronlocaties is georganiseerd en zaken als het aanbrengen van sparingen en/of doorvoeringen zijn afgestemd. Bepaald wordt of en welke maatregelen getroffen moeten worden om schade aan eigendom van derden te voorkomen.*
- 15 *Ook wordt gecontroleerd of alle benodigde vergunningen en/of toestemmingen voorhanden zijn en welke verplichtingen hieruit voortkomen voor de daadwerkelijke realisatie kan plaatsvinden of worden afgerond.*

20 Eis: verneem aantoonbaar kennis van de inhoud van het ontwerp en de hierbij gehanteerde filosofie.

#### Toetsingskader

Aan de eis wordt voldaan indien:

- 25 - Een werkplan wordt opgesteld dat de voorgenomen wijze van uitvoering (volgorde en planning) weergeeft en waaruit blijkt dat de inhoud en filosofie van het ontwerp is doorgrond en is gecontroleerd op volledigheid.
- Is vastgelegd dat werkzaamheden zijn afgestemd met andere bouwwerkzaamheden en de werktijden zijn bepaald.
- 30 - De afstemming rondom het beschikbaar hebben van werkwater, bouwstroom, werkruimte, opslag, het lozen van water en het opslaan en afvoeren van grond is vastgelegd.

35 Eis: controleer de uitvoerbaarheid van ontwerpplannen en de detailengineering op de werkelijke actuele omstandigheden op de locatie.

#### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan als ten minste de volgende zaken zijn getoetst aan het ontwerp en de detailengineering en eventuele afwijkingen zijn vastgelegd.

- 40 - bronlocaties
- maaiveldniveau
- grondwaterstand
- de uitvoerbaarheid van het leidingtracé
- oppervlak van de technische ruimte

45 Eis:voldoet aan alle wettelijke eisen met betrekking tot de zorg- en vergunningplicht ten aanzien van het bodemenergiesysteem.

#### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- 50 - Een overzicht wordt opgesteld van de te doorlopen vergunningprocedures en/of





- voorschriften en hieruit voorkomende meldingen.
- In een/de planning is vastgelegd wanneer procedures, voorschriften en meldingen exact worden doorlopen en/of uitgevoerd en wie hiervoor verantwoordelijk is.
- 5 - De in het overzicht benoemde verantwoordelijke per procedure, voorschrift of melding de daadwerkelijke uitvoering heeft teruggekoppeld en verwerkt in het overzicht.

10 Eis: maak een planning en verifieer of deze wordt opgenomen in de totaalplanning van alle bouwactiviteiten.

#### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- 15 - Een planning is opgenomen in het werkplan waarin de werkzaamheden zijn afgestemd met de andere bouwwerkzaamheden op de locatie.
- De planning is voorzien van een versie beheer.

#### Toelichting

20 *Voor de realisatie zal het ontwerp en de detailengineering vertaald moeten worden naar werktekeningen. Het detailniveau van de werktekening zal zodanig moeten zijn dat bij de fabricatie en montage van de onderdelen geen verschil in interpretatie mogelijk is.*

Eis: vertaal het ontwerp/ de detailengineering naar werktekeningen.

#### 25 Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien de werktekeningen minimaal de volgende onderdelen bevatten:

- diverse functionele aanzichten
- alle specificaties van componenten en toegepaste materialen,
- 30 - coderingen,
- maatvoering,
- hoogteligging,
- tracétekeningen leidingen

## 35 6.2 Uitvoering

#### Toelichting

40 *De uitvoering van het bodemenergiesysteem moet geschieden met behoud van de ontwerpfilosofie en het uiteindelijke resultaat moet voldoen aan de hierin geformuleerde uitgangspunten en kwaliteitseisen. Dat dit resultaat is bereikt is achteraf herleidbaar doordat het uitvoeringsproces goed is gedocumenteerd, de inhoud van revisiebescheiden en onderhoud- en bedieningsvoorschriften goed overeenkomt met het werkelijk gebouwde en dat de herkenbaarheid van installatieonderdelen is geborgd met eenduidige benaming en markering.*

45 *Onverwachte omstandigheden of afwijkingen in de bodemopbouw kunnen er toe leiden dat tijdens de realisatie onderbouwde afwijkingen moeten worden geaccepteerd om onderdelen te kunnen realiseren. De omvang van deze afwijkingen en het gevolg hiervan op de uitgangspunten en kwaliteitseisen moet steeds teruggekoppeld worden. Dit om nog tijdig te kunnen bijsturen.*

50 Eis: signaleer en documenteer (noodzakelijke) afwijkingen en koppel de effecten hiervan terug naar de andere betrokken partijen belast met het realiseren van (onderdelen van) het bodemenergiesysteem en de bovengrondse installatie en de opdrachtgever om noodzakelijke correcties aan/in andere onderdelen van het systeem tijdig te kunnen doorvoeren.



### Toetsingskader

Aan de eis wordt voldaan indien:

- 5 - een uitvoeringslogboek wordt bijgehouden waarin de uitvoering dagelijks wordt gedocumenteerd (afwijkingen worden specifiek vermeld)
- het werkplan vooraf de diverse systeemonderdelen benoemt (Bronnen, putbehuizing, leidingwerk, aansluiting op de bron, kabels in terrein, aansluiting op de bron, inrichten technische ruimte, aansluiten op terreinleiding, bekabeling technische ruimte.
- 10 - het werkplan een te volgen procedure omschrijft welke doorlopen wordt als een afwijking wordt geconstateerd
- de opdrachtnemer de ernst van de afwijking en de eventueel benodigde compenserende maatregelen schriftelijk, binnen twee werkdagen, aan de andere betrokken partijen kenbaar maakt

15

Eis: stuur en controleer tijdens de uitvoering op het behalen van de gestelde eisen en uitgangspunten uit het ontwerp

### Toetsingskader

20 Aan de eis wordt voldaan indien:

- bij afronding van elk onderdeel (zoals vastgelegd in het werkplan) de resultaten worden getoetst
- bepaald wordt of het resultaat afwijkt en welke mate van afwijking dan aanwezig is
- 25 - dit altijd specifiek gedaan wordt, ook als op voorhand geen (noemenswaardige)afwijking wordt verwacht, voor de volgende onderdelen:
  - filterstelling per bron
  - capaciteit (afpompings en specifiek debiet) per bron

25

### 6.2.1 Open bronnen

30 *Toelichting*

*De werkwijze tijdens het boorproces moet een hoog kwaliteitsniveau borgen en een zo laag mogelijk risicoprofiel opleveren zodat boorgaten niet onderloops raken of instorten tijdens het boren. De filterstelling wordt bepaald op basis van goede monsters (zie hiervoor ook protocol 2101, Mechanisch boren). Het daadwerkelijk inbouwen van de bron geschiedt zonder dat er fouten worden gemaakt in dieptes en aanvulling.*

35

Eis: zorg voor een stabiele overdruksituatie in het boorgat.

### Toetsingskader

40 Aan de eis wordt voldaan indien:

- gecontroleerd en afgestemd is dat binnen het invloedsgebied van de boring geen kunstmatige grondwaterstandfluctuaties kunnen optreden door onttrekking (bemaling, schoonpompen van nabijgelegen bron (cluster)) of wijziging in bedrijfssituatie van een ander of een eerder gerealiseerd (deel)systeem
- 45 - de redundantie van de watervoorziening is, op het moment dat de boring onbemand is, gewaarborgd door het in tweefoud uitvoeren van pompen met ieder een eigen voedingsbron. Dit indien het geen aansluiting op het leidingwaternet betreft.
- het aanvulmateriaal gedoseerd met behulp van een stortkoker in het boorgat
- 50 wordt gebracht en/of de valhoogte bij het aanvullen nooit meer is dan 20 meter.

Eis: voorkom dat (natuurlijke) spoeling zich gaat hechten op de boorgatwand en dat er



tussen het tijdstip van het beëindigen van de boorwerkzaamheden en het aanstorten van het filter bezinking plaatsvindt in het boorgat.

#### Toetsingskader

5 Aan deze eis wordt voldaan indien:

- indien veen is doorboord het boorwater voor het bereiken van het te gebruiken opslagpakket wordt ververst, waarbij het spoelen minimaal het equivalent van twee keer de inhoud van de bufferbakken en het boorgat bedraagt.
- 10 - de planning van de boring erop is afgestemd dat na het op diepte komen van de bron direct of de eerst opvolgende ochtend gestart kan worden met het inbouwen;
- Indien direct na het uitbouwen van de boorstangen een buis (meestal de stortkoker) wordt ingebouwd tot einddiepte van de boring en de inhoud van het boorgat middels zuigen via deze buis wordt gecirculeerd totdat een aanvang wordt  
15 gemaakt met het aanstorten van het filter.
- het werkproces voor het aanbrengen van de omstorting pas onderbroken mag worden totdat de afscheidende kleilaag boven het filter(deel) is geplaatst.
- na inbouwen van het filter en het aanvullen (tot boven het filtertraject) direct wordt gestart met het uitpompen van het boorwater.
  
20

Eis: borg een continue grondmonsternamen en een nauwkeurige identificatie van het genomen monster

#### Toetsingskader

25 Aan deze eis wordt voldaan indien:

- De diepte van de boring continu bekend en herleidbaar is.
- Grondmonsternamen een taak is met een continu karakter tijdens het boren waar één specifieke verantwoordelijke voor is.
- 30 - De waterstroom op meerdere locaties gelijktijdig bemonsterd wordt en hieruit een mengmonster wordt gemaakt van de betreffende diepte.
- Er een vaste systematiek (bakken / zakken) is om het genomen monster van een identiteit te voorzien welke verwisseling (uitwisseling in volgorde) uitsluit.
- Het boorbedrijf, conform protocol 2101 heeft aangetoond een monsternamen te kunnen uitvoeren met een nauwkeurigheid < 50 cm, waarbij naast scheidende  
35 lagen ook de zandmediaan bepaald kan worden en waarbij slibhoudende zandlagen onderscheiden kunnen worden.

Eis: zorg voor een gecentreerde, nauwkeurig op de geplande diepte, inbouw van de buizen en een gelijkmatige aanvulling.

