CAHIER

BODEMENERGIE

warm aanbevolen

skb
duurzame
ontwikkeling
ondergrond

AANLEG OPEN SYSTEMEN

1

Bronlocaties zijn uitgezet

2

De boorwagen wordt opgesteld, er kan worden geboord

3

Tijdens de boring worden bodemmonsters genomen

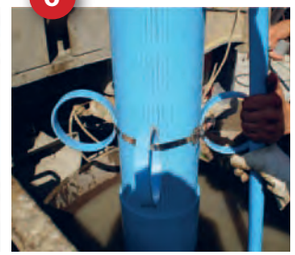
4

Met de bodemmonsters wordt de definitieve filterstelling en aanvulling bepaald

5

De PVC-buizen worden aangevoerd

6

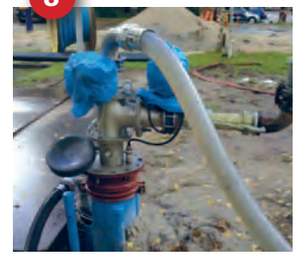


Het bronfilter wordt gecentreerd ingebouwd

7

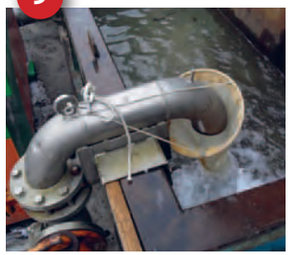
Het boorgat wordt aangevuld met grind en klei

8



De bron wordt ontwikkeld met een tijdelijke onderwaterpomp

9



Als de bron ontwikkeld is kan deze worden getest op zandhoudendheid

10

En op slibhoudendheid

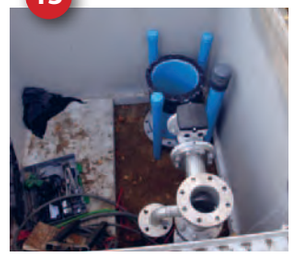
11

De putbehuizing is om de bron geplaatst

12

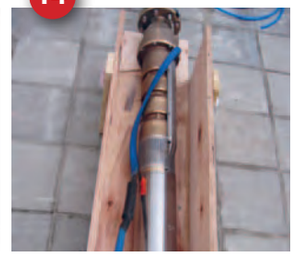
Alle leidingen en appendages worden ingebouwd

13



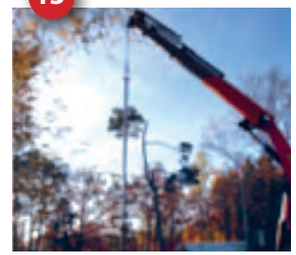
In de put wordt alles gemonteerd

14



De onderwaterpomp wordt uitgepakt

15



De onderwaterpomp wordt in het boorgat geplaatst

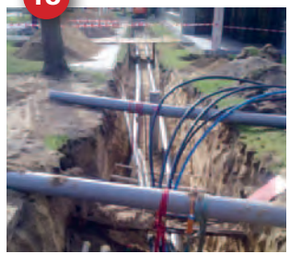
16

De onderwaterpomp wordt in het boorgat geplaatst

17

Er worden watermonsters genomen van het grondwater uit de installatie

18

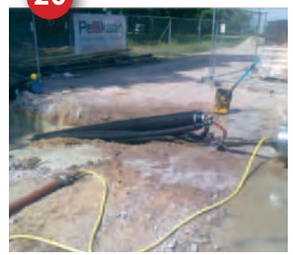


De terreinleidingen en kabels worden geplaatst

19

Na plaatsing van de terrein-leidingen, kabels en waarschu-wingslint wordt de sleuf weer afgedicht

20



Sommige gedeelten van het leidingtracé kunnen middels een gestuurde boring uitgevoerd worden

21

In de technische ruimte worden alle leidingen geplaatst en gelast

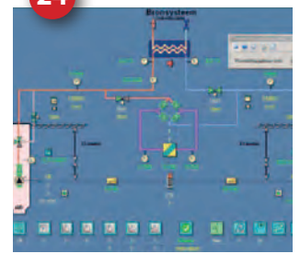
22

De warmtewisselaar wordt aangesloten, al het leidingwerk wordt geïsoleerd

23

De regelkast met o.a. frequentie-regelaars wordt geplaatst

24



Met het gebouw beheer systeem (GBS) wordt het grondwater-systeem getest en ingeregeld. Vervolgens kan het in gebruik worden genomen.

BODEMENERGIE

warm aanbevolen

skb
duurzame
ontwikkeling
ondergrond

INHOUD

Voorwoord **5**

1. Energie besparen met bodemenergie **7**
1.1 Wat is bodemenergie? 7
1.2 De succesfactoren van bodemenergie 8
1.3 De potentie van bodemenergie 9
1.4 In dit cahier bodemenergie 12

2. Beschrijving van de techniek **17**
2.1 BOAG-keten: gebouw en gebruikers 18
2.2 BOAG-keten: afgifte 19
2.3 BOAG-keten: opwekking (of omzetting) 21
2.4 BOAG-keten: bronnen 25

3. Ontwerp en aanleg van bodemenergiesystemen **31**
3.1 Keuze van het systeemconcept 31
3.2 Ontwerpen van open systemen 31
3.3 Ontwerpen van gesloten systemen 38
3.4 Aanleg van de bronnen 43

4. Beheer en onderhoud van bodemenergiesystemen **49**
4.1 Beheer van het bodemenergiesysteem 49
4.2 Uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden 54
4.3 Organisatie van beheer en onderhoud 55

5. Wet- en regelgeving over bodemenergie **59**
5.1 Wat is er geregeld? 59
5.2 Wat moet je doen om een bodemenergiesysteem aan te mogen leggen? 64
5.3 Uniformering van regelgeving in de HUM en BUM 66

6. Uitdagingen voor de toekomst **73**

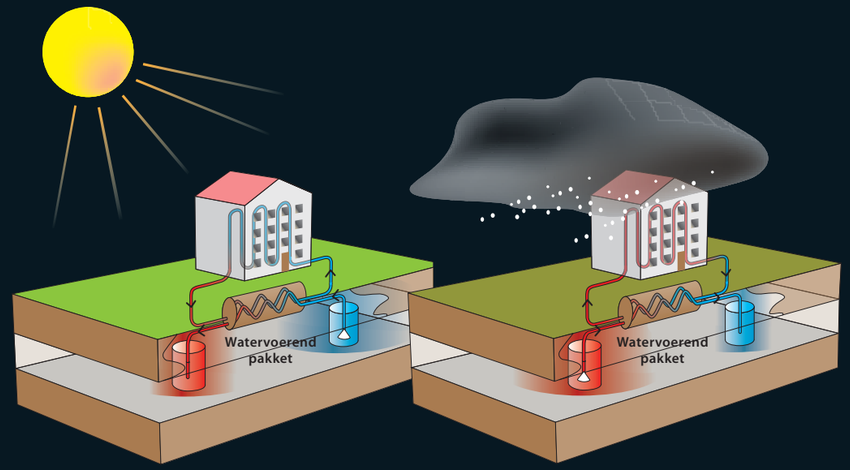
VOORWOORD

Bodemenergie heeft zich in een rap tempo ontwikkeld tot een veel toegepaste techniek voor het koelen en verwarmen van gebouwen. Maar hoe het precies werkt en wat de effecten zijn op de bodem, is bij veel mensen nog onbekend.

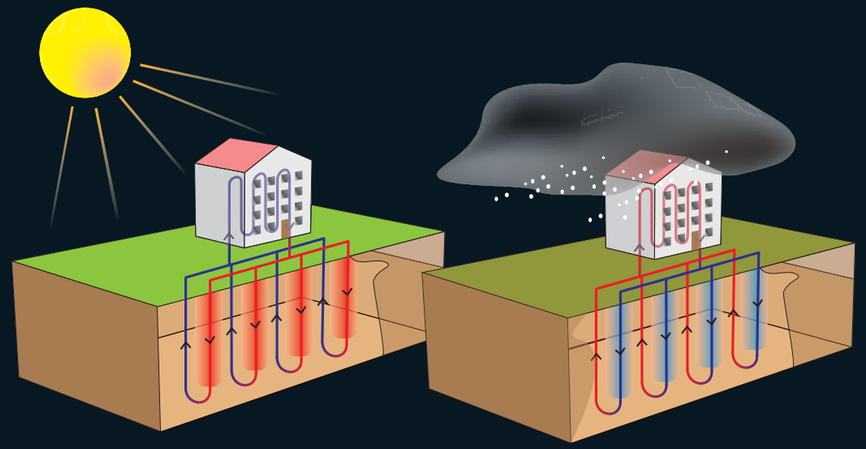
Met dit cahier Bodemenergie warm aanbevolen - tot stand gekomen in nauwe samenwerking met de adviesbureaus If Technology en Tauw - wil SKB in deze kennis voorzien. Bodemenergie warm aanbevolen beschrijft wat er komt kijken bij het ontwerpen, aanleggen en beheren van bodemenergiesystemen. De belangrijkste aandachtspunten en valkuilen komen aan bod. Daarmee is dit cahier een goede introductie van, én een praktisch naslagwerk over, alle facetten van de techniek. Bedoeld voor iedereen die met bodemenergie te maken heeft of krijgt: van bodemprofessionals en gebouw- of gebiedsontwikkelaars tot gemeenten.

Bodemenergie warm aanbevolen past in de missie en doelstellingen van het SKB-programma en -netwerk om kennis op te sporen en te delen over verantwoord gebruik en beheer van bodem en ondergrond. De adviesbureaus IF Technology en Tauw hebben veel ervaring met bodemenergiesystemen. Zij willen hun kennis graag delen om zo hun steentje bij te dragen aan de kwaliteit van deze techniek.

Dit cahier is tot stand gekomen dankzij de plezierige samenwerking tussen een aantal gepassioneerde bodemprofessionals. SKB bedankt alle partners die hun kennis en ervaring hebben ingebracht of op een andere manier hebben meegeholpen. Wij vertrouwen erop dat dit cahier velen tot nut zal zijn en dat zij samen met ons willen tekenen voor gebouwen met duurzame koeling- en verwarmingssystemen.