40

#### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- In het filtertraject om de vijf en ter hoogte van stijgbuizen en de pompkamer om de tien meter een centreerbeugel wordt geplaatst;
- 45 - De constructie en wijze van bevestiging van de centreerbeugels zodanig is dat deze na bevestiging niet meer handmatig vervormbaar zijn.
- Buisdelen (eventueel bestaande uit diverse buislengtes (passtukken) van samen maximaal 10 meter), inclusief de peilbuizen, in verticale positie boven het boorgat worden verlijmt dan wel worden geschroefd;
- 50 - Bij de inbouw van meerdere (peil)buizen in een boorgat deze, waar ze op gelijke diepte voorkomen, onderling verbonden zijn met een vooraf bepaalde



tussenmaat. Waarbij het aantal verbindingen overeenkomt met het interval van de centreerbeugels.

- Van alle filterbuizen, blinde buizen en buizen van de pompkamer de werkelijke lengte voor en na montage bepaald wordt.
- 5 - De verbindingen boven het filter waterdicht zijn uitgevoerd
- Na het inbouwen van het filter tot einddiepte, voorafgaand aan het aanvullen d.m.v peilen binnendoor de einddiepte gecontroleerd is.

10 Eis: bepaal voor het aanvullen de specifieke volumes van de verschillende lagen aanvulmateriaal

#### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- 15 - op basis van de filterstelling de specifieke volumes van de verschillende lagen aanvulmateriaal worden bepaald en vastgelegd.
- vooraf op basis van het volume wordt bepaald hoeveel verpakkingseenheden dit vertegenwoordigd.
- 20 - bij aanvang van het aanvullen de berekende aantallen worden gecontroleerd met de op locatie aanwezige aantallen aan verpakkingseenheden.
- bij het op einddiepte boren van een boring die op een eerder moment in het proces (deels) is ingestort of dichtgevallen wordt, op basis van de lengte waarover het gat is ingestort, berekend en vastgelegd hoeveel extra aanvulmateriaal minimaal benodigd is. Hierbij wordt er van uitgegaan dat het ingestorte deel van het boorgat volledig is opgevuld met ingelopen grond en dat bij het uiteindelijk op 25 diepte zijn van de boring er naast het boorgat een ruimte is ontstaan met een hieraan gelijke inhoud.

Eis: bepaal periodiek de diepte van bovenkant aanvulmateriaal tijdens het aanvullen

30 Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- de diepte wordt bepaald tussen elke overgang in aanvulmateriaal.
- de diepte wordt bepaald na het aanvullen met een hoeveelheid materiaal dat de 35 aanvulling van 5 meter boorgat vertegenwoordigd indien hierbinnen geen overgang in materiaalsoort aanwezig is.

Eis: ontwikkel de bron(nen) zodanig dat deze langdurig zand en slibvrij water kan/kunnen leveren op voldoende capaciteit.

40 Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- Het ontwikkelen minimaal uit verschillende pompacties bestaat.
- De bereikte afpompingsna ontwikkelen herleidbaar is op basis van analytische bepaling op basis van de boorbeschrijving.
- 45 - Het maximaal te gebruiken ontwikkeldebiet minimaal gedurende één of meerdere actie minimaal gelijk of groter is dan de ontwerpcapaciteit.
- Het onttrokken water bij oplevering van de bron een vaste stof gehalte heeft van maximaal 0,01 mg/l.
- De slibhoudendheid van het water voor oplevering aantoonbaar is gecontroleerd.



- Bij oplevering van de bron een verslaglegging overlegd wordt waarin is gedocumenteerd welke debieten per ontwikkelactie zijn gebruikt en welke waterhoeveelheden zijn onttrokken.

5 Eis: borg de kwaliteit van de bron na afronding van de boor en ontwikkelwerkzaamheden.

#### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- 10 - De bron aan de bovenzijde wordt afgesloten binnen een dag na afronding van de werkzaamheden, indien het inbouwen van componenten en definitief afwerken hier niet direct op volgt.
- De bron(constructie) zichtbaar in het terrein aanwezig blijft en schade aan de constructie wordt voorkomen door deze te beschermen met een constructie  
15 rondom of over de bron.
- De locatie van de bron nauwkeurig vastleggen en de documenten aantoonbaar overdragen aan de verantwoordelijke voor het (bouw)terrein

### 6.2.2 Gesloten bronnen

20 Eis: zorg voor een stabiele overdruksituatie in het boorgat.

#### Toetsingskader

Aan de eis wordt voldaan indien:

- 25 - Gecontroleerd en afgestemd is dat binnen het invloedsgebied van de boring geen kunstmatige grondwaterstandfluctuaties kunnen optreden door onttrekking (bemaling, schoonpompen van nabijgelegen bron (cluster)) of wijziging in bedrijfssituatie van een ander of een eerder gerealiseerd (deel)systeem.
- De redundantie van de watervoorziening , indien het geen aansluiting op het leidingwaternet betreft, op het moment dat de boring onbemand is gewaarborgd is door het in tweefoud uitvoeren van pompen met ieder een eigen voedingsbron.

30

Eis: borg ,indien er niet voor gekozen wordt om het gehele boorgat af te vullen met afdichtend materiaal, een continue grondmonstername en een nauwkeurige identificatie van het genomen monster e.e.a in overeenstemming met de voorschriften van protocol 2101.

35

#### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- 40 - De diepte van de boring continu bekend en herleidbaar is.
- Grondmonstername een taak is met een continu karakter tijdens het boren waar één specifieke verantwoordelijke voor is.
- Er een vaste systematiek (bakken / zakken) is om het genomen monster van een identiteit te voorzien welke verwisseling (uitwisseling in volgorde) uitsluit dan wel dat er een vaste systematiek is om de gedetecteerde grondlagen te registreren, e.e.a overeenkomstig protocol 2101

45

Eis: zorg voor een volledige inbouw van de wisselaar in het boorgat.



#### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- 5 - De wisselaar wordt tot aan einddiepte in het boorgat aangebracht. De diepte is op de wisselaar afleesbaar (diepte aanduiding op de wisselaar).
- De wisselaar dient voor het inbouwen geheel te worden gevuld met schoon leidingwater, afgeperst en voorzien te zijn van voldoende gewicht om een succesvolle inbouw mogelijk te maken.
- 10 - Indien in het ontwerp is uitgegaan van een bepaalde onderlinge afstand tussen de buizen van de wisselaar in het boorgat, dienen voorzieningen aangebracht te worden om deze afstand te borgen.
- Het aanvulmateriaal gedoseerd met behulp van een stortkoker in het boorgat wordt gebracht en/of de valhoogte bij het aanvullen niet meer is dan 10 % van de totale brondiepte.
- 15 - Tijdens het aanvullen moet geborgd worden, hetzij door voldoende gewicht, hetzij door verankering dat de wisselaar niet omhoog komt.
- Voordat de wisselaar wordt ingebouwd, dient deze (fabrieksmatig) afgeperst te zijn op een druk, overeenkomstig de werkdruk van het buismateriaal. Waarbij dit wordt aangetoond met behulp van een certificaat of afpersrapport.

20

Eis: bepaal voor het aanvullen de specifieke volumes van de verschillende lagen aanvulmateriaal.

#### Toetsingskader

25 Aan deze eis wordt voldaan indien:

- Op basis van de monsternamen worden de specifieke volumes van de verschillende aanvulmaterialen bepaald en vastgelegd.
- Vooraf op basis van het volume wordt bepaald hoeveel verpakkingseenheden dit vertegenwoordigd.
- 30 - Bij aanvang van het aanvullen de berekende aantallen worden gecontroleerd met de op locatie aanwezige aantallen aan verpakkingseenheden.
- Bij het op einddiepte boren van een boring die op een eerder moment in het proces (deels) is ingestort of dichtgevallen wordt, op basis van de lengte waarover het gat is ingestort, berekend en vastgelegd hoeveel extra aanvulmateriaal
- 35 minimaal benodigd is. Dit uitgaande van een volledige opvulling met ingevallen grond van het ingestorte deel van het boorgat.

40 Eis: bepaal ,indien er niet voor gekozen wordt om het gehele boorgat af te vullen met afdichtend materiaal, periodiek de diepte van bovenkant aanvulmateriaal tijdens het aanvullen.

#### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- De diepte wordt bepaald tussen elke overgang in aanvulmateriaal.





- De diepte wordt bepaald na het aanvullen met een hoeveelheid materiaal dat de aanvulling van 5 meter boorgat vertegenwoordigt indien hierbinnen geen overgang in materiaalsoort aanwezig is.
- Indien het boorgat met grout wordt aangevuld, dient:
  - 5 1) Het grout te worden voorgemengd conform de voorschriften van de leverancier. Het toevoegen van meer water dan het voorschrift aangeeft is niet toelaatbaar.
  - 2) De vulleiding dient tijdens het grouten continue, tenminste 2 meter onder het aanvulniveau te blijven.
  - 10 3) Het grouten dient te worden voortgezet totdat tenminste de theoretische inhoud van het boorgat is verpompt en grout met een samenstelling gelijk aan het verpompte grout aan de bovenzijde uit het boorgat stroomt

Eis: borg de kwaliteit van de boring na afronding van de boor- en inbrenghwerkzaamheden.

15

Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- De wisselaar wordt gevuld met schoon leidingwater, nogmaals afgeperst en aan de bovenzijde waterdicht en drukvast afgedopt.
- 20 - Als de wisselaar zichtbaar in het terrein aanwezig blijft, schade aan de wisselaar voorkomen door deze te beschermen met een constructie rondom of over de wisselaars.
- De locatie van de wisselaars nauwkeurig vastleggen en de documenten aantoonbaar overdragen aan de verantwoordelijke voor het (bouw)terrein

### 25 6.2.3 Hydraulisch circuit

*Toelichting*

*Bij de realisatie van het hydraulisch circuit van open en gesloten bronnen moet een robuust, betrouwbaar en energiezuinig bodemenergiesysteem worden geborgd. Hierbij is het van belang dat gewerkt wordt conform het ontwerp.*

30

Eis: voorkom vervuiling van het hydraulisch circuit tijdens aanleg en montage.

Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- 35 - Terreinleiding tijdens verwerken worden voorzien van eindkappen.
- De montage vindt plaats in een schoon werk gebied (zandvrij of vrij van het maaiveld).
- Na aanleg van het hydraulisch circuit, of afgebakende losse delen daarvan, moet al het leidingwerk en moeten alle appendages gespoeld en gereinigd worden van  
40 (bouw)vuil.

Eis: bij de aanleg van het hydraulisch circuit dient gestreefd te worden naar een zo laag mogelijke leiding (circuit) weerstand.

45 Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- Er geen onnodige (haakse) bochten en hoogtesprongen worden toegepast.





Eis: voorkom luchtbellen door het plaatsen van ontluchtingspunten op ten minste de hoogste punten.

Toetsingskader

- 5 Aan deze eis wordt voldaan indien:
- De installatie op logische plekken ontlucht kan worden.

Eis: onnodig verbruik of lekkage van water uit het primaire circuit moet voorkomen worden.

10 Toetsingskader

- Aan deze eis wordt voldaan indien:
- Bij aanleg van het hydraulisch circuit moet deze in logische delen afgeperst worden.

15 Eis: condensvorming in inpandige ruimten en thermische verliezen moeten voorkomen worden.

Toetsingskader

- 20 Aan deze eis wordt voldaan indien:
- Alle inpandige leidingen moeten worden geïsoleerd met dampdichte isolatie.

### Hydraulisch circuit open bronnen

Eis: zorg voor een gecontroleerde inbouw van de pompinstallatie.

25 Toetsingskader

- Aan deze eis wordt voldaan indien:
- De broninstallatie wordt sectiegewijs ingebouwd bij pompdiepten dieper dan 10 m of bij meer dan één verbinding.
  - In de broninstallatie minimaal om de 10 meter en ter hoogte van de pomp en injectieklep een centreerbeugel wordt geplaatst.
  - De constructie en wijze van bevestiging van de centreerbeugels zodanig is dat deze na bevestiging niet meer handmatig vervormbaar zijn.
  - Kabels, leidingen en buizen worden gefixeerd aan de pers/injectieleiding.
  - De bronkop dient zodanig te worden gemonteerd dat er voldoende ruimte is tussen de bovenzijde van de pompkamer enerzijds en de bronplaat resp. de afdichtring anderzijds om zettingverschillen op te vangen.



### 6.2.4 Regeling en monitoring

40 *Toelichting*

*Een belangrijke stap bij de realisatie van een bodemenergiesysteem is het programmeren van de software voor de regeling, beveiliging en de registraties. Hierbij is het van belang dat de booraannemer input levert aan de regelfirma (door o.a. een default lijst met regelparameters). Verder is goed versie beheer en revisie van de genomen stappen belangrijk om een transparant uitvoeringsproces te houden.*

45 Eis: het tot stand komen van de software moet herleidbaar zijn.

Toetsingskader

- 50 Aan deze eis wordt voldaan indien:
- Er een logboek wordt bijgehouden van het programmeren van de software voor

de regeling, beveiliging en de registraties.

- In dit logboek een begrijpelijk, transparant en overdraagbaar stappenplan is opgenomen.
- In het logboek is ten minste de volgende informatie is beschreven:
  1. Defaultlijst met wijzigingen lijst (fiat van booraannemer);
  2. Versiebeheer software;
  3. Aanpassingen op RTO;
  4. Status calibreren / ijken van meetmiddelen;
  5. Meterstanden registratie (per dag).

### 6.3 Inbedrijfstelling en testen

#### *Toelichting*

*De (deel) oplevering van een gebouwsysteem zal zelden samenvallen met de oplevering van het bodemenergiesysteem. Hierdoor kan de interactie tussen de gebouwinstallatie en een bodemenergiesysteem op het moment van in bedrijf stellen niet getest worden. Om die rede zullen alle bedrijfswijze van het bodemenergiesysteem middels simulatie voor het in bedrijf stellen getest moeten zijn op hydraulisch functioneren, beveiligingen en registraties. Regelmatig zijn er problemen met de communicatie tussen de regeling van het bodemenergiesysteem en het GBS (gebouwbeheersysteem) van de bovengrondse installatie. Ook de vereiste dataregistratie t.b.v. de vergunningen en de monitoring van het functioneren van een bodemenergiesysteem zijn vaak niet volledig functioneel. In deze paragraaf zijn eisen gesteld aan de voorwaarden van inbedrijfstelling en de functionele inbedrijfstelling.*

Eis: Zorg voor het gestructureerd testen en beproeven van het bodemenergiesysteem aan de hand van een test- en beproevingsprotocol en voorkom vervuiling en schade aan het bodemenergiesysteem bij inbedrijfstelling.

#### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien:

- Een test- en beproevingsprotocol is opgesteld met ten minste de volgende onderdelen:
  - o reinigen installatieonderdelen;
  - o visuele inspectie;
  - o testen van alle componenten op juiste montage, aansluiting en op functioneren;
  - o doormeten van de bekabeling;
  - o spoelen van alle leidingen aan grondwaterzijde met gebruikmaking van de spuileiding;
  - o het beproeven van de sterkte en gas- en waterdichtheid van de installatieonderdelen.
  - o inregelen debietverdeling naar injectiebronnen; de debietverdeling naar de injectiebronnen dient gelijk te zijn. Het onderlinge debietverschil moet minder zijn dan 10% over de gehele debietrange.
  - o hydraulisch inregelen en vervaardigen van keuringsrapporten;
  - o regeltechnisch inregelen en vervaardigen van keuringsrapporten;
  - o beproeven van het totale bodemenergiesysteem inclusief beveiligingen en registratie;
  - o testen koppeling bodemenergiesysteem en GBS en vervaardigen van keuringsrapporten;



- o testen totale energiesysteem systeem (gebouwinstallatie incl. bodemenergiesysteem).

## 6.4 Onderhoud en beheer

5

### *Toelichting*

De eerste seizoenen na de oplevering van een bodemenergiesysteem zijn bepalend voor het uiteindelijke functioneren. Hiervoor is het van belang dat de partijen die betrokken zijn bij de aanleg van de installatie ook betrokken zijn bij de opstartperiode. Het actualiseren van het onderhoud en beheerplan en de overdracht hiervan aan de beheerder en de onderhoudspartij zijn cruciaal voor de uiteindelijke prestaties en de levensduur van de installatie.

10

Eis: verwerk wijzigingen in het onderhoud en beheerplan ten opzichte van het detail ontwerp (zie hoofdstuk 6):

15

### Toetsingskader

Aan de eis wordt voldaan indien alle onderdelen van het beheerplan overeenkomen met de gerealiseerde installatie en zijn voorzien de status: revisie.

20

Eis: leg de mijlpalen voor het onderhoud en beheer vast in het onderhoud en beheerplan.

### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien de volgende onderdelen zijn vastgelegd.

25

- onderhoudsfrequentie
- datum project evaluatie (2 jaar na oplevering).

## 6.5 Revisie

### *Toelichting*

Een bodemenergiesysteem zal doorgaans voor meerdere decennia worden aangelegd. Vaak zal het eigendom en het beheer van de installatie in deze periode wisselen. Hierdoor kan waardevolle informatie verloren gaan waardoor de bedrijfsvoering en de instandhouding aan de installatie bemoeilijkt worden. Om die reden is een goede documentatie van de revisiegegevens bijzonder belangrijk.

35

Eis: bij oplevering van de totaal installatie dienen alle ontwerp- en realisatiegegevens te worden geactualiseerd en gebundeld in een revisiepakket (revisiebescheiden). Deze dient bij oplevering te worden overgedragen aan de opdrachtgever.

40

### Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien in de revisiebescheiden minimaal zijn opgenomen:

#### Juridisch

45

- Vergunningen, overzicht van alle bij het systeem behorende/verkregen vergunningen en de op basis hiervan gevoerde communicatie. Tevens wordt een overzicht gegeven van de uit deze vergunningen, naar de toekomst toe, te vervullen verplichtingen.
- Garantieverklaring.
- Een (bij bronnen en/of kabels en leidingen op gemeentegrond) uitleg, dan wel verwijzing naar acties/verplichtingen voorkomend uit de WION die de eigenaar van het systeem moet (laten) verzorgen.

50



#### Civiel Technisch

- boorbeschrijving(en)
- filterstelling
- capaciteitsproef
- 5 - ontrekkings en infiltratieproef
- locatie tekening met bronnen (xy-coördinaten en afwerkhoogte tov NAP), kabels, leidingen (WION), eventuele terreinafsluiters, ontlueters en kabelmoffen.
- *Specifiek bij gesloten bronnen*: op de locatietekening zijn alle bronnen gecodeerd en verbonden aan een overzichtslijst met specificaties per bron (lengte, type etc.)
- 10 **Werktuigbouwkundig**
  - principeschema van het systeem
  - werktekeningen.
  - keurings- en ijkrapporten bemetering.
  - Afpersrapportage / rapportage drukttesten
  - 15 - technische documentatie van componenten
- Regeltechnisch/elektrotechnisch**
  - softwareomschrijvingen (RTO).
  - defaultlijst instelwaarden.
  - kasttekeningen.
  - 20 - kabellijsten.
- Beheer**
  - Onderhoud en beheerplan (Bedieningsvoorschriften en onderhoudsbescheiden)
  - Logboek waarin wijzigingen/reparaties worden weergegeven

25



## 7 Beheer en onderhoud

### 7.1 Onderhoud en beheer

#### *Toelichting*

5 *Het beheer en onderhoud van een bodemenergiesysteem zijn cruciaal om een installatie langdurig binnen de ontwerpspecificaties te kunnen laten functioneren.*

*Een aantal faalfactoren hierin zijn:*

- 10 - *Voorraad beheer*
- *Bronverstopping*
- *Bodembevroezing*
- *Lekkages*
- *Overschrijding van maximale waterverplaatsing*
- *Afwijkende temperatuurniveaus*
- 15 - *Aanpassingen in defaultwaarden*
- *Oude software versies*
- *Het niet onderhouden (spuien) van de bronnen*

20 *Het beheer en het onderhoud worden doorgaans door verschillende partijen uitgevoerd. De eindverantwoordelijkheid voor het (energetisch/technisch) functioneren en het voldoen aan de vergunningsvoorschriften ligt bij de beheerder. Deze zal ook de onderhoudspartij moeten aansturen op basis van het onderhouds en beheerplan. De onderhoudspartij zal doormiddel van periodieke inspecties en metingen afwijkingen en gebreken moeten constateren en vooraf bepaalde preventief onderhoud moeten uitvoeren (bijvoorbeeld reinigen van filters en vervangen of reviseren van versleten onderdelen). De onderhoudspartij zal de beheerder moeten informeren over de staat van de installatie.*

Eis: Doorloop gezamenlijk met de beheerder de onderstaande stappen:

- 30 1. Leg de verantwoordelijkheden vast met betrekking tot het beheer en onderhoud.
2. Overleg met de beheerder over de wijze waarop afwijkingen t.o.v. van de vergunning Waterwet en de ontwerpuitgangspunten worden gecommuniceerd.
3. Overleg met de beheerder hoe storingen worden gecommuniceerd.