FIGUUR 1 WARMTE- EN KOUDEVRAAG VAN EEN OPEN SYSTEEM



FIGUUR 2 WARMTE- EN KOUDEVRAAG VAN EEN GESLOTEN SYSTEEM

ENERGIE BESPAREN MET BODEMENERGIE

1

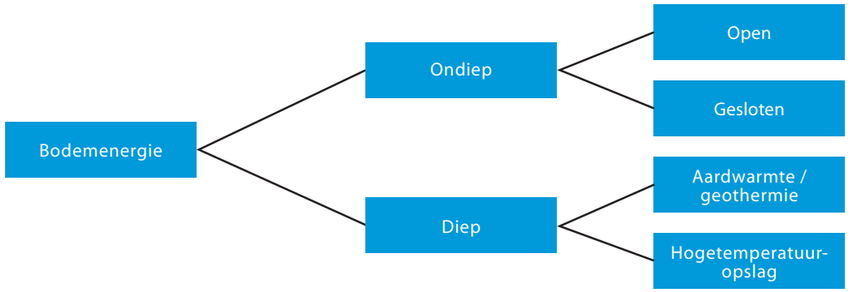
1.1 WAT IS BODEMENERGIE?

In de zomer is het buiten warm. We hebben dan behoefte aan koeling en daardoor is er veel warmte over. In de winter hebben we juist warmte nodig en is er veel koude beschikbaar. Het overschot aan zomerwarmte kan nuttig worden ingezet in de winter en omgekeerd is de winterkoude goed bruikbaar in de zomer. Om dat mogelijk te maken is opslag nodig. Bodemenergiesystemen gebruiken de bodem voor seizoensopslag van warmte en koude. Door de bodem in te zetten als accu wordt op twee manieren energie bespaard:

1) in de zomer hoeft er minder gekoeld te worden met airconditioning;
2) in de winter hoeft er minder verwarmd te worden met CV-ketels.

Hierdoor nemen zowel de energiekosten als de uitstoot van broeikasgassen af.

Er zijn verschillende typen bodemenergiesystemen. In hoofdstuk 2 worden deze nader omschreven. Figuren 1 en 2 geven de werking van een gesloten en een open systeem schematisch weer.
Systemen die op grotere diepte (meer dan 500 meter) warmte afkomstig uit de kern van de aarde winnen, worden in Nederland aardwarmte- of geothermiesystemen genoemd (zie ook kader 'Hogetemperatuuropslag en geothermie' op pagina 14). Deze systemen vallen buiten de scope van dit cahier. In dit cahier wordt alleen ingegaan op ondiepe bodemenergiesystemen.



FIGUUR 3
ORDENING VAN VERSCHILLENDE TYPEN BODEMENERGIESYSTEMEN

1.2 DE SUCCESFACTOREN VAN BODEMENERGIE

Bodemenergie is in Nederland erg populair. De afgelopen twintig jaar heeft de techniek een groeispurt doorgemaakt. In de jaren 90 was bodemenergie nog een innovatief product. Maar tegenwoordig is het een standaard techniek. Dit hoofdstuk gaat in op de oorzaken die hebben geleid tot het succes van bodemenergie.

(INTER)NATIONALE AFSPRAKEN OVER ENERGIEBESPARING

Nationale en internationale afspraken en doelstellingen rondom energiebesparing en het terugdringen van broeikasgassen zorgen ervoor dat de vraag naar duurzame warmte en koude onverminderd blijft bestaan. In Nederland is dit vastgelegd in het programma Schoon en Zuinig. De Nederlandse doelstellingen voor 2020 ten opzichte van 1990 zijn:

- 30% minder broeikasgasemissies;
- 2% per jaar energiebesparing;
- 20% duurzame energie.

De Nederlandse overheid stimuleert de toepassing van duurzame energietechnieken bijvoorbeeld door eisen te stellen aan het maximale energieverbruik van nieuwe gebouwen via de Energieprestatienorm (EPN).
En ook voor na 2020 zijn er alweer plannen. De nieuwe ambitie van de EU is bijvoorbeeld dat alle nieuwe gebouwen vanaf 2020 energieneutraal zijn.

GESCHIKT KLIMAAT

Warmte (of koude) opslaan en later weer terugwinnen kan alleen als er zowel perioden zijn met overschotten als perioden met tekorten. In een gematigd klimaat als in Nederland is dat het geval. In een tropisch of poolklimaat zijn er geen overschotten, waardoor de techniek moeilijk toepasbaar is.

GESCHIKTE ONDERGROND

Om de bronnen tegen acceptabele kosten te kunnen aanleggen, moet de bodem geschikt zijn. De zee- en rivierafzettingen waaruit de Nederlandse ondergrond is opgebouwd laten zich gemakkelijk doorboren en bevatten veel zandlagen die geschikt zijn voor open systemen. De Nederlandse bodem en het Nederlandse klimaat zijn beide erg geschikt voor de toepassing van bodemenergie. Het kan praktisch overal worden toegepast, enkele plekken uitgezonderd (zie figuur 26 op pagina 72). Door de grote vlucht die de toepassing heeft genomen, is Nederland wat betreft de open systemen koploper in de wereld.
Voor gesloten systemen is de geschiktheid van de bodem minder kritisch. Deze worden al langer over de hele wereld toegepast.

STIJGENDE ENERGIEPRIJZEN

Het aanleggen van een bodemenergiesysteem vraagt een meerinvestering ten opzichte van een conventionele klimaatinstallatie. Niet alleen kost een bodemenergiesysteem meer geld om aan te leggen, in de beheerfase vraagt het gebruik ook meer aandacht dan een conventionele installatie. Gebouweigenaren en gebruikers doen dat alleen als het ze ook wat oplevert; de investering moet binnen acceptabele termijn worden terugverdiend. Door de stijgende energieprijzen zijn deze systemen steeds eerder rendabel.

KOUDEVRAAG KAN GOEDKOOP WORDEN INGEVULD MET BODEMENERGIE

Door de klimaatverandering en betere technieken voor isolatie, zal de vraag naar koude toenemen. Omdat koeling met koelmachines erg duur is, neemt de vraag naar koeling met grondwater naar verwachting toe. Het ondergronds opslaan van winterkoude voor gebruik in de zomer is bijna altijd voordeliger en geeft minder uitstoot dan een traditionele airco.

MINDER AFHANKELIJK VAN FOSSIELE BRANDSTOFFEN

Nederland wil minder afhankelijk zijn van fossiele brandstoffen - die eindig zijn - en van de landen die ze produceren (Rusland, Midden-Oosten). Het gebruik van lokale bronnen en zelfvoorzienendheid worden hierdoor steeds belangrijker.

1.3 DE POTENTIE VAN BODEMENERGIE

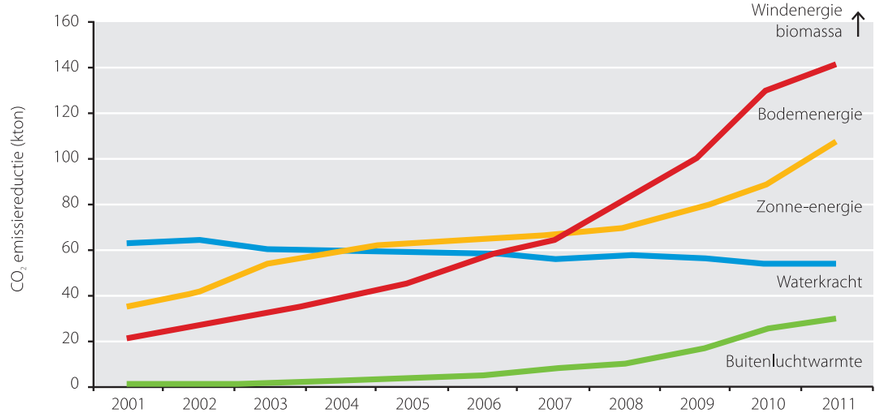
Een derde van de fossiele energie in Nederland wordt gebruikt voor de levering van (lage temperatuur) warmte of koude. De inzet van bodemenergie kan hiervoor een duurzaam alternatief zijn. Als zelfstandige techniek of in combinatie met andere duurzame systemen of warmtenetten. Bodemenergie heeft daarmee de potentie om bij te dragen aan een verduurzaming van de Nederlandse energievoorziening.

Er zijn de komende jaren genoeg mogelijkheden voor de toepassing van open en gesloten bodemenergiesystemen. Verwacht wordt dat tot 2020 gemiddeld 80.000 woningen per jaar worden gebouwd. Ook moeten jaarlijks 200.000 woningen en 100.000 kantoren grondig worden gerenoveerd. Daarnaast zijn er ambities om in 2020 circa 2.500 hectare gesloten kassen te realiseren. Dit zijn kassen waarin zonnewarmte uit de kas wordt opgeslagen in de bodem. Maar ook in de industrie zijn er grote kansen om het primaire energieverbruik terug te dringen.

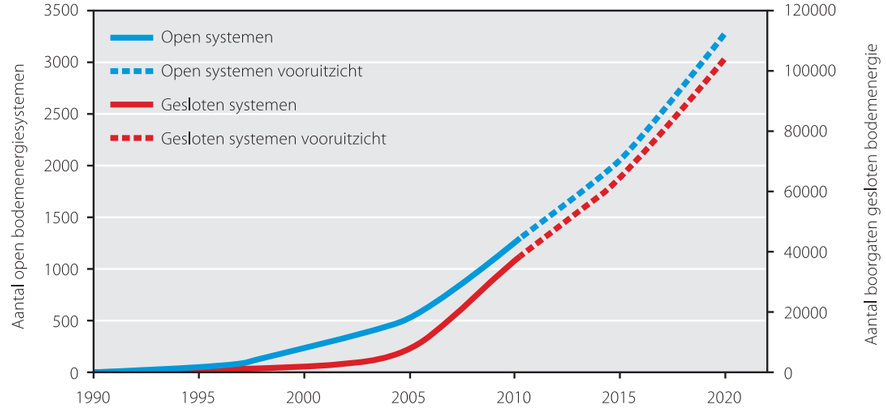
WAAR STONDEN WE IN 2011?

In 2011 was het aandeel bodemenergie circa 2,5% van alle vormen van hernieuwbare energie. Dat komt neer op circa 0,1% van het totale energieverbruik in Nederland. Ondanks de enorme groei die bodemenergie de voorgaande decennia heeft doorgemaakt, is de bijdrage aan de duurzame energievoorziening dus nog maar bescheiden.

Maar de potentie van bodemenergie is groot. Indien in 2020 25% van alle gebouwen in Nederland (totaal circa 7 miljoen huishoudens en 350.000 utiliteitsgebouwen) ofwel 1,8 miljoen gebouwen zijn uitgerust met bodemenergiesystemen (open en gesloten), dan zal dit resulteren in een daling van het totale primaire energieverbruik in Nederland van 2%.