Toetsingskader:

- 35 Aan deze eis wordt voldaan als bovenstaande stappen aantoonbaar zijn doorlopen en schriftelijk zijn vastgelegd. Waarbij in de vastlegging naar voren komt:
- Welke partij, welke informatie, langs welke route heeft aangeleverd;
  - Het uiteindelijke document door zowel de beheerder als de beherende partij van de ondergrondse installatie is ondertekend.

40

### 7.2 Beheer (inclusief monitoring)

#### *Toelichting*

45 *Onder regulier beheer wordt de dagelijkse bedrijfsvoering verstaan. Het bodemenergiesysteem zal doorgaans als integraal onderdeel van de gebouwinstallatie functioneren. De signalering van storingen en onderhoudsmeldingen horen tot het regulier beheer evenals het de opvolging hierop (dit kan het inschakelen van een onderhoudspartij zijn). Ook de monitoring van de gegevens registratie en de rapportage hiervan naar de provincie zijn onderdeel van het regulier beheer. De verantwoordelijkheid van de energieprestatie van het bodemenergiesysteem vallen onder het*

50 *beheer.*



## 7.3 Onderhoud

### *Toelichting*

5 *Onder preventief onderhoud worden periodieke werkzaamheden en inspecties verstaan die als doel hebben afwijkingen of gebreken in een vroeg stadium te signaleren en door preventieve acties te voorkomen dat de verwachte levensduur niet gehaald wordt.*

### *Definitie van onderhoud*

10 *De tijdens de levensduur van het bodemenergiesysteem ononderbroken uit te voeren reeks van inspecties, onderhoudsbeurten en herstelwerkzaamheden die nodig zijn om de oorspronkelijke functie van de installatie en de technische prestaties van zijn onderdelen te handhaven.*

### 7.3.1 Preventief onderhoud

#### *Toelichting*

15 *Een onderhoudspartij heeft specialiste kennis van bodemenergiesystemen. Het is daarom belangrijk dat een onderhoudspartij de beheerder ondersteund bij het beheer van de installatie. Constateringen met betrekking tot het technisch en energetisch functioneren dienen te worden overlegd met de beheerder.*

20 **Eis:** onderhoud het bodemenergiesysteem op zodanige wijze dat de beoogde levensduur behaald kan worden en dat de capaciteit en het vermogen gegarandeerd blijft.

#### Toetsingskader

25 Aan de eis wordt voldaan indien het onderhoud en beheerplan wordt uitgevoerd en de volgende onderdelen zijn vastgelegd en/of bijgewerkt:

- De inspectierapportages te herleiden zijn aan het onderhoud en beheerplan.
- Het logboek bij gewerkt is
- Als de vereiste periodieke actie uit de vergunning onderdeel zijn van het periodieke onderhoud.
- de periodieke inspecties minimaal de volgende onderdelen bevatten:
  - 30 ○ Appendages controleren op functie
  - Bemeten peilen, drukken, debieten en capaciteiten
  - Voedingskabels pompen meggeren
  - Constateringen en afwijkingen communiceren met de beheerder
  - Controleer bij open bodemenergiesystemen het specifiek debiet van elke bron.
  - 35 Voorkom irreversibele verstopping van de bronnen.
  - De staat van alle (zichtbare) materialen tijdens een onderhoudsinspectie visueel is opgenomen. Eventuele gebreken of indicaties op gebreken dienen te worden gerapporteerd.
  - controleer de hoofdcomponenten en alle appendages op functionaliteit.
  - 40 ○ Voer een dichtheidsbeproeving uit door de installatie op druk te zetten (drukhandhaving) en beoordeel de dichtheid.
  - Advies aan de beheerder van de installatie, borg in het onderhoud van het bodemenergiesysteem een periodieke terugkoppeling over prestaties, energievoorraden en eventuele wijzigingen in de installatie met de beheerder
  - 45 van de installatie.
  - Protocol voor storingsopvolging

**Eis:** leg de mijlpalen voor het onderhoud vast in het onderhoud en beheerplan.

#### 50 Toetsingskader

Aan deze eis wordt voldaan indien de volgende onderdelen zijn vastgelegd.

- onderhoudsfrequentie





- datum project evaluatie (2 jaar na oplevering).

Eis: zorg voor een storingsopvolging, doormelding vanuit het GBS. En een meld nummer van de beheerder voor eventuele calamiteiten.

5

Aan deze eis wordt voldaan indien:

Het protocol voor storingsopvolging is bijgewerkt en functioneel is (meld nummers worden beantwoord).

### 7.3.2 Correctief onderhoud

10

*Toelichting*

*Met correctief onderhoud wordt het oplossen van storingen of het verhelpen van gebreken bedoeld. Storingen met een bodemenergiesysteem zijn zeer ongewenst, dit kan leiden tot comfort klachten en het niet na kunnen komen van leverings en vergunningsverplichtingen. Na het oplossen van een storing dient altijd een oorzaak analyse te worden uitgevoerd om symptoombestrijding te voorkomen. Door de oorzaak van een storing te onderzoeken kan vaak grotere onomkeerbare schade worden voorkomen (zoals bronverstopping of opbarsting).*

15

Eis: vervanging, revisie of herstel van componenten moet in revisiebescheiden worden bijgehouden en onderdeel zijn van de projectevaluatie.

20

Aan deze eis wordt voldaan indien:

De revisiegegevens zijn bijgewerkt en overeenkomen met de installatie.

Eis: Voer een oorzaakanalyse uit bij het falen van een component.

25

Toetsingskader:

Aan deze eis wordt voldaan als de volgende onderdelen zijn opgenomen in de oorzaakanalyse:

30

- materialen die vervangen, gereviseerd of hersteld zijn staan verwerkt in het logboek
- De onderhoudswerkzaamheden en het resultaat daarvan staan beschreven (specifiek debiet voor en na regenereren)
- Verwachte levensduur aan de werkelijke levensduur is getoetst
- Verklaring aan de beheerder voor het falen van het component, de gekozen oplossing en het verwachte resultaat.

35



## Bijlage 1 Communicatiemodel

### Basisgegevens

Tabel 1 Basisgegevens bij selectie systeemconcepten (communicatie naar ontwerper bovengrondse installatie)

Nr.	Basisgegevens communicatiemodel	Opties
1	Is de bodem geschikt voor toepassing van bodemenergie	- Ja, getoetst conform onderdelen uit paragraaf 5.2 1. Wet en regelgeving 2. Dikte en opbouw v/d bodemlaag 3. Grondwaterkwaliteit 4. Voorkoming opbarsten en wateroverlast aan maaiveld 5. Grondwaterstanden en stroming 6. Effecten op andere belangen. - Nee
2	Natuurlijke bodemtemperatuur	... °C
3	Is de bodem geschikt voor een	monobron / doublet / recirculatie / meerdere bronnen/ een gesloten systeem
4	Ondergrondse ruimtebeslag (indicatie)	- m2 footprint
5	Kostenindicatie ondergrondse installatie in relatie tot geschikte bodemlaag	- ... Euro
6	Aantal bronnen (indien van toepassing)	- ...



Tabel 2 Basisgegevens voor ontwerp van een stationaire situatie: energiestromen en temperaturen (met voorbeeldgetallen; niet algemeen geldig) (communicatie iteratief tussen ontwerper en ontwerper bovengrondse installaties.

		Koude Ontladen	Koude Laden
<b>Debiten*</b>			
Brondebiet	m <sup>3</sup> /h	107	45
<b>Temperaturen*</b>			
gemiddelde onttrekkingstemperatuur	°C	9,8 ± 1	14,8 ± 1,5
gemiddelde injectietemperatuur	°C	15,5 ± 1,5	7,5 ± 1
<b>Energiestromen</b>			
Energiestroom koude	KWh	576.472	462.583
Totaal	KWh	576.472	576.472
Bandbreedte energiestromen	%	+/- 30%	+/- 30%
<b>Grondwaterverplaatsing (indicatie)</b>			
grondwaterverplaatsing	m <sup>3</sup> /jaar	86.428	68.546
Bandbreedte grondwaterverplaatsing	%	+/- 30%	+/- 30%
*: uurlijkse data benodigd ja/nee; aan te geven door ontwerper van de ondergrondse installatie. Zo ja, wat is dan de relatie met de bandbreedte in de energievraag en waterhoeveelheden?			



Tabel 3 Verantwoordelijkheden ontwerper gebouwinstallatie en ontwerper ondergrondse (bodemenergie)

Nr.	Onderwerp	Ontwerper bovengrondse deel gebouwinstallatie	Ontwerper ondergrondse deel energiecentrale
1	Selectie bronnensysteem		X
2	Selectie TSA's	Nader te bepalen in gezamenlijk overleg	Nader te bepalen in gezamenlijk overleg
3	Vaststellen noodzaak van uurlijkse vraagspecificatie aan ondergrondse energieopslag		X
4	Kwaliteit vraagspecificatie aan ondergrondse energieopslag	X	X: ontrekkingstemperaturen
5	Kwaliteit basisgegevens bronnensysteem		X
6	Beschrijving automatische werking en regeltechnische omschrijving.	Nader te bepalen in gezamenlijk overleg	Nader te bepalen in gezamenlijk overleg



Tabel.4 Gegevens voor dimensionering TSA

<b>TSA</b>			
		Gebouwszijdig	Grondwaterzijdig
Medium	-	<i>Water</i>	<i>Water</i>
Debiet	m <sup>3</sup> /h	66	66
Intredetemperatuur	°C	18,6	9,0
Uittredetemperatuur	°C	11,0	16,6
Drukval	KPa	35	35
Absolute drukniveau	kPa		
Rekenen met vervuilingfactor	m <sup>2</sup> K/W	2,0 x 10 <sup>-5</sup>	
Materiaal		RVS316	
Scheiding	<i>Enkel of dubbel</i>	<i>enkel</i>	
<b>Bronpompen</b>			
Minimale terugregelbaarheid	<i>% van maximale debiet</i>		

Tabel 5 Basisgegevens voor functioneel ontwerp (beschrijving automatische werking en regeltechnische omschrijving)

<b>Nr.</b>	<b>Basisgegevens communicatiemodel</b>	<b>Opties</b>
1	Methode voor de beschrijving van de automatische werking	- op basis van bedrijfsstandenmatrixen + processchema's met regelverbanden (ISSO 69) - objectgeoriënteerde aanpak
2	Lijst met instellingen en setpoints van de ondergrondse installatie	- volledig - of enkel de signalen die over de scheidslijn uitgewisseld worden.
3	Wordt er gebruik gemaakt van één geïntegreerde automatiseringsinstallatie?	- ja - nee

5



## Randcondities

Tabel 6 Randcondities bij basisgegevens.