FIGUUR 4 DE NEDERLANDSE ENERGIECIJFERS VAN 2011
BIOMASSA: 7.200 KTON CO_2-REDUCTIE PER JAAR
WIND: 2.500 KTON CO_2-REDUCTIE PER JAAR (CBS 2012)



FIGUUR 5 AANTAL BODEMENERGIESYSTEMEN IN NEDERLAND

Nog verder vooruit gekeken, kan bij 60% van alle gebouwen in Nederland bodemenergie worden toegepast. Bij deze gebouwen is ongeveer 50% van de totale energie nodig voor verwarming of koeling. De behaalde besparing op primaire energie bedraagt gemiddeld 40%. Daarmee komen we uit op een potentiële vermindering van primair energieverbruik van 12%. Aangezien de gebouwde omgeving verantwoordelijk is voor ongeveer 40% van het totale energieverbruik in Nederland, is de maximale potentiële besparing die bodemenergie kan opleveren gelijk aan 5% van het totale Nederlandse energieverbruik. Verreweg de meeste gebouwen staan in stedelijk gebied. Door beperkte ruimte in de bodem is het daar niet altijd mogelijk om de volledige potentiële besparing te behalen. Daar waar bodemenergie niet haalbaar is, zijn uiteraard ook andere technieken inzetbaar om duurzame warmte of koude te leveren. Voor warmte zijn zonnecollectoren en luchtwarmtepompen een goed alternatief en soms zelfs een betere optie. Voor duurzame koeling bestaat echter nog geen ander duurzaam alternatief dan bodemenergie.

KANSEN BIJ RENOVATIEPROJECTEN

Op dit moment wordt bodemenergie nog vooral toegepast bij nieuwbouw. Door de invoering van de energie prestatienorm (EPN) worden nieuwe gebouwen veelal uitgerust met duurzame energiesystemen waardoor ze energiezuinig zijn. Circa 50% van alle nieuwbouw wordt uitgerust met een bodemenergiesysteem. Bodemenergie is vooral gunstig bij lagetemperatuurverwarming en hogetemperatuurkoeling. Omdat bestaande gebouwen meestal zijn voorzien van hogetemperatuurverwarming, kunnen ze niet zomaar worden uitgerust met een bodemenergiesysteem. Daarom wordt bij renovatie op dit moment maar een klein percentage van de gebouwen van bodemenergiesystemen voorzien. Voor een verdere toename van het aandeel bodemenergie in de totale energiebesparing zal deze techniek echter ook in de renovatiemarkt op grote schaal toegepast moeten worden. Om bodemenergie in renovatieprojecten interessant te maken, is een verplichting tot verduurzaming (zoals in de nieuwbouw de EPN geldt) noodzakelijk.

1.4 IN DIT CAHIER BODEMENERGIE

Uit het voorgaande blijkt al dat het toepassen van bodemenergie vele uitdagingen met zich meebrengt. Er is geprobeerd om in dit cahier een zo compleet mogelijk beeld te schetsen van alle facetten van bodemenergie. Voor de nieuwkomer in het vakgebied biedt het een degelijke kennismaking en voor de ervaren rot is het een praktisch naslagwerk waarin alle aandachtspunten en best practices op een rijtje staan.

Dit cahier is als volgt opgebouwd:

HOOFDSTUK 2
BESCHRIJVING VAN DE TECHNIEK

In dit hoofdstuk wordt van de meest toegepaste technieken uitgelegd hoe ze werken. Ook de relatie tussen de bronnen van het bodemenergiesysteem en het gebouw wordt nader toegelicht. Dit hoofdstuk is onder anderen interessant voor (beginnende) ontwerpers en beheerders.

HOOFDSTUK 3
ONTWERP EN AANLEG VAN BODEMENERGIESYSTEMEN

Hoofdstuk 3 gaat in op het ontwerp en de aanleg van systemen. Een bodemenergiesysteem moet bestand zijn tegen allerlei veranderlijke omstandigheden in klimaat, gebruik, bodemopbouw, etc. Hoe ga je hier in het ontwerp en bij de aanleg mee om, zodat er een gedegen en duurzaam systeem wordt gerealiseerd? Een onderwerp dat onder anderen ontwerpers, directievoerders en aannemers zal aanspreken.

HOOFDSTUK 4
BEHEER EN ONDERHOUD VAN BODEMENERGIESYSTEMEN

Hoofdstuk 4 gaat over optimaal beheer van bodemenergiesystemen in de gebruiksfase. Hoe kun je als beheerder bijvoorbeeld anticiperen op pieken en dalen in de energievraag en op veranderlijke weersomstandigheden? Handhavers, gebouweigenaren en beheerders vinden in dit hoofdstuk nuttige aanknopingspunten voor een optimaal beheer.

HOOFDSTUK 5
WET- EN REGELGEVING OVER BODEMENERGIE

Het laatste hoofdstuk gaat in op het wettelijke kader voor bodemenergiesystemen. Met eerst een overzicht van alle relevante wetten en besluiten, gevolgd door een uitwerking van de consequenties hiervan voor het plannen, toepassen, vergunnen en handhaven van bodemenergiesystemen. Essentiële informatie dus voor (onder anderen) vergunningverleners, beleidsmakers, handhavers en gebouweigenaren.

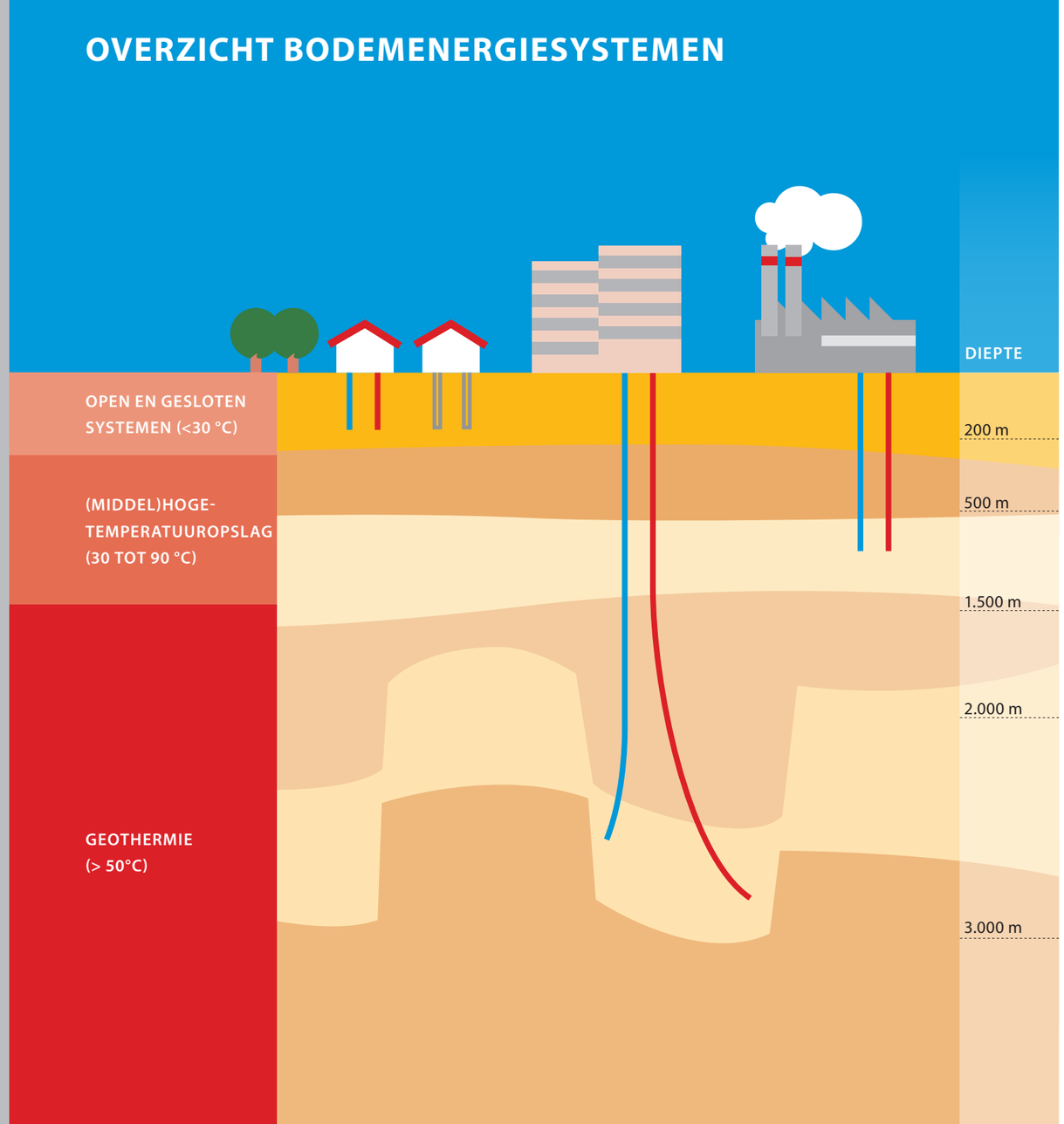
HOGETEMPERATUUROPSLAG EN GEOTHERMIE

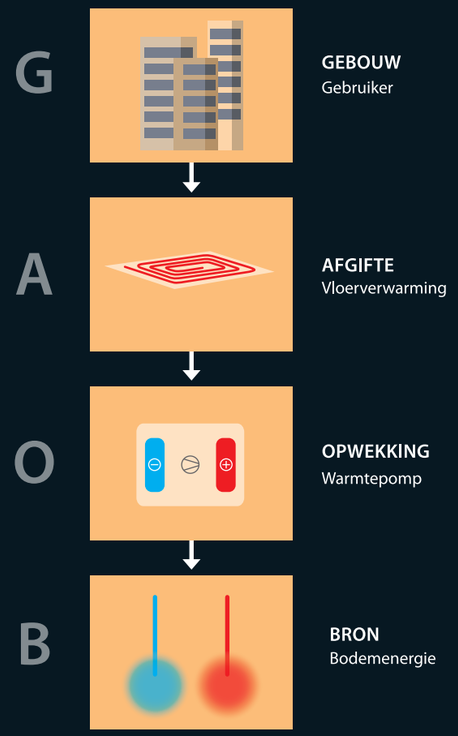
Bij hogetemperatuuropslag wordt restwarmte opgeslagen in de bodem om dit op een later tijdstip weer te benutten. Door de restwarmte met een hoge temperatuur (bijv. 30 - 90°C) op te slaan, is er geen warmtepomp nodig om het gewenste temperatuurniveau voor verwarming te bereiken. Hierdoor is er sprake van een zeer energie-efficiënt systeem.

Geothermie of aardwarmte is het onttrekken van water uit zeer diepe aardlagen (2 tot 5 kilometer diepte). Doel is het winnen van warmte om gebouwen te verwarmen of zelfs elektriciteit te produceren als de temperatuur hoog genoeg is.

De aard van deze technieken en de regelgeving wijken af van de (ondiepe) open en gesloten bodemenergiesystemen. Om die reden worden geothermie en hogetemperatuuropslag niet behandeld in dit cahier.

OVERZICHT BODEMENERGIESYSTEMEN





FIGUUR 6 DE BOAG-KETEN

BESCHRIJVING VAN DE TECHNIEK

2

Bodemenergie levert warmte en koude aan woningen, kantoren en kassen. Daarnaast wordt de techniek in de industrie gebruikt voor koelprocessen. Een bodemenergiesysteem is meestal slechts een onderdeel van de totale klimaatinstallatie. Voor de inpassing van bodemenergie is het daarom essentieel om het ontwerp integraal te beschouwen. Dit hoofdstuk zoomt in op de werking van de techniek: het functioneren van de gehele installatie, met specifieke aandacht voor de bronnen.

Bepalend voor het functioneren van de installatie is de onderlinge samenhang van de verschillende componenten. Daarom vergt het ontwerpen van een bodemenergiesysteem een integrale benadering op basis van de BOAG-systematiek. BOAG staat voor:

- **Bron:** Dit is de bron van warmte en koude in de bodem die door het bodemenergiesysteem wordt gebruikt als basis om te voorzien in de energievraag. Hiervoor kunnen ook andere bronnen van omgevingswarmte worden gebruikt, zoals bijvoorbeeld asfaltcollectoren of een oppervlaktewaterlichaam.
- **Opwekking (of omzetting):** Hiermee worden de apparaten bedoeld die de bronenergie omzetten naar het gewenste temperatuurniveau om de warmte en koude te kunnen afgeven in het gebouw. Voorbeelden van deze apparaten zijn een warmtepomp, een CV-ketel of een koelmachine. Deze apparaten gebruiken naast de thermische energie uit de bron dus ook andere vormen van energie, bijvoorbeeld gas, elektriciteit en zonlicht.
- **Afgifte:** Dit zijn de voorzieningen in het gebouw die warmte of koude afgeven aan de ruimtes. Voorbeelden hiervan zijn een radiator, luchtbehandelingskast of vloerverwarming.
- **Gebouw en gebruikers:** De energievraag is afhankelijk van de gebouweigenschappen en het gebruik van het gebouw. Denk bij dat laatste aan de interne warmtelast, de hoeveelheid glas in de gevel, de isolatiewaarde, het gewenste comfortniveau in het gebouw, etc.

Voor een integrale benadering dient men zich te realiseren dat het bodemenergiesysteem aan het einde van de keten zit en reageert op de vraag vanuit het gebouw. Met andere woorden: uiteindelijk bepalen de warmte- en koudevraag in het gebouw het ontwerp en de inzet van het bodemenergiesysteem. Dit is hetzelfde als bij een CV-ketel, met als verschil dat het aardgasnet onbeperkt aardgas levert. Een bodemenergiesysteem heeft echter te maken met een beperkte voorraad koude en warmte. Deze voorraad is afhankelijk van de hoeveelheid thermische energie die in het voorafgaande seizoen in de bodem is geladen. Om maximaal te kunnen profiteren van deze energie, moeten de verschillende componenten van het systeem goed op elkaar afgestemd zijn en

optimaal samenwerken. Daarom behandelen we in dit hoofdstuk alle onderdelen van de BOAG-keten afzonderlijk. En bovendien in omgekeerde volgorde aangezien de energievraag vanuit het gebouw leidend is.

2.1 BOAG-KETEN: GEBOUW EN GEBRUIKERS

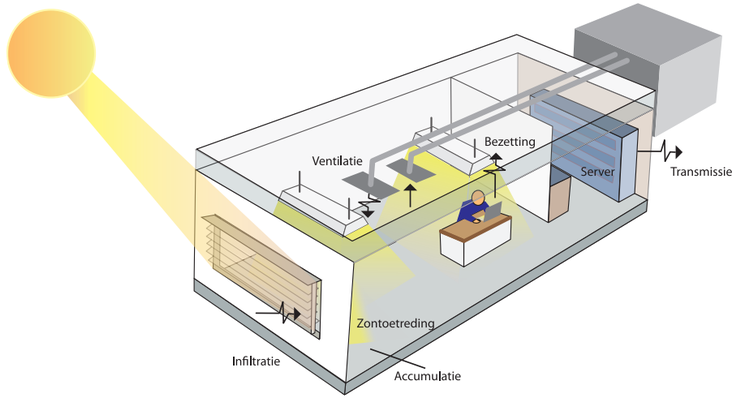
Gebouw en gebruikers vormen samen het startpunt voor de klimaatinstallatie. Het uiteindelijke doel is om een goed binnenklimaat te creëren voor de gebruikers of de processen in het gebouw. Dus niet te warm en niet te koud.

ENERGIEVERLIEZEN DOOR DE GEBOUWSCHIL

De keuze voor de schil van het gebouw wordt gemaakt bij het ontwerp van het gebouw. Door goede isolatie verdwijnt minder energie. Door glas komt veel warmte naar binnen. De transmissie-eigenschappen liggen dus vast als het gebouw eenmaal is gebouwd. Daarnaast is de hoeveelheid warmte en koude die het gebouw in en uit gaat afhankelijk van het verschil tussen de (gewenste) binnentemperatuur en de buitentemperatuur.

INTERNE WARMTELAST

Daarnaast is er nog het gebruik, de interne energieproductie. Als je een ruimte vol zet met computers ontstaat er een enorme interne warmteproductie, waardoor een ruimte gekoeld moet worden. Mensen produceren ook warmte, dus in gebouwen met veel mensen moet zomers ook vaak worden gekoeld.



FIGUUR 7 ENERGIESTROMEN IN EEN RUIMTE

ENERGIESTROMEN IN BALANS

Om de temperatuur in de ruimte op een bepaalde comfortabele constante waarde te houden, moeten de energiestromen in balans zijn. Figuur 7 geeft de verschillende bronnen en verliezen van warmte/koude in een willekeurige ruimte schematisch weer.

In figuur 7 is te zien dat zowel de eigenschappen van het gebouw zelf als de weersomstandigheden en het gebruik van het gebouw de energievraag bepalen.
Hierbij spelen de volgende factoren een grote rol:

- warmteproductie van de opgestelde apparatuur;
- isolatiewaarde van de gebouwschil;
- bezettingsgraad (eventuele leegstand);
- mate van ventilatie;
- bedrijfstijden;
- zoninstraling.

ENERGIEVRAAG EN HET ONDERSCHEID TUSSEN VERMOGEN EN ENERGIEVERBRUIK

De energiebehoefte van het gebouw dient zo nauwkeurig mogelijk bepaald te worden, om het ontwerp van de klimaatinstallatie zo goed mogelijk af te kunnen stemmen op de behoefte van de gebruikers. We maken hiervoor een onderscheid in vermogen en energieverbruik.

Vermogen is de totale op te stellen capaciteit. Deze is berekend op een extreme situatie: de installatie moet immers voldoende capaciteit hebben om ook op een koude winterdag het gebouw warm te krijgen of juist op een warme zomerdag de ruimte koel te houden. Het vermogen kan worden vergeleken met het aantal pk van een automotor; die bepaalt (samen met de aerodynamische eigenschappen) hoe snel de auto kan rijden.

Verbruik is de hoeveelheid energie (bijvoorbeeld op jaarbasis) die geleverd moet worden. Dit is de som van de hoeveelheid energie die per uur wordt geleverd. Het verbruik kan worden vergeleken met het aantal liters brandstof dat een auto verbruikt per jaar.

Uit de bepaling van de energiebehoefte moeten dus vier waarden volgen: het vermogen voor warmte- en koudelevering en het verbruik van warmte en koude per seizoen/jaar.

2.2 BOAG-KETEN: AFGIFTE

Afgiftesystemen in een gebouw zijn de voorzieningen om warmte of koude in het vertrek te brengen. Voorbeelden hiervan zijn een radiator, luchtbehandelingskast of vloerverwarming. Voor de afgifte van warmte of koude kan gebruik worden gemaakt van lucht of water als transportmiddel.

Een belangrijk onderscheid tussen de systemen is het temperatuurniveau waarmee ze hun warmte of koude afgeven. Conventionele systemen voor verwarming en koeling maken gebruik van circa 80°C voor verwarming en 6°C voor koeling. Maar er zijn ook systemen die gebruik maken van een lage temperatuur voor verwarming (35°C tot 50°C) en een hoge temperatuur koeling (10°C tot 12°C). Hierdoor zijn ze energiezuiniger en beter te

combineren met een warmtepomp en bodemenergie. Dat ze energiezuiniger zijn komt omdat het efficiënter (met minder verliezen) is om een ruimte op 20°C te brengen met 35°C dan met 80°C. Ook hier gaat de vergelijking met de auto op. Bij 200 km/uur verbruikt een auto meer benzine voor het afleggen van 200 km dan wanneer je deze zelfde afstand met 50 km/uur aflegt.

Hierna worden verschillende afgiftesystemen besproken. Waarbij wordt aangegeven welke systemen geschikt zijn om te combineren met bodemenergie.

RADIATOR

Het meest bekende afgiftesysteem (bijvoorbeeld in een huis) is de radiator. In een ruimte wordt een radiator geplaatst om warmte in het vertrek af te geven. De radiator wordt vaak onder een raam geplaatst zodat de koude lucht die via een ventilatieopening binnenkomt, door de convectiestroom langs de radiator wordt opgewarmd en zodoende een ruimte gelijkmatig verwarmt.

Een radiator is in principe niet geschikt om te combineren met bodemenergie. Bodemenergie heeft een hoog rendement bij lage temperaturen (40-50°C). Met radiatoren is dan een relatief groot verwarmingoppervlak nodig en dit is moeilijk in te passen. Bovendien is koeling niet mogelijk met radiatoren.

VENTILATIELUCHT

Bij het klimatiseren van gebouwen wordt vaak mechanische ventilatie toegepast om ervoor te zorgen dat de luchtkwaliteit op peil blijft. Met de ingeblazen lucht kan tegelijkertijd ook worden gekoeld en verwarmd. Dit gebeurt door middel van warmteuitwisselingsvoorzieningen in de luchtbehandelingskast. In de luchtbehandelingskast zit dan een verwarmings- en/of een koelbatterij. De inblaastemperatuur van de lucht kan lager of hoger zijn dan de ruimtetemperatuur in het vertrek, waardoor koeling en verwarming wordt geleverd. Voor verwarming kan additioneel gebruik worden gemaakt van radiatoren.