Nr.	Randconditie	Opties
1	Is er sprake van een omkeervoorziening in het ondergrondse deel?	- ja - nee - te overleggen
2a	Overige punten afstemming met toetsingskader ISSO 73 - Er zijn voldoende sturingmogelijkheden voor het bereiken van de thermische balans	- Ja, zie motivatie bij selectie definitieve systeemconcept
2b	- De maximaal te leveren capaciteit is herleidbaar gerelateerd aan het energieconcept	- zie uitkomst van procedure 'dimensionering' paragraaf <b>Fout!</b> <b>Verwijzingsbron niet gevonden.</b> ISSO-publicatie Warmte- en koudeopslag

## Verantwoordelijkheden

### Toelichting bij communicatiemodel

#### 5 **Basisgegevens voor definitieve selectie systeemconcept**

In het kader van de vaststelling van het definitieve systeemconcept is het van belang om te weten of de bodem zich leent voor bodemenergie en welk type bron er mogelijk is. De natuurlijke bodemtemperatuur is van belang in het kader van een recirculatievariant en als de aanvoertemperatuur van het gkw-circuit afhankelijk is van de brontemperatuur. Kostenindicaties zijn nodig voor de economische afweging.

#### **Basisgegevens voor het ontwerp ondergrondse installatie: energiestromen en temperaturen**

Op basis van deze gegevens moet de ontwerper van het bodemenergiesysteem in staat zijn effectberekeningen uit te voeren voor de ondergrond. Er wordt in deze gewerkt met 2 niveaus.

- Niveau 1
  - tabel met jaarlijkse energiestromen en waterhoeveelheden en sets van injectie- en onttrekkingstemperaturen zoals in tabel 2.
- Niveau 2
  - Idem aangevuld met uurlijkse gegevens van de temperaturen en debieten in de TSA (grondwaterzijdig). Dit kan gepresenteerd worden in de vorm van een jaarbelastingduurkromme.
  - Hierbij dient gespecificeerd te worden welke energie- en waterhoeveelheden hierbij van toepassing zijn (onderste / bovenste / gemiddelde waarde bandbreedte energievraag en waterhoeveelheden)

Niveau 1 wordt voldoende geacht, niveau 2 is goed.

#### **Toelichting bij gebruik van bandbreedtes en $\pm$ bij de temperaturen**

- Zoals aangegeven bij de afstemming met het gebouw met het bijbehorende communicatiemodel (ISSO-publicatie) heeft de energievraag van het gebouw een zekere bandbreedte. De ontwerper van de gebouwinstallatie bepaalt deze bandbreedte op basis van klimaatinvloeden en het gebouwgebruik.
- De ontwerper van de bovengrondse installatie hanteert bij het dimensioneren van de opwekkingscomponenten toeslagen en reductiefactoren om de regeneratievoorzieningen te dimensioneren.
- Bij opstart van de het bodemenergiesysteem zullen de onttrekkings- en injectietemperaturen niet gelijk zijn aan het gemiddelde. Dit leidt in de eerste paar jaar tot andere energie- en waterhoeveelheden. Tevens is de temperatuur van de warme bron een onzekere factor.
- De bandbreedte in de energie- en waterstromen is een combinatie van al deze onzekerheidsmarges. Stapeling van al deze factoren leidt tot overdimensionering. De ontwerper van de bovengrondse installatie dient hierbij een keuze in te maken. Het inzichtelijk maken van de stapeling van bandbreedtes kan hierbij helpen.

#### **Retourtemperaturen uit de bronnen**

De ontwerper van het bodemenergiesysteem maakt op basis van de gegevens uit Tabel 2 een berekening van de thermische en hydrologische effecten in de ondergrond. In de rapportage hiervan worden de berekende retourtemperaturen /onttrekkingstemperaturen uit de bronnen beschreven (gemiddeld en aan het einde van het seizoen)





### Gegevens voor dimensionering

Bij de dimensionering en ontwerp van de hydraulische schakeling is het wederzijds van belang de gegevens over de TSA uit te wisselen. De ontwerper van het bodemenergiesysteem heeft deze gegevens ook nodig voor het ontwerp van het ondergrondse hydraulisch circuit. Voor het analyseren van deellastsituaties is het van belang het minimale debiet van de bronpompen vast te leggen.

### Automatische werking en regeltechnische omschrijving

Het is belangrijk dat er duidelijke afspraken worden gemaakt over de methode voor de beschrijving van de automatische werking (regeltechniek).

Dit protocol vraagt hieromtrent het volgende:

Eis: Leg het ontwerp van de regeling vast in een regeltechnische omschrijving(RTO). Aan de eis wordt voldaan indien:

- Het principeschema is opgenomen in het RTO met specifieke coderingen voor alle regeltechnische apparatuur;
- Per bedrijfswijze een schakelvolgorde of regelprocedures is uitgewerkt (in tabel vorm);
- Beveiligingen met bijbehorende opvolging is uitgewerkt;
- Een defaultlijst is opgenomen voor inbedrijfstelling met ten minste: De verwachte instelwaarden van beveiligingen en regelingen, looptijden, (start)frequenties;
- Prototype van de beeldplaatjes zijn opgenomen waarin de visualisatie van de regeling is weergegeven;

Hieraan kan invulling worden gegeven met de procedure conform paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** van de ISSO-publicatie. Met de object georiënteerde regelschrijving is het ondergrondse deel hier uit te destilleren. Voor basisconcept 1 bijvoorbeeld door de beschrijving van de objecten:

- 'Storing energieopslag ontladen'
- 'Bronpompen'
- 'Drukhandhaving'
- 'Grondwaterstand'
- 'Injectiekleppen'
- 'Spuien'

Met de bijbehorende lijst met setpoints en instellingen (zie paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** van de ISSO-publicatie).

Voor de uitwerking en realisatie is het van belang te overleggen of er sprake is van één automatiseringsinstallatie.

### Randcondities

Voor het ontwerp van de hydraulische schakeling is het van belang te overleggen over de omkeervoorziening (voorziening die er voor zorgt dat er over de TSA altijd tegenstroom is).

Verder zijn bij de randcondities een aantal zaken opgenomen die genoemd worden in dit-protocol en die als doel hebben aan te tonen dat er nuttig / terecht gebruik van ondergrond plaats vindt:

- Sturingsmogelijkheden voor de ondergrondse balans
- De capaciteit van de ondergrond wordt nuttig gebruikt (herleidbaar aan het energieconcept).

Hieraan wordt invulling gegeven door middel van de onderbouwing in de voorselectie en definitieve selectie van het systeemconcept (procedures paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.,** paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.,** paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).



## Bijlage 2 Overzicht eisen aan open en gesloten systemen

### Overzicht eisen en verdeling eisen voor open en gesloten systemen

H5	Ontwerp	Open	Gesloten
<b>5.1</b>	<b>Vastleggen uitgangspunten</b>		
	Geef benodigde uitgangspunten op	X	X
<b>5.2</b>	<b>Geohydrologisch vooronderzoek</b>		
5.2.1.	<i>Open systemen</i>		
	Inzicht in geohydrologische situatie	X	
	Risico-analyse	X	
	Voldoe aan wettelijke eisen	X	
5.2.2	<i>Gesloten systemen</i>		
	Inzicht in geohydrologische situatie		X
	Risico-analyse		X
	Voldoe aan wettelijke eisen		X
<b>5.3</b>	<b>Nader onderzoek</b>		
5.3.1.	<i>Open systemen</i>		
	Onderzoeksmethode	X	
5.3.2	<i>Gesloten systemen</i>		
	Thermal response test		X
<b>5.4</b>	<b>Energieconcept</b>		
5.4.1.	<i>Open systemen</i>		
	Integraal ontwerp bovengrondse installatie	X	
5.4.2	<i>Gesloten systemen</i>		
	Integraal ontwerp bovengrondse installatie		X
<b>5.5</b>	<b>Bron en boorgatconfiguratie</b>		
5.5.1	<i>Open systemen</i>		
	Bepaal geschikte bodemlaag	X	
	Bepaal aantal bronnen	X	
	Bepaal randvoorwaarden positonering	X	
	Bepaal positionering bronnen	X	
	Toets bronlocaties op inpassingsmogelijkheden	X	
5.5.2	<i>Gesloten systemen</i>		
	Bepaal diepte van de individuele bron		X
	Bepaal aantal boringen		X
	Bepaal randvoorwaarden positonering		X
	Bepaal positionering bronnen		X
	Toets bronlocaties op inpassingsmogelijkheden		X
<b>5.6</b>	<b>Effectberekeningen</b>		
5.6.1	<i>Open systemen</i>		
	Bepaal geohydrologische effecten	X	
	Bepaal thermische effecten	X	
	Bepaal grondmechanische effecten	X	
5.6.2	<i>Gesloten systemen</i>		



	Bepaal thermische effecten indien nodig		x
<b>5.7</b>	<b>Informatieoverdracht</b>		
	Vastleggen informatiestroom	x	x
		<b>Open</b>	<b>Gesloten</b>
<b>H6</b>	<b>Detail engineering</b>		
<b>6.1</b>	<b>Open bronnen</b>		
	Ontwerpcapaciteit en opbarsten bronnen	x	
	Putbehuizing	x	
<b>6.2</b>	<b>Gesloten bronnen</b>		
	Ontwerp bronnen die langdurig functioneren		x
<b>6.3</b>	<b>Hydraulisch circuit open systemen</b>		
<i>6.3.1</i>	<i>Ontwerpeisen</i>		
	Integraal ontwerp bedrijfswijzen bovengrond	x	
	Systeem luchtdicht en op druk	x	
	Energieverbruik en rendement	x	
<i>6.3.2</i>	<i>Materiaaleisen</i>		
	Keuze componenten	x	
	Levensduur, vervangbaarheid en storingen	x	
<b>6.4</b>	<b>Hydraulisch circuit gesloten systemen</b>		x
<i>6.4.1</i>	<i>Ontwerpeisen</i>		
	Systeem lekdicht, drukklassen, hydraulisch verlies		x
<i>6.4.2</i>	<i>Materiaaleisen</i>		
	Keuze componenten		x
<b>6.5</b>	<b>Regeling en monitoring</b>		
<i>6.5.1</i>	<i>Open systemen</i>		
	Regeltechnische omschrijving	x	
<i>6.5.2</i>	<i>Gesloten systemen</i>		
	Aansturen pomp vanuit gebouwinstallatie		x
<b>6.6</b>	<b>Verslaglegging ontwerpfase</b>		
<i>6.6.1</i>	<i>Open systemen</i>		
	Vastleggen informatiestroom	x	
<i>6.6.2</i>	<i>Gesloten systemen</i>		
	Vastleggen informatiestroom		x