Dit afgiftesysteem is te combineren met bodemenergie. Aandachtspunt hierbij is de dimensionering van de koel- en verwarmingselementen: die moeten relatief groot worden vanwege de hoge temperaturen voor koeling en de lage temperaturen voor verwarming.

VLOERVERWARMING EN/OF BETONKERNACTIVERING

Bij vloerverwarming en betonkernactivering worden vloeren en/of wanden verwarmd of gekoeld via leidingen die daarin zijn aangebracht. De energie-uitwisseling met de ruimten vindt plaats via de constructie.

Deze afgiftesystemen zijn zeer goed te combineren met een bodemenergiesysteem. Vloerverwarming en betonkernactivering maken gebruik van lagetemperatuurwarmte en hogetemperatuurkoude. In combinatie met bodemenergie kan met deze afgiftesystemen een hoog rendement worden behaald.

OVERIGE AFGIFTESYSTEMEN

Andere systemen die ook met lage temperaturen kunnen verwarmen en met hoge temperaturen kunnen koelen zijn: klimaatplafonds, fancoilsystemen en inductieunits. Dit zijn decentrale units voor lokale verwarming en koeling van een vertrek. Bij deze systemen is het klimaat per vertrek regelbaar en daarmee ideaal voor gebouwen met vertrekken die op verschillende temperaturen moeten worden gehouden. Deze afgiftesystemen zijn heel goed te combineren met een bodemenergiesysteem.

CONCLUSIE AFGIFTESYSTEMEN

Figuur 8 geeft ter vergelijking de diverse kenmerken van de genoemde systemen weer. Het betreft een globale vergelijking van de investeringen, onderhoudskosten en energieconsumptie ten opzichte van een conventioneel afgiftesysteem (radiator voor verwarmen en koude lucht inblazen voor koelen).

2.3 BOAG-KETEN: OPWEKKING (OF OMZETTING)

Het temperatuurniveau waarmee het afgiftesysteem verwarmt of koelt is van groot belang voor het goed functioneren van het systeem. De bron heeft vaak niet de juiste temperatuur en moet daarom eerst worden opgewekt of omgezet naar een hoger of lager niveau. Opwekkers (of omzetters) zijn de apparaten die de bronenergie

	RADIATOR	VENTILATIE-LUCHT	VLOER-VERWARMING	BETONKERN-ACTIVERING	OVERIGE LTV/HTK
COMFORT	++	++	+++	+	+++
INVESTERING BIJ NIEUWBOUW	+++	++	++	++	++
INVESTERING BIJ RENOVATIE	+++	++	+	+	+
INTENSITEIT VAN HET ONDERHOUD	+++	++	+++	+++	+
ENERGIEBESPARING	+	++	+++	+++	+++
GESCHIKTHEID BODEMENERGIE	+	++	+++	+++	+++

FIGUUR 8 KENMERKEN VAN AFGIFTESYSTEMEN GESCHIKT VOOR BODEMENERGIE TEN OPZICHTE VAN EEN CONVENTIONEEL AFGIFTESYSTEEM

omzetten naar nuttige warmte en koude. De opwekkers leveren de omgezette energie aan de afgiftesystemen die de warmte of koude in het vertrek brengen. Hierna worden verschillende opwekkers besproken en hun inzet/werking bij bodemenergie.

2.3.1 VERSCHILLENDE TYPEN OPWEKKERS

WARMTEPOMP

De belangrijkste opwekker bij een bodemenergiesysteem is bijna altijd de warmtepomp. Zonder warmtepomp kan een bodemenergiesysteem geen nuttige warmte leveren aan een gebouw. De warmtepomp zet bronwarmte (van zo'n 12°C tot 18°C) om naar een hogere temperatuur waarmee een ruimte verwarmd kan worden. Hiervoor gebruikt hij een klein beetje elektriciteit. Voor het leveren van koeling met een bodemenergiesysteem is veelal geen tussenkomst van een opwekker (warmtepomp) nodig.

De coefficient of performance (COP) is het kengetal voor het rendement van duurzame installaties, waaronder de warmtepomp. De COP-waarde staat voor het uiteindelijk verkregen thermisch vermogen (warmte of koude) gedeeld door het verbruikte elektrische vermogen. Hoe hoger de COP van de warmtepomp, hoe meer primaire energie er wordt bespaard. De COP wordt voornamelijk bepaald door het temperatuurverschil tussen enerzijds het warme water dat de warmtepomp levert aan het afgiftesysteem in het gebouw (bijv. 40ºC) en anderzijds het koude water dat wordt gebruikt voor koudeopslag (bijv. 5ºC). De gewenste COP van de warmtepomp is 4 à 5. Meer informatie is te vinden in het kader over de werking en het energierendement van de warmtepomp in dit hoofdstuk.

DROGE KOELER

Een droge koeler haalt koude uit de buitenlucht. De koude wordt afgestaan aan het gebouw of aan het bodemenergiesysteem. De grootte van de koeler is afhankelijk van het aantal uren dat het buiten koud genoeg is om koude te winnen uit de buitenlucht. De koelers gebruiken ook elektrische energie. Door de combinatie met bodemenergie is dit echter veel minder dan een conventionele koelmachine die in warme omstandigheden koude moet maken.

KOELMACHINE

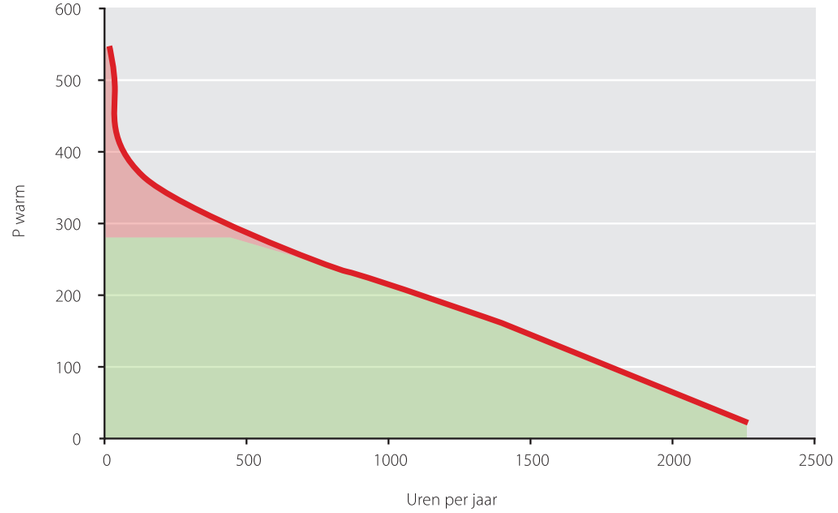
Een koelmachine is een grote airconditioner die elektriciteit omzet in koude. De omzetting van elektriciteit naar koude is energetisch echter onvoordelig. Als vuistregel kan voor de koelmachine een COP-waarde van 3 worden aangehouden. Als de warmtepomp in de zomer niet wordt gebruikt voor warmtelevering, dan kan deze ook worden ingezet als koelmachine.

PIEKKETEL

Een piekketel gebruikt aardgas en zet dit door verbranding om in warmte. Een HR-ketel maakt van 1 eenheid primaire energie (aardgas) 1,1 eenheid warmte (COP = 1,1). Bij bodemenergieprojecten wordt vaak gebruik gemaakt van HR-ketels. Deze worden dan alleen ingezet als er een hele grote vraag is naar warmte (vandaar de naam piekketel) die niet volledig met het bodemenergiesysteem ingevuld kan worden. De ketel springt dus alleen bij in pieksituaties.

2.3.2 MONOVALENTE EN BIVALENTE SYSTEMEN

Als een bodemenergiesysteem (al dan niet met een warmtepomp) het enige systeem is dat energie levert, spreken we van een monovalent systeem. In de meeste gevallen is het uit economisch en praktisch oogpunt beter om een bivalent systeem toe te passen. Bij een bivalent systeem wordt een gedeelte van het benodigde vermogen door het bodemenergiesysteem geleverd, aangevuld met een conventionele opwekker zoals stadsverwarming of een HR-ketel voor warmtelevering dan wel een koelmachine voor koudelevering.



FIGUUR 9 ENERGIEVOORZIENING BIJ VERSCHILLENDE VERMOGENS WARMTEVRAAG
GROENE ARCERING: INZET VAN HET BODEMENERGIESYSTEEM
RODE ARCERING: INZET PIEKVOORZIENING

Met bodemenergie kan veel bespaard worden op de jaarlijkse energiekosten, maar de investeringskosten van een bodemenergiesysteem zijn hoger dan van een conventioneel systeem. Het is dus noodzakelijk dat het bodemenergiesysteem voldoende draaiuren maakt zodat de investering binnen een redelijke termijn wordt terugverdiend. Daarom wordt vaak gekozen voor een bivalent bodemenergiesysteem dat veel uren maakt aangevuld met conventionele installaties die alleen worden gebruikt als de capaciteit van het bodemenergiesysteem niet toereikend is.

In figuur 9 staat op de verticale as het gevraagde vermogen en op de horizontale as het aantal uren dat die vermogensvraag optreedt per jaar. Het maximale vermogen bedraagt 550 kW, maar dit komt maar enkele uren per jaar voor. Door een bodemenergiesysteem te kiezen dat maar de helft van het maximale vermogen levert (bijna 300 kW vermogen op de y-as in de figuur), voorkom je een hoge investering in het bodemenergiesysteem voor een vermogen dat bijna nooit voorkomt. Toch levert de warmtepomp samen met de bron in dit geval nog het overgrote deel van de energie (gearceerde gedeelte).

Bij woningbouw wordt vaak hogetemperatuurwarmte gevraagd voor het verwarmen van tapwater (circa 70°C). Hiervoor is een bivalent systeem zeer geschikt: het leidingwater wordt eerst door een warmtepomp verwarmd tot circa 55°C, waarna een ketel het vervolgens naverwarmt tot een nog hogere temperatuur (circa 70°C).

Bij grotere installaties is het gebruikelijk om, afhankelijk van de energie-infrastructuur in het gebied, te kiezen voor het toepassen van een additionele gasketel of stadsverwarmingsinstallatie. Hierbij zijn de aansluitvoorwaarden en leveringsvoorwaarden van het energiebedrijf een belangrijk aandachtspunt. Denk hierbij aan de relatief hoge aansluitkosten voor aardgas of stadsverwarming.