<b>H7</b>	<b>Realisatie</b>		
<b>7.1</b>	<b>Vorbereiding realisatie</b>		
	Kennisnemen van ontwerp	x	x
	Controle uitvoerbaarheid	x	x
	Voldoe aan wettelijke eisen	x	x
	Maak een planning, opnemen in totaalplanning	x	x
	Vertaal ontwerp naar werktekeningen	x	x
<b>7.2</b>	<b>Uitvoering</b>		
	Signaleer afwijkingen	x	x
	Sturing en controle op ontwerpeisen	x	x
<i>7.2.1</i>	<i>Uitvoering open bronnen</i>		
	Stabiele overdruksituatie boorgat	x	
	Voorkom hechting van boorspoeling	x	
	Continue monstername en nauwkeurige identificatie	x	
	Inbouw gecentreerd en aanvulling gelijkmatig	x	
	Bepaal specifieke volumes van aanvulmateriaal	x	
	Bepaal diepte aanvulmateriaal tijdens aanvullen	x	
		<b>Open</b>	<b>Gesloten</b>
	Ontwikkel de bronnen	x	
	Borg kwaliteit na afronding werkzaamheden	x	
<i>7.2.2.</i>	<i>Uitvoering gesloten systemen</i>		
	Stabiele overdruksituatie boorgat		x
	Continue monstername en nauwkeurige identificatie		x
	Zorg voor volledige inbouw buizen		x
	Bepaal specifieke volumes van aanvulmateriaal		x
	Bepaal diepte aanvulmateriaal tijdens aanvullen		x
	Borg kwaliteit na afronding werkzaamheden		x
<i>7.2.3</i>	<i>Hydraulisch circuit</i>		
	Voorkom vervuiling circuit tijdens aanleg	x	x
	Leidingweerstand zo laag mogelijk	x	x
	Ontluchtingspunten	x	x
	Voorkom onnodig verbruik of lekkage van water	x	x
	Voorkom condensvorming en thermische verliezen	x	x
<i>7.2.3.1</i>	<i>Open bronnen</i>		
	Gecontroleerde inbouw broninstallatie	x	
<i>7.2.4</i>	<i>Regeling en monitoring</i>		
	Herleidbare software	x	x
<b>7.3</b>	<b>In bedrijf stellen en testen</b>		
	Testen en beproeven	x	x
<b>7.4</b>	<b>Revisie</b>		



	Revisiepakket	x	x
<b>7.5</b>	<b>Onderhoud</b>		
	Eerste twee jaar onderhoud na oplevering	x	x
<b>H8</b>	<b>Beheer en onderhoud</b>		
<b>8.1</b>	<b>Beheerplan</b>		
<i>8.1.1</i>	<i>Open bronnen</i>		
	Stel een beheerplan op	x	x
<i>8.1.2</i>	<i>Gesloten bronnen</i>		
	Stel een beheerplan op	x	x
<b>8.2</b>	<b>Regulier beheer</b>		
	Voldoe aan wettelijke eisen	x	x
	Levensduur, capaciteit en vermogen gegarandeerd	x	x
	Storingsopvolging	x	x
<b>8.3</b>	<b>Onderhoud</b>		
<i>8.3.1</i>	<i>Preventief onderhoud</i>		
	Eerste twee jaar onderhoud, projectevaluatie	x	x
	Eerste twee jaar minimaal 2x per jaar inspectie	x	x
<i>8.3.2</i>	<i>Correctief onderhoud</i>		
	Bij vervanging toets op verwachte levensduur	x	x
	Vervanging/revisie bijhouden, opnemen in evaluatie	x	x
	Wijzigingen bijhouden in revisiebescheiden	x	x
<i>8.3.3</i>	<i>Oorzaak analyse</i>		
	Oorzaak analyse bij falen component	x	x



## Bijlage 3 Nader geohydrologisch onderzoek

5 Het is mogelijk dat tijdens het uitzoeken van de geohydrologie geconcludeerd moet worden dat niet voldoende inzicht is verkregen. In deze situatie is het dan ook niet mogelijk om vast te stellen of energieopslag bodemtechnisch haalbaar is. Om de onduidelijkheden in bodemopbouw, grondwaterkwaliteit et cetera weg te nemen kan een aanvullend bodem- en grondwateronderzoek noodzakelijk zijn, het zogenaamde geohydrologisch onderzoek.

10 In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van aanvullende geohydrologische onderzoeken die vaak worden toegepast.

Tabel Overzicht aanvullende geohydrologische onderzoeken

Aanvullend onderzoek	Bodem of grondwater	Doel	Methode
Proefboring	Bodem	Bepaling bodemopbouw	Puls- of zuigboring, sonic-drilling (met gestoken monsters), in uitzonderlijke gevallen hamerboren
Zeefkrommes	Bodem	Bepaling korrelgroottes van het te gebruiken w.v.p.	Zeven van grondmonsters (van de fijnste lagen)
Boorgatmeting	Bodem en grondwater	Bodemopbouw: ligging kleilagen bepaling ligging zoet/zoutgrensvlak	Kleilagen: gammameting en weerstandsmeting zoet/zoutgrensvlak: weerstandsmeting
Putproef	Bodem	Bepaling doorlatendheid / doorlaatvermogen van het w.v.p.	Onttrekking grondwater uit put met filter in het beoogde w.v.p. met een bepaald debiet gedurende een bepaalde tijd. Aan de hand van de gemeten verlaging van de stijghoogte, het debiet en de tijd kan de doorlatendheid worden bepaald.
Sonderingen	Bodem	Bepaling ondiepe bodemopbouw (max. circa 30 m-mv)	Wegdrukken van een sonde in de bodem. Aan de hand van de conusweerstand, de kleef en het wrijvingsgetal kunnen klei- zand- en veenlagen worden onderscheiden.
Stijghoogte	Grondwater	Bepalen stijghoogte van de diverse watervoerende pakketten (bijv. spaningswater)	Niveau meting in peilbuizen. Bij (verwacht) spaningswater uitvoeren boring hierop aanpassen.
Bodemtemperatuurmeting	Grondwater	Bepaling grondwatertemperatuur op verschillende dieptes.	Temperatuurmeting wordt in het veld uitgevoerd in het diepste peilfilter, vanaf maaiveld bijvoorbeeld elke 5 m.
Grondwateranalyse	Grondwater	Bepaling grondwaterkwaliteit op ionenbalans, chloridegehalte, gasgehalte, redoxgrens en eventuele grondwaterverontreinigingen	Monsternamen grondwater uit verschillende peilfilters in de proefboring of bestaande peilfilters. Deze grondwatermonsters worden in een geaccrediteerd laboratorium geanalyseerd op de gewenste parameters. Eventueel in-situ meten met sondeertechniek (redoxparameters)



Aanvullend onderzoek	Bodem of grondwater	Doel	Methode
Minifilters	Bodem en grondwater	Bepaling grondwaterkwaliteit tot max. 30 m-mv: grondwaterverontreinigingen, redoxgrens, chloridegehalte	Kleine filters worden in de grond weggedrukt met behulp van een sondeerwagen. Verkregen grondwatermonsters worden in een geaccrediteerd laboratorium geanalyseerd op de gewenste parameters. Deze techniek heeft een relatief hoge storingsgevoeligheid.

Bij deze tabel worden nog enkele opmerkingen geplaatst:

- 5 1. Een proefboring is in eerste instantie een methode om de bodemopbouw op de onderzoekslocatie te bepalen. Na het boren kan in het boorgat, ter verificatie, een boorgatmeting worden uitgevoerd. Bij de pulsboormethode (verbuisde boring) is geen boorgatmeting mogelijk;
- 10 2. Na het boren van de proefboring dient het boorgat conform de aangetroffen bodemopbouw te worden aangevuld (BRL 2100);
- 15 3. Een proefboring kan tevens gebruikt worden voor analyse van de grondwaterkwaliteit. Hiervoor dienen op verschillende dieptes filters van circa 1 m lengte te worden geplaatst. De keuze van het aantal te plaatsen filters en de filterdieptes hangt af van de gewenste informatie over de grondwaterkwaliteit;
- 20 4. Om betrouwbare informatie over de grondwaterkwaliteit te verkrijgen, dienen de grondwatermonsters op zijn vroegst vier weken na de aanleg van de proefboring te worden genomen. Het grondwater in de proefboring is direct na de proefboring een mengwater van grondwater van verschillende dieptes en van het gebruikte werkwater. Na vier weken is dit water veelal voldoende afgestroomd. Rond peilfilters in slecht doorlatende lagen of als de regionale stroming gering is, kan vier weken zelfs nog onvoldoende zijn;
- 25 5. Hoge methaangehaltes worden vooral aangetroffen in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket onder een deklaag die veen bevat (westen en noorden van Nederland). Hoge stikstofgehaltes worden vooral aangetroffen in het oosten en zuiden van Nederland waar de intensieve veehouderij voor een hoge nitraatbelasting zorgt;
6. Om de diepte van een redoxgrens of het zoet/brakgrensvlak goed te kunnen bepalen, is het van belang om onder en boven de verwachte diepte meerdere filters te plaatsen.





## Bijlage 4 Norm voor infiltratie- en onttrekkingsbronnen

### 1. Algemeen

5 De stroomsnelheid op de boorgatwand is maatgevend voor de boordiameter en de filterlengte van de bron. Voor infiltratie- en onttrekkingsbronnen zijn verschillende ontwerpcriteria beschikbaar. Over het algemeen is het onttrekken van water in de bodem gemakkelijker dan infiltratie, omdat infiltratie doorgaans maatgevend is bij de bepaling van de benodigde boordiameter en de filterlengte.