Bij een bivalent systeem is het belangrijk dat de warmtepomp wordt ingezet voor de basislast (het deel van het vermogen dat niet door de piekvoorziening wordt geleverd) en dus veel draaiuren maakt. De ketel, koelmachine of andere piekvoorzieningen moeten juist zo weinig mogelijk uren worden ingezet (rood gearceerde deel), namelijk alleen bij pieken in de vraag. In de praktijk wordt de conventionele installatie nog wel eens onnodig veel ingezet. In hoofdstuk 4 wordt daar verder op ingegaan.

2.3.3 REGENERATIE: HET OPSLAAN VAN EXTRA WARMTE OF KOUDE

Een gebouw gebruikt per jaar nooit evenveel warmte als koude. Door het opslaan van extra warmte of koude, ontstaat echter een thermische onbalans in de bodem. Energiebalans (de balans tussen de hoeveelheid warmte en koude die in de bodem wordt opgeslagen en eruit wordt onttrokken) is een wettelijke eis. Structurele opwarming of afkoeling van de bodem moet worden voorkomen (zie hoofdstuk 5 voor informatie over deze eis). Bovendien is energiebalans belangrijk voor het technisch functioneren van het systeem. Om zoveel mogelijk duurzame warmte en/of koude te kunnen maken, is in deze gevallen een voorziening nodig om extra warmte of koude op te slaan. Dit kan worden gedaan met een regeneratie- of laadvoorziening. De meest voorkomende manier van laden of regenereren is met een droge koeler. Hiermee kan zowel warmte als koude worden ingevangen, afhankelijk van de buitentemperatuur. Andere mogelijkheden zijn een energiedak (warmte), oppervlaktewater (koude en warmte), luchtbehandelingskast (warmte), zonnecollectoren (warmte) en asfaltcollectoren (warmte).

2.4 BOAG-KETEN: BRONNEN

In de afgelopen decennia zijn in Nederland twee soorten systemen toegepast om energie in de bodem op te slaan: systemen met open bronnen en met gesloten bronnen. Deze worden in dit hoofdstuk apart behandeld.

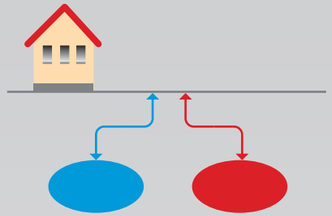
2.4.1 OPEN BRONNEN

Systemen met open bronnen maken gebruik van het grondwater als transport- en opslagmedium. Daarbij wordt grondwater via bronnen opgepompt, vervolgens opgewarmd of afgekoeld via de warmtewisselaar en weer in de bodem geïnfiltreerd. De opslag van thermische energie gebeurt in watervoerende zandlagen in de bodem, ook wel ook wel aquifer of watervoerend pakket genoemd.

In de wintermaanden wordt grondwater uit de warme bron opgepompt (circa 15°C) en als warmtebron gebruikt voor de warmtepomp. De warmtepomp produceert warmte met een hogere temperatuur (circa 40°C). De koude die de warmtepomp hierbij produceert, wordt afgegeven aan het grondwater en opgeslagen in de koude bron (circa 8°C). De geproduceerde warmte wordt in het gebouw afgegeven door middel van lagetemperatuur-afgiftesystemen.
In de zomer wordt het opgeslagen koude grondwater uit de koude bron opgepompt en direct gebruikt voor ruimtekoeling. Voor piekvraag in de ruimtekoeling op de warmste dagen van het jaar kan de warmtepomp of een piekkoelmachine worden ingeschakeld voor additionele koudeproductie. De warmte die bij de koeling aan het gebouw wordt onttrokken wordt opgeslagen in de bodem.

Er bestaan verschillende uitvoeringsvormen van systemen met open bronnen. Er is verschil in stromingsrichting (recirculatie of opslag) en oriëntatie van de bronfilters ten opzichte van elkaar (horizontaal of verticaal). Op pag. 26 zijn de verschillende uitvoeringsvormen op een rij gezet.

DOUBLET



WERKING:

Een doublet bestaat uit een warme en een koude bron op enige afstand van elkaar. Bij koudelevering wordt water van de koude bron naar de warme bron gepompt. Bij warmtelevering is de stromingsrichting omgekeerd.

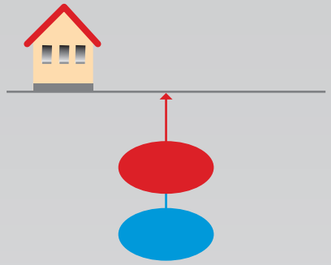
TOEPASSING:

Utiliteit, kantoren, woningbouw, glastuinbouw

KENMERKEN:

Grote capaciteit mogelijk: tot 250 m^3/uur per doublet.

MONOBRON



WERKING:

Een monobron bestaat uit één boring waarin een warm en koud bronfilter boven elkaar zijn geplaatst. De verticale afstand tussen het warme en koude bronfilter is meestal 5 tot 30 meter.

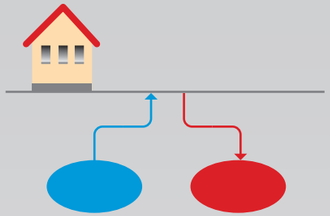
TOEPASSING:

Relatief kleine kantoren, scholen, zorginstellingen, woningbouw

KENMERKEN:

Maximale debiet is circa 50 m^3/uur. Alleen mogelijk in voldoende dikke watervoerende pakketten.

RECIRCULATIE



WERKING:

Recirculatie bestaat uit een vaste onttrekkingsbron en een vaste infiltratiebron. Het grondwater wordt met de natuurlijke temperatuur onttrokken en na de warmteoverdracht wordt het koudere of warmere water via de infiltratiebron geïnfiltreerd.

TOEPASSING:

Industrie vanwege de continue behoefte aan koeling. Kleine utiliteit, gebieden met hoge grondwaterstroming

KENMERKEN:

Maakt gebruik van de natuurlijke grondwatertemperatuur waardoor een kleinere hoeveelheid energie wordt geleverd per m^3 grondwater.

WARMTEWISSELAAR

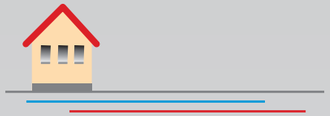
De scheiding tussen bron en omzetting is het punt waar de thermische energie in het grondwater wordt overgedragen aan de gebouwinstallatie. Deze overdracht vindt plaats in de warmtewisselaar door middel van medium stromen in tegengestelde richting, daarom wordt de warmtewisselaar ook wel een tegenstroomapparaat genoemd. Door de energie in het grondwater over te dragen met een warmtewisselaar is er een hydraulische scheiding tussen het grondwatersysteem en het gebouwsysteem. Hierdoor kan het leidingwerk voor de gebouwinstallaties worden gevuld met leidingwater. Dit water is minder agressief dan grondwater en staat onder een lagere druk, waardoor minder hoge eisen gesteld worden aan het leidingwerk en de aangesloten apparatuur en appendages. Andersom zorgt de hydraulische scheiding er ook voor dat het grondwater is beschermd tegen eventuele vervuilingen vanuit het watersysteem in het gebouw. Die kunnen door de warmtewisselaar niet in het grondwater terecht komen.

Bij de overdracht van warmte en koude via een warmtewisselaar gaat een beetje van de energie verloren. Als de warmte of koude direct gebruikt kan worden voor verwarming of koeling (zonder tussenkomst van de warmtepomp), dan wordt in het ondergrondse deel van de installatie alleen energie verbruikt voor het verpompen van het grondwater met de bronpomp. Omdat het verpompen van grondwater relatief weinig energie kost, is het rendement van directe verwarming en directe koeling zeer hoog. Als gemiddelde wordt vaak een COP-waarde van 40 aangehouden.

2.4.2 GESLOTEN BRONNEN

Bij systemen met gesloten bronnen wordt een medium, vaak water met antivries, rondgepompt door een gesloten leidingsysteem in de bodem. Het systeem bestaat uit U-vormige of concentrische lussen die horizontaal of verticaal in de bodem worden geplaatst op een diepte van enkele meters tot meer dan honderd meter. In tegenstelling tot open systemen vindt er bij gesloten systemen dus geen verplaatsing van grondwater plaats. Door geleiding neemt de vloeistof warmte of koude op vanuit de bodem. Deze warmte of koude wordt via een warmtepomp afgestaan aan het gebouw. De verschillende uitvoeringsvormen staan op pagina 28.

HORIZONTAAL

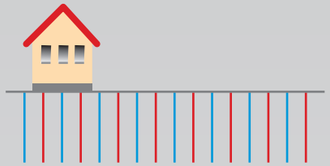


WERKING:
Leidingen in het horizontale vlak.

TOEPASSING:
Woningen, kleine utiliteit.

KENMERKEN:
Relatief groot oppervlak nodig, ondiep aan te leggen.

VERTICAAL

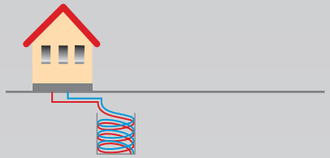


WERKING:
Leidingen in het verticale vlak.

TOEPASSING:
Woningen, kleine utiliteit.

KENMERKEN:
Ondiep tot zeer diep.

KORVEN



WERKING:
Tussenvorm.

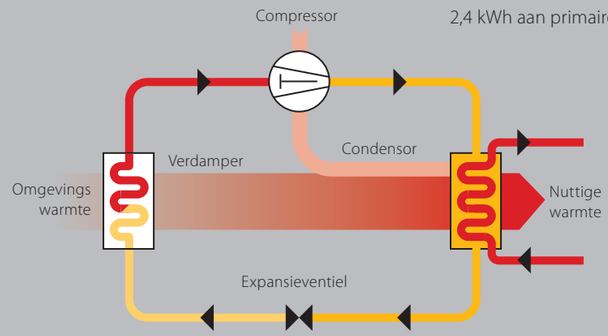
TOEPASSING:
Woningen.

KENMERKEN:
Beperkte diepte en ontgravingsvolume.
Beperkt vermogen.

HOE WERKT DE WARMTEPOMP?

Een elektrische compressiewarmtepomp bestaat uit een gesloten circuit gevuld met een medium. Het circuit bestaat uit een verdamper, een compressor, een condensor en een expansieventiel. Het figuur in dit kader geeft de werking schematisch weer. De energiestromen zijn met pijlen aangeduid. In de verdamper heerst een lage druk. Door thermische energie uit de bron (omgevingswarmte) toe te voegen aan het circuit, verdampt het medium bij een relatief lage temperatuur. De compressor voert de druk in het circuit op en verbruikt hiervoor elektrische energie. Door het verhogen van de druk neemt ook de temperatuur van het mediumgas toe. In de condensor condenseert het medium bij een relatief hoge temperatuur. De vrijkomende warmte kan nuttig gebruikt worden voor het verwarmen van een gebouw. Door het expansieventiel wordt de druk van het medium verlaagd en hiermee ook de temperatuur.

Een warmtepomp produceert gelijktijdig warmte (bijv. 40ºC) en koude (bijv. 5ºC). Als vuistregel kan worden gehanteerd dat de COP-waarde voor de opwekking van lagetemperatuurwarmte ongeveer 4 is, wat betekent dat 4 kWh warmte geproduceerd wordt met 1 kWh elektriciteit. Van deze 4 kWh aan warmte is 1 kWh de warmte die vrij komt bij het verbruik van de ingezette elektriciteit. De warmtepomp haalt dus 3 kWh aan warmte uit het aangeleverde bronwater (waarbij 3 kWh aan koude wordt gemaakt), aangevuld met 1 kWh warmte uit de verbruikte elektriciteit. De COP-waarde voor de opwekking van koude is daarom altijd 1 eenheid lager dan voor verwarming. Het is hierbij belangrijk om te realiseren dat voor de opwekking van 1 kWh elektriciteit bij een gemiddeld opwekkingsrendement van 42% 2,4 kWh aan primaire energie (bijv. aardgas of steenkool) nodig is. Voor de opwekking van 4 kWh aan warmte met een warmtepomp met een COP-waarde van 4 is dan dus 2,4 kWh aan primaire energie nodig.



FIGUUR 10 SCHEMATISCHE WERKING COMPRESSIEWARMTEPOMP

	WONING	WOONCOMPLEX	HOTEL	GROOT KANTOOR	BEDRIJVEN-TERREIN
PLAATS	Ede	Zoetermeer	Amsterdam	Apeldoorn	Amsterdam
ENERGIE PRESENTATIE	EPN	EPN	EPN	EPN	EPN
ENERGIE-CONCEPT	Gesloten, vertikaal, monovalent	Gesloten, vertikaal, monovalent	Monobron, bivalent	Twee doubletten, bivalent	64 doubletten, bivalent
VERMOGEN KOELING	0 kW	67 kW	350 kW	2500 kW	56.000 kW
VERMOGEN VERWARMING	10 kW	122 kW	300 kW	1700 kW	onbekend
INVESTERING	€ 15.000	€ 300.000	€ 100.000	€ 200.000	€ 15.000.000
BESPARING PER JAAR	€ 750	€ 6.700	€ 16.000	€ 33.000	Onbekend
TERUGVERDIEN-TIJD	20 jaar	40 jaar	6 jaar	7 jaar	Onbekend
REALISATIE TIJD	1 dag/woning	2 maanden	4 maanden	2 jaar	20 - 30 jaar

FIGUUR 11 VOORBEELDEN VAN SYSTEEMCONCEPTEN EN TERUGVERDIENTIJDEN

ONTWERP EN AANLEG VAN BODEMENERGIESYSTEMEN

3

In dit hoofdstuk wordt uitgelegd hoe de bronnen van een bodemenergiesysteem worden ontworpen en aangelegd. Voor het ontwerpen en aanleggen van bodemenergiesystemen geldt een erkenningsplicht. Meer informatie over erkenning is te vinden in het kader verderop in dit hoofdstuk.

3.1 KEUZE VAN HET SYSTEEMCONCEPT

Voordat het bodemenergiesysteem kan worden ontworpen, moet eerst de keuze worden gemaakt voor een bepaald type bron, en voor aanvullende regeneratie- en opwekkingsvoorzieningen. Deze worden weergegeven in een principeschema. Het systeemconcept van de energetische installatie wordt vastgesteld door middel van het doorlopen van de BOAG-keten.

De keuze voor een open of gesloten systeem wordt op verschillende gronden gemaakt, te weten:

- bodemgeschiktheid;
- grootte van het systeem (investering voor de bron en energiebesparing);
- ruimtelijke inpasbaarheid;
- het gebouwsysteem.

Bij voorkeur wordt een bodemenergiesysteem ingezet voor het leveren van de basislast (zie figuur 9). Om een beeld te krijgen van gangbare systeemconcepten, geeft de tabel op pagina 30 voor een aantal typen gebouwen de kenmerken van bodemenergiebronnen weer. Open en gesloten systemen worden in de volgende paragrafen apart behandeld.

3.2 ONTWERPEN VAN OPEN SYSTEMEN

Dit hoofdstuk behandelt in chronologische volgorde de stappen voor het ontwerpen van een open systeem.

3.2.1 ENERGIEVRAAG EN VERMOGEN

Kiezen voor een bodemenergiesysteem betekent dat ook de grootte van de bronnen moet worden bepaald. De grootte van de bronnen is weer afhankelijk van de hoeveelheid energie (kWh) en het vermogen (kW) dat de gebouwinstallaties uit de bron vragen. Deze zijn beide direct afhankelijk van de gewenste temperaturen in het gebouw.

TEMPERATUUR

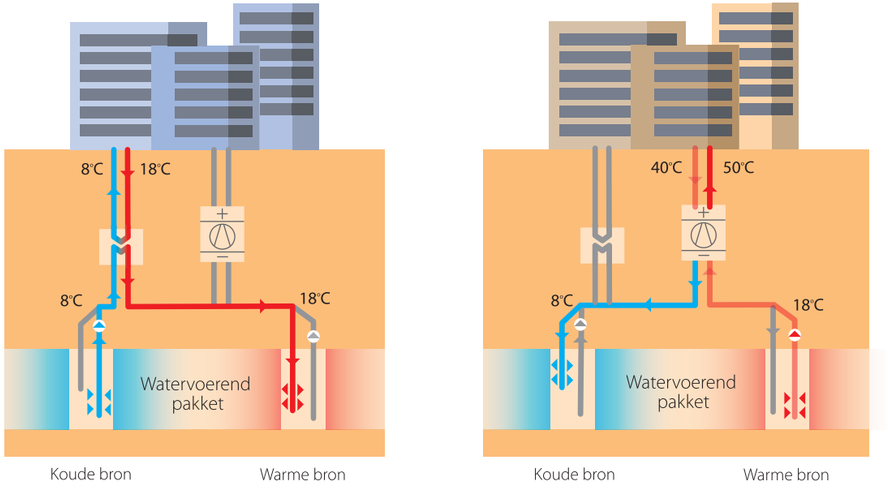
Voor het omrekenen van het gevraagde vermogen naar benodigde grondwaterdebieten is informatie nodig over de gewenste temperaturen in de gebouwinstallatie en in de bodem. Voor het energetisch functioneren van energieopslag is het gunstig om het temperatuurverschil zo groot mogelijk te maken. Dit kan worden bereikt door de infiltratietemperatuur tijdens koeling zo hoog mogelijk te maken en tijdens verwarming zo laag mogelijk. In de praktijk is het temperatuurverschil (ΔT) tussen de warme en koude bron meestal 4 tot 6°C.

Voor een goed werkend en robuust open systeem is de aanvoer- en retourtemperatuur vanuit de gebouwinstallatie erg belangrijk. Het rendement van een warmtepomp wordt snel lager wanneer de aanvoertemperatuur naar het gebouw toeneemt. Voor koeling geldt dat de aanvoertemperatuur naar het gebouw niet te laag mag worden. Bodemenergie werkt beter bij lagetemperatuurverwarming en hogetemperatuurkoeling.

Naast inzicht in temperaturen in het gebouw is ook het temperatuurverloop van de bronnen van belang. Het ontwerp van de installatie dient ruimte te laten voor variatie in infiltratietemperatuur. De onttrekkingstemperatuur in het ontwerp dient met een veilige marge te worden vastgesteld. Hoe groter het verschil tussen de geïnfiltreerde temperatuur en de onttrekkingstemperatuur, hoe hoger het thermisch rendement is.

ZOMERSITUATIE

WINTERSITUATIE



FIGUUR 12 GANGBARE TEMPERATUURTRAJECTEN BIJ BODEMENERGIE

FIGUUR 13 VAN LINKS NAAR RECHTS: BODEMMATERIAAL MET EEN HOGE DOORLATENDHEID (GRIND), EEN REDELIJK TOT GOEDE DOORLATENDHEID (ZAND) EN EEN SLECHTE DOORLATENDHEID (VEEN EN KLEI)

GRONDWATERHOEVEELHEDEN

Het vermogen staat samen met het temperatuurverschil (ΔT) in relatie tot het debiet (m^3/uur) van het grondwatersysteem. Het vermogen door koudelevering kan verschillen van die voor warmtelevering. De energiehoeveelheid staat samen met de ΔT in relatie tot de waterhoeveelheden (m^3/seizoen of m^3/jaar) van het grondwatersysteem. Net als het vermogen kan ook de energievraag voor koudelevering verschillen van die voor warmtelevering, hoewel een grote afwijking wettelijk niet is toegestaan. In het kader 'Berekeningsmethoden voor ontwerp open bronnen' wordt uitgelegd hoe de waterhoeveelheden kunnen worden berekend.

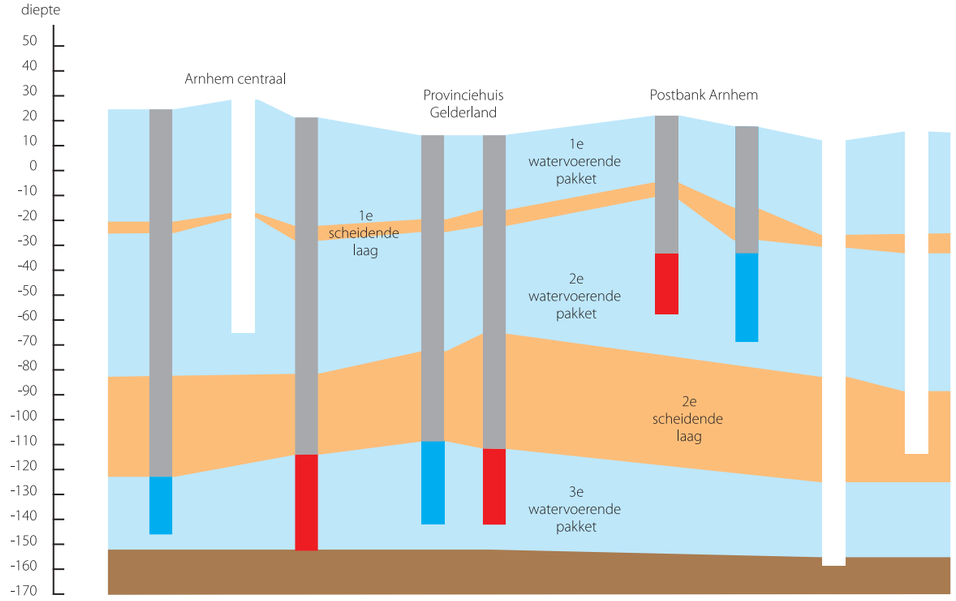
Onzekerheden over de warmte- en koudevraag van het gebouw moeten opgevangen kunnen worden door een robuust ontwerp. Het is daarom van belang dat ook bij natuurlijke grondwatertemperatuur (dus met een veel kleinere ΔT dan ontworpen, circa 2 - 3°C) van de bronnen het systeem voldoende warmte en koude kan leveren.