10 Norm voor infiltratiebronnen:

$$v_{inf} = 1.000 \left( \frac{k}{150} \right)^{0,6} \sqrt{\frac{v_{verstopping}}{2 MFI u_{eq}}}$$

15  $v_{inf}$  = ontwerp stroomsnelheid op de boorgatwand (m/h)  
 $k$  = doorlatendheid van het watervoerend pakket (m/d)  
 $u_{eq}$  = aantal equivalente vollasturen (h/j)  
 $v_{verstopping}$  = specifieke verstoppingssnelheid (m/j) *standaardwaarde 0,1 m/j*  
 MFI = gemeten MFI (s/l<sup>2</sup>) *standaardwaarde 2 s/l<sup>2</sup>*

20 De MFI (Membraan Filter Index) is een maat voor de hoeveelheid zwevende deeltjes in grondwater (< 0,45 µm) en kan eventueel worden gemeten met een MFI-apparaat. Voor energieopslagsystemen kan uitgegaan worden van MFI = 2.

25 Norm voor onttrekkingsbronnen:

$$v_{ont} = \frac{k}{12}$$

30  $v_{ont}$  = ontwerp stroomsnelheid op de boorgatwand (m/h)

#### Voorbeeld bepaling boordiameter en filterlengte van de bron

35 Capaciteit van de bron (onttrekking/infiltratie):  $Q = 60 \text{ m}^3/\text{uur}$   
 Doorlatendheid watervoerend pakket:  $k = 20 \text{ m/d}$   
 Aantal equivalente vollasturen infiltratie:  $u_{eq} = 1000 \text{ uur/jaar}$

40 1. ontwerpnorm voor onttrekking:

max stroomsnelheid op de boorgatwand:  $v_{ont} = 20 / 12 = 1,7 \text{ m/h}$   
 minimum oppervlakte boorgatwand:  $O_{boorgat} = Q / v_{ont} = 60 / 1,7 = 35 \text{ m}^2$

45 2. ontwerpnorm voor infiltratie

max stroomsnelheid op de boorgatwand:  $v_{inf} = 1.000 \cdot (20 / 150)^{0,6} \sqrt{(0,1 / \{ 2 \cdot 2 \cdot 1000 \})}$

minimum oppervlakte boorgatwand:  $v_{inf} = 1,5 \text{ m/h}$   
 $O_{boorgat} = Q / v_{inf} = 60 / 1,5 = 40 \text{ m}^2$

De norm voor infiltratie blijkt maatgevend.



*Mogelijke combinaties van boordiameter en filterlengte voor een boorgatwand van 40 m<sup>2</sup>:*

Boorgatdiameter (mm)	400	500	600	700	800
Effectieve filterlengte (m)	32	25	21	18	16

5

## 2. Het voorkomen van bodemsplijting

In de regel kan worden gesteld dat als de injectiedruk (in mwk) niet meer bedraagt dan een vijfde van de diepte van de top van het filter, bodemsplijting niet zal optreden. Als vuistregel kan worden aangehouden dat:

10

Maximaal (toelaatbare) stijghoogteverandering = 0,2 \* diepte van de top van het filter.

Om te bepalen welke maximale stijghoogteveranderingen ter hoogte van het meest kritische punt onder maaiveld mogen optreden is het nodig de horizontale korrelspanning te kennen.

15

Dit meest kritische punt is de bovenzijde van de filteromstorting of de onderzijde van de scheidende laag.

De horizontale spanning kan met behulp van de wet van Coulomb worden bepaald uit de verticale korrelspanning. Deze laatste kan weer bepaald worden uit de grondspanning en waterspanning. Deze formules worden in Olsthoorn (KIWA-mededeling nr. 71 Verstopping van persputten) en andere literatuur over grondmechanica omschreven.

20

### *Injectiedruk*

Tijdens het infiltreren van water in de bodem zal de stijghoogte in het opslagpakket in en direct rond de bron worden verhoogd. De mate van verhoging is afhankelijk van het debiet waarmee geïnjecteerd wordt en van het doorlaatvermogen van het watervoerende pakket. Bij een groot doorlaatvermogen zal de verhoging minder groot zijn dan bij een klein doorlaatvermogen (uitgaande van hetzelfde debiet). Uitgaande van volkomen bronfilters (filters worden geplaatst over de gehele hoogte van het watervoerende pakket) kan de stijghoogteverandering voor een doublet aan de hand van de volgende formule worden berekend:

25

30

$$\Delta h = (24q_v / 2 \square kH) * \ln (L / r_b)$$

35

$\Delta h$  : stijghoogteverandering [m]  
 $q_v$  : debiet [m<sup>3</sup>/h]  
 $k$  : doorlatendheid van het watervoerende pakket [m/d]  
 $H$  : filterlengte [m]  
 $L$  : bronafstand [m]  
 $r_b$  : straal boorgat [m]

40

Tijdens het ontwerp dient rekening te worden gehouden met de stijghoogteverhoging. Bij te grote verhoging kan de zg. opbarstdruk worden overschreden, waardoor splijting van de bodem rond de bronnen kan optreden. Bij een goed ontwerp wordt overschrijding van de opbarstdruk voorkomen.

45

## 3. Thermische straal

In het algemeen wordt gesteld dat voor energieopslag een bronafstand van 3 keer de thermische straal dient te worden aangehouden. Hierbij wordt uitgegaan van het feit dat het systeem thermisch in balans is en dat thermische kortsluiting dient te worden

50



voorkomen

De thermische straal wordt als volgt gedefinieerd:

$$R_{th} = \sqrt{\left( \frac{C_w * Q}{C_a * H * \square} \right)}$$

$R_{th}$  : thermische straal van de opgeslagen koude of warmte [m]

$C_w$  : warmtecapaciteit van water [J/m<sup>3</sup>K]

$C_a$  : warmtecapaciteit van de aquifer [J/m<sup>3</sup>K] (=n $C_w$  + (1-n)  $C_r$  ; zie onderdeel

10 'warmtecapaciteit'

Q : de onttrokken of geïnjecteerde hoeveelheid water per seizoen [m<sup>3</sup>]

H: filterlengte [m]

15 De thermische straal kan gezien worden als de afstand in het watervoerende pakket tot waar de temperatuur beïnvloed wordt, gezien vanaf de infiltratiebron, als er geen verliezen naar de omgeving zijn.

'warmtecapaciteit'

De warmtecapaciteit is een maat voor de warmte die een medium kan opnemen.

20 De bodem bestaat uit twee verschillende media: water en korrelskelet (zand of klei etcetera). Elk medium heeft een eigen warmtecapaciteit. Op basis van de warmtecapaciteiten per medium kan met behulp van de volgende formule de warmtecapaciteit van het totale watervoerende pakket (aquifer) worden bepaald.

$$C_a = nC_w + (1-n)C_r$$

$C_a$ : warmtecapaciteit aquifer [J/ m<sup>3</sup>K]

$C_w$ : WARMTECAPACITEIT WATER [J/ m<sup>3</sup>K]

$C_r$ : warmtecapaciteit korrelskelet [J/ m<sup>3</sup>K]

30 n : porositeit [-]

35 Voor een watervoerend pakket bestaande uit zand wordt in Nederland voor de porositeit over het algemeen een waarde van 0,35 aangehouden. In tabel 2.8 zijn voor een aantal verschillende media de warmtecapaciteiten weergegeven. Bij deze tabel wordt opgemerkt dat de opgegeven warmtecapaciteit gelden bij een temperatuur van 20 C° met uitzondering van water. De opgegeven warmtecapaciteit voor water geldt bij een temperatuur van 10 C°.

Tabel Warmtecapaciteit van het bodemmateriaal

Bodemmateriaal	$C_r$ [MJ/ m <sup>3</sup> K]
Zand	2,2-2,9
Kleiig zand (80% zand en 20% klei)*	2,1-3,0
Zandige klei (80% klei en 20% zand)*	1,7-3,3
Klei	1,6-3,4
Klei met veenlagen (80% klei en 20% veen)*	1,4-3,5
Veen	0,5-3,8
Water	4,19

40 \* De verdeling van klei en zand of klei en veen zijn aannames



## 4. Testen en beproeven

### 4.1 Handmatig spuien

actienummer	actie	Controle
4.1.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- beurtelings spuien vanuit alle bronnen</li> <li>- ontluichten op alle ontluichtingspunten</li> <li>- minimaal 2 uur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- draairichting van de pomp(en)</li> <li>- relatie flowtransmitter (FTtr) met watermeter (FqItr) (ijkingsrapport)</li> <li>- relatie druktransmitters (PTx) leidingen met manometers (PIx) (ijkingsrapport)</li> <li>- relatieve niveautransmitters (LTx) in pompkamers met bronwaterstanden (handmatig) (ijkingsrapport)</li> <li>- druk in het leidingcircuit</li> <li>- testen storingen</li> <li>- testen meldingen</li> <li>- signaal grondwatersysteem niet paraat</li> </ul>
4.1.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- testen alle storingen tijdens spuien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- procedure stoppen</li> <li>- drukhandhaving</li> </ul>
4.1.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- testen alle meldingen tijdens spuien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- meldingsteksten</li> </ul>

5

### 4.2 Vullen en drukhandhaving

actienummer	actie	controle
4.2.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zet circuit op overdruk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- procedure vullen</li> <li>- cyclisch inschakelen bronpompen</li> </ul>
4.2.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zet circuit op overdruk (bijv. 300 kPa)</li> <li>- koppel het expansievat af</li> <li>- minimumduur 24 uur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- waterdichtheid</li> <li>- drukverlaging (schrijvende drukmeter en rapportage)</li> </ul>
4.2.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- verlaag de druk in het circuit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- procedure drukhandhaving</li> <li>- cyclisch inschakelen pompen</li> </ul>

10

### 4.3 Warmtelevering en koudelevering

actienummer	actie	controle
4.3.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- start koudelevering</li> <li>- ontluichten injectiekleppen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- frequenties: zonodig bijstellen</li> <li>- debiet</li> <li>- circuitdruk bedrijf/schakelen</li> <li>- aanlooptijd frequentieregelaar</li> </ul>
4.3.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vrijgave debietregeling</li> <li>- optoeren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zie 4.3.1</li> <li>- minimaal debiet</li> <li>- maximaal debiet</li> </ul>
4.3.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vrijgave debietregeling</li> <li>- aftoeren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zie 4.3.1</li> <li>- minimaal debiet</li> </ul>



actienummer	actie	controle
4.3.4	- stoppen koudelevering	- maximaal debiet - zie 4.3.1 - uitlooptijd frequentieregelaar
4.3.5	- testen warmtelevering	- circuitdruk - herhaal stap 4.3.1 t/m 4.3.4 voor warmtelevering

5 Bij op- en afschakelen de softwarematige aan- en uitlooptijd van de frequentieregelaar en de softwarematige tijdsvertragingen van de injectieklep zodanig op elkaar afstemmen dat de drukverschillen (zowel de positieve als negatieve piek) in het circuit geminimaliseerd worden. Tevens dienen de drukveranderingen geleidelijk te verlopen.

#### 4.4 Beveiligingen

actienummer	actie	controle
4.4.1	- testen min. en max. niveau pompkamers LTx	- meldingen
4.4.2	- testen alle storingen bij koudelevering, warmtelevering en onderhoud	- stoppen + op druk achterlaten + blokkeren / storingsteksten - drukhandhaving
4.4.3	- testen alle meldingen - koudelevering, warmtelevering en onderhoud	- meldingsteksten

#### 10 4.5 Registratie

actienummer	actie	controle
1.5.1	- testen systeemregistratie	- uurlijks getalsmatig - uurlijks grafisch - maandelijks gecumuleerd (tijden softwarematig versnellen) - geregistreerde waarden controleren met uitlezing flow- en energiemeters



## 5. Meetlijsten

Bedrijfssituatie SPUIEN		
Datum		
Tijd		
Situatie	rust	maximaal
Debiet [m <sup>3</sup> /h]	0	

BRON K1		
<b>Drukken [kPa]</b>	code	
Pers-/injectieleiding		
Bronplaat		
Nuldruk pomp		
<b>Waterstanden [m-bkpb]</b>		
In pompkamer		
Leveltransmitter		
Peilbuis 1		
Peilbuis 2		
<b>Watermeter</b>		
Flow [m <sup>3</sup> /h]		
Stand watermeter [m <sup>3</sup> ]		
<b>Frequentieregelaar [Hz]</b>		
frequentie		

Druk onderhoudsfilter [kPa]		
PI voor filter		
PI na filter		

BRON K2		
<b>Drukken [kPa]</b>	code	
Pers-/injectieleiding		
Bronplaat		
Nuldruk pomp		
<b>Waterstanden [m-bkpb]</b>		
In pompkamer		
Leveltransmitter		
Peilbuis 1		
Peilbuis 2		
<b>Watermeter</b>		
Flow [m <sup>3</sup> /h]		
Stand watermeter [m <sup>3</sup> ]		
<b>Frequentieregelaar [Hz]</b>		
frequentie		

Druk onderhoudsfilter [kPa]		
PI voor filter		
PI na filter		



**Bedrijfssituatie WARMTELEVERING (W → K)**

Datum						
Tijd						
Situatie	rust	min.	tussen	tussen	max.	max.
Debiet [m <sup>3</sup> /h]	0					60 Hz

<b>BRON W1</b>	code					
<b>Drukken [kPa]</b>						
Pers-/injectieleiding						
Bronplaat						
<b>Waterstanden [m-kpb]</b>						
In pompkamer						
Peilbuis 1						
Peilbuis 2						

<b>BRON W2</b>	code					
<b>Drukken [kPa]</b>						
Pers-/injectieleiding						
Bronplaat						
<b>Waterstanden [m-kpb]</b>						
In pompkamer						
Peilbuis 1						
Peilbuis 2						

<b>BRON K1</b>	code					
<b>Drukken [kPa]</b>						
Pers-/injectieleiding						
Bronplaat						
<b>Waterstanden [m-kpb]</b>						
In pompkamer						
Peilbuis 1						
Peilbuis 2						

5

<b>BRON K2</b>	code					
<b>Drukken [kPa]</b>						
Pers-/injectieleiding						
Bronplaat						
<b>Waterstanden [m-kpb]</b>						
In pompkamer						
Peilbuis 1						
Peilbuis 2						





**Bedrijfssituatie WARMTELEVERING (W → K)**

Datum						
Tijd						
Situatie	rust	min.	tussen	tussen	max.	max.
Debiet [m <sup>3</sup> /h]	0					60 Hz

<b>TECHNISCHE RUIJTE</b>	code					
<b>Drukken [kPa]</b>						
PI koud TSA 1						
PI warm TSA 1						
PI koud TSA 2						
PI warm TSA 2						
<b>Temperatuur [°C]</b>						
TI koud TSA 1						
TI warm TSA 1						
TI koud TSA 2						
TI warm TSA 2						
<b>Energiehoeveelheden [MWh]</b>						
E koudelevering						
E warmtelevering						
<b>Flow [m<sup>3</sup>/h]</b>						
Flowtransmitter						
<b>Frequentieregelaar</b>						
Frequentie reg. 1 [Hz]						
Stroom reg. 1 [A]						
Spanning reg. 1 [V]						
Frequentie reg. 2 [Hz]						
Stroom reg. 2 [A]						
Spanning reg. 2 [V]						



**Bedrijfssituatie WARMTELEVERING (W → K)**

Datum						
Tijd						
Situatie	rust	min.	tussen	tussen	max.	max.
Debiet [m <sup>3</sup> /h]	0					60 Hz

<b>ONDERSTATION GROOTHEDEN</b>	code					
<b>Flowmeter [m<sup>3</sup>/h]</b>						
FT grondwater						
<b>Drukken [kPa]</b>						
PT bron K1						
PT bron K2						
PT bron W1						
PT bron W2						
<b>Temperatuur [°C]</b>						
TT TSA 1						
TT TSA 1/2						
TT TSA 2						
<b>Waterstanden [kPa]</b>						
Bron K1						
Bron K2						
Bron W1						
Bron W2						
<b>Frequentieregelaar [Hz]</b>						
Frequentie reg. 1						
Frequentie reg. 2						



### Tabel Defaultwaarden

min. niveau in bron tijdens warmtelevering (alarm) (LTx)		-8.00 mwk
min. niveau in bron tijdens koudelevering (alarm) (LTx)		-8.00 mwk
max. niveau in bron tijdens warmtelevering (alarm) (LTx)		+8.00 mwk
max. niveau in bron tijdens koudelevering (alarm) (LTx)		+8.00 mwk
min. niveau in bron tijdens warmtelevering (onderhoud, melding) (LTx)		-7.00 mwk
min. niveau in bron tijdens koudelevering (onderhoud, melding) (LTx)		-7.00 mwk
max. niveau in bron tijdens warmtelevering (onderhoud, melding) (LTx)		+7.00 mwk
max. niveau in bron tijdens koudelevering (onderhoud, melding) (LTx)		+7.00 mwk
min. niveau in bron tijdens onderhoud (alarm) (LTx)		-8.50 mwk
onderhoudsdatum 1		1 april
onderhoudsdatum 2		1 oktober
onderhoudsduur	$t_{\text{onderhoud}}$	30 min.
inschakeldruk drukhandhaving (PTx)	$P_{\text{drukhandhaving-in}}$	90 kPa
uitschakeldruk drukhandhaving (PTx)	$P_{\text{drukhandhaving-uit}}$	400 kPa
uitschakeldruk procedure stoppen (PTx)	$P_{\text{stoppen-uit}}$	400 kPa
uitschakeldruk procedure vullen (PTx)	$P_{\text{vullen-uit}}$	400 kPa
uitschakeldruk procedure onderhoud (PTx)	$P_{\text{onderhoud-uit}}$	400 kPa
max. tijdsduur min. circuitdruk	$t_{\text{min-druk}}$	10 sec.
min. circuitdruk (PTx)	$P_{\text{min}}$	90 kPa
max. circuitdruk (PTx)	$P_{\text{max}}$	600 kPa
max. tijdsduur in procedure drukhandhaving	$t_{\text{drukhandhaving}}$	30 sec.
max. aantal procedures drukhandhaving	n	4 x per etmaal
max. tijdsduur in procedure vullen	$t_{\text{vullen}}$	180 sec.
max. tijdsduur in procedure stoppen	$t_{\text{stoppen}}$	30 sec.
max. flow koudelevering	$qV_{\text{max}}$	110 m <sup>3</sup> /h
min. flow koudelevering	$qV_{\text{min}}$	10 m <sup>3</sup> /h
max. flow warmtelevering	$qV_{\text{max}}$	110 m <sup>3</sup> /h
min. flow warmtelevering	$qV_{\text{min}}$	10 m <sup>3</sup> /h
inkomen flowbeveiliging na inschakelen per pomp	$t_{\text{flow}}$	60 sec.
vertragingstijd setpoint bewaking	$t_{\text{setpoint alarm}}$	120 sec.
frequentie bij inschakelen bronpompen	$f_{\text{start}}$	30 Hz
min. frequentie bronpompen (instelbaar per pomp)	$f_{\text{min}}$	20 Hz
max. frequentie bronpompen (instelbaar per pomp)	$f_{\text{max}}$	60 Hz
onderhoudsfrequenties (instelbaar per bron)	$f_{\text{onderhoud}}$	30 Hz
tijdsduur frequentievrijgave	$t_{\text{vrijgave}}$	30 sec.
min. uit-bedrijfstijd	$t_{\text{uit}}$	5 min.
min. in-bedrijfstijd in bepaalde toestand (instelbaar per toestand)	$t_{\text{in}}$	5 min.
min. tijdsduur in rusttoestand na omzetten keuzeschakelaar	$t_{\text{blokkeer}}$	60 sec.
inschakelvertraging injectieklep (instelbaar per injectieklep)	$t_{\text{IK-in/uit}}$	0 sec.
looptijd injectieklep (instelbaar per injectieklep)	$t_{\text{IK}}$	10 sec.
looptijd omkeerklep (instelbaar per omkeerklep)	$t_{\text{IK}}$	10 sec.
inschakelvertraging spui klep	$t_{\text{spuiklep-in}}$	5 sec.
uitschakelvertraging spui klep	$t_{\text{spuiklep-uit}}$	0 sec.
looptijd spui klep	$t_{\text{spuiklep}}$	15 sec.
aanlooptijd frequentieregelaar	$t_{\text{aanloop freq}}$	1 sec.
uitlooptijd frequentieregelaar	$t_{\text{uitloop freq}}$	1 sec.
aanlooptijd frequentieregelaar in software (m.u.v. procedure starten)	$t_{\text{aanloop}}$	5 sec. (0 sec.)
uitlooptijd frequentieregelaar in software (m.u.v. procedure stoppen, vullen en drukhandhaving)	$t_{\text{uitloop}}$	30 sec. (0 sec.)



Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer  
Groningenweg 10 Postbus 420 2800 AK Gouda  
telefoon 0182-540675 www.sikb.nl