3.2.2 KEUZE VOOR EEN WATERVOEREND PAKKET

Om grondwater uit de ondergrond te kunnen onttrekken, worden bronnen met filters aangelegd in een bodemlaag met een goede doorlatendheid. Goed doorlatende lagen bestaan uit zand of grind en worden aangeduid als watervoerende pakketten of aquifers. Lagen met een slechte doorlatendheid bestaan uit leem, klei of veen en worden scheidende lagen of aquitards genoemd. Het gedeelte van de Nederlandse ondergrond dat wordt gebruikt voor de opslag van koude en warmte beslaat globaal de bovenste 250 meter en bestaat voor een belangrijk deel uit rivierafzettingen.

De opbouw van de Nederlandse ondergrond is door

FIGUUR 14 VOORBEELD VAN EEN GEÏNTERPRETEERD GEOHYDROLOGISCH PROFIEL



vele boringen goed bekend. Er is op hoofdlijnen redelijk goed in beeld op welke diepte zich watervoerende pakketten en scheidende lagen bevinden. Binnen dikke zandlagen kunnen echter wel dunne kleilagen en kleilenzen voorkomen. Voor een eerste indicatie van de bodemgeschiktheid is de landelijke WKO-tool beschikbaar: www.wkotool.nl. Voor meer gedetailleerd inzicht in de opbouw van de ondergrond op een bepaalde locatie, zijn de beschikbare boorbeschrijvingen uit de omgeving op te vragen bij TNO. Door middel van extrapolatie en interpolatie kan de bodemopbouw worden vastgesteld, zie figuur 14. Wanneer de bodemopbouw erg varieert en er op basis van beschikbare boringen geen zekerheid is over de bodemgesteldheid, kan een proefboring worden uitgevoerd.

3.2.3 ANDERE BELANGEN IN DE BODEM

De bodem wordt niet alleen voor bodemenergie gebruikt. Ook vele andere belangen spelen een rol in het bodemgebruik, zoals:

- grondwateronttrekkingen voor de drinkwatervoorziening;
- onttrekkingen voor: industrieel gebruik, bronbemalingen en beregening;
- grondwaterverontreinigingen, grondwatersaneringen;
- ondergrondse infrastructuur en bebouwing;
- archeologische en natuurwaarden.

Deze belangen worden nader uitgewerkt in hoofdstuk 5.

3.2.4 HET ONTWERPEN VAN BRONNEN

In deze paragraaf worden de belangrijkste aandachtspunten behandeld die een rol spelen bij het ontwerpen van de bronnen. In het kader ‘Berekeningsmethoden voor ontwerp open bronnen’ in dit hoofdstuk staat een overzicht van de belangrijkste berekeningsmethoden.

Om ervoor te zorgen dat er gedurende de levensduur van het bodemenergiesysteem grondwater uit de bronnen kan worden onttrokken en erin kan worden geïnfiltreerd, moet verstopping van de bronnen worden voorkomen. Er zijn 2 typen verstopping waarmee rekening moet worden gehouden.

CHEMISCHE EN BIOLOGISCHE BRONVERSTOPPING

Bij het mengen van water van verschillende chemische samenstelling kunnen chemische en/of biologische reacties optreden, waarbij stoffen kunnen neerslaan. De neerslag leidt tot verstopping van bronfilters en warmtewisselaars. Het is daarom belangrijk om menging van verschillende watertypen (uit verschillende bodemlagen en/of met verontreinigingen) te voorkomen.

De meest voorkomende chemische/biologische verstopping bij open systemen is verstopping van bronnen door ijzer(hydr)oxiden. Die ontstaan door menging van zuurstof- en nitraathoudend (oxisch) water met ijzerhoudend, zuurstofloos en nitraatloos (gereduceerd) water. De overgang van deze typen water in de bodem wordt de redoxgrens genoemd. Het is van belang om geen bronnen te ontwerpen in een bodemlaag waarin zich deze redoxgrens bevindt. In ondiepe watervoerende pakketten of in gebieden met stuwwallen is het risico op het aantreffen van deze redoxgrens het grootst. Het veiligste is daarom om de bron in een dieper, afgesloten watervoerende laag te realiseren. Voor het ontwerp is het belangrijk om rekening te houden met de diepte van de redoxgrens. Als deze diepte niet bekend is, dan is nader onderzoek nodig om de diepte te bepalen. Bij open systemen in ijzer(II)houdend grondwater moet daarnaast voorkomen worden dat toetreding van (lucht) zuurstof optreedt. Dit bereikt men door het systeem volledig luchtdicht uit te voeren en in het systeem een overdruk (ten opzichte van de atmosfeer) te hanteren.

Verder kan bij het onttrekken van grondwater drukdaling optreden met ontgassing tot gevolg. Wanneer ontgassing wordt tegengegaan door voldoende druk op het grondwatersysteem te houden, kunnen neerslagreacties alleen ontstaan als gevolg van menging van verschillende typen water in de bron.

MECHANISCHE PUTVERSTOPPING

Bij het onttrekken van water uit de bron stroomt het grondwater naar de bron toe. Bij de infiltratie stroomt er grondwater vanuit de bron het watervoerende pakket in. Door de verhoogde stroomsnelheid rond de bronnen kunnen fijne deeltjes in het grondwater worden gemobiliseerd. Deze deeltjes kunnen niet alleen in de infiltratiebron voor verstopping zorgen, maar ook in de onttrekkingsbron. De verstopping leidt tot een afname van de capaciteit van de bronnen, een proces dat steeds sneller verloopt als het eenmaal in gang is gezet. Om ervoor te zorgen dat de bron zo min mogelijk belast wordt met fijne deeltjes, heeft de branchevereniging BodemenergieNL (voorheen NVOE) ontwerprichtlijnen opgesteld. De belangrijkste ontwerpparameters staan in het kader 'Tips en trucs bij het ontwerpen van bronnen' in dit hoofdstuk.

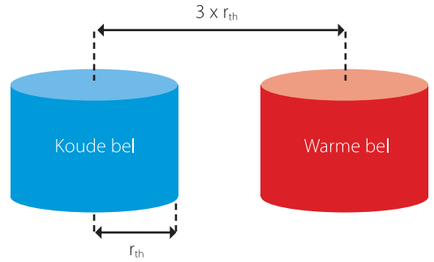
MATERIAALKEUZE

Bij het ontwerp van een open bodemenergiesysteem is het (zeker in het westen van Nederland) van cruciaal belang om rekening te houden met de kwaliteit van het grondwater. De gebruikte materialen in de bronnen, het leidingsysteem en de warmtewisselaar moeten bestand zijn tegen corrosie. In zout grondwater is daarom een hogere corrosiebestendigheid nodig dan in zoet grondwater. Als corrosie optreedt, leidt dat niet alleen tot schade aan de betreffende materialen, maar kunnen de corrosiedeeltjes ook voor bronverstopping zorgen. Worden de bronnen gerealiseerd in een pakket waarin ook verontreinigingen zitten, dan moet de materiaalkeuze hierop zorgvuldig worden afgestemd.

AFSTAND BEPALEN TUSSEN KOUDE EN WARME BRONNEN

Bij open systemen wordt zowel koude als warmte opgeslagen in de ondergrond. Als de koude en warme bronnen te dicht bij elkaar liggen, komen de bel met koud water en de bel met warm water in de ondergrond met elkaar in aanraking. Met als gevolg dat een deel van de opgeslagen koude en warmte verloren gaat. Om dit te voorkomen, moet bij het ontwerp een voldoende grote afstand worden aangehouden tussen de koude en de warme bronnen. In de praktijk wordt de afstand bepaald aan de hand van de thermische straal. De thermische straal is de afstand gemeten vanaf de bron tot waar de opgeslagen warmte of koude komt indien er geen sprake zou zijn van menging en warmtegeleiding (en er dus een scherpe overgang is tussen het warme/koude water en het water met de natuurlijke bodemtemperatuur). In het kader 'Bronontwerp' verderop in dit hoofdstuk staat hoe de thermische straal berekend wordt.

FIGUUR 15
AFSTAND TUSSEN DE KOUDE EN WARME BRON



3.2.5 EFFECTEN VAN OPEN BODEMENERGIEBRONNEN

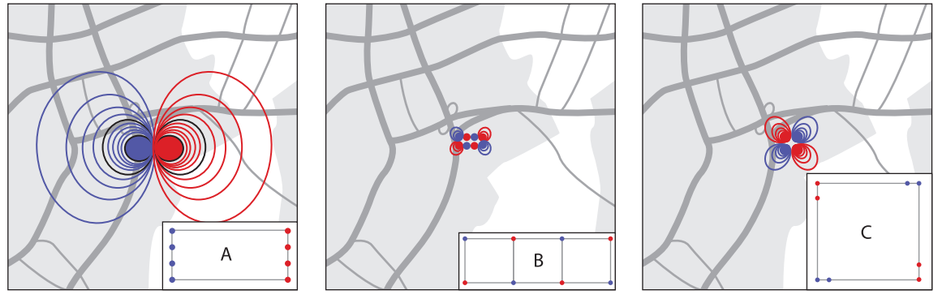
Bodemenergiesystemen veroorzaken effecten in de ondergrond. Enerzijds zijn dit effecten op de grondwaterstand of grondwaterstroming. Dit worden hydrologische effecten genoemd. Anderzijds verandert de temperatuur rondom de bronnen. Dit zijn thermische effecten. Beide worden in dit hoofdstuk nader toegelicht.

Er zijn ook nog effecten op de chemische, biologische en fysische kwaliteit van de bodem en het grondwater. Deze effecten zijn lang onderbelicht gebleven omdat de effecten vrij klein zijn. In het cahier Meer met bodemenergie is hierover meer te lezen. Tot slot zijn er nog zettingen. Zettingen zijn een secundair effect van de hydrologische effecten. Deze zijn meestal erg klein en worden daarom niet behandeld.

HYDROLOGISCHE EFFECTEN

Door het onttrekken en infiltreren van grondwater wordt ter plaatse van de grondwaterbron de stijghoogte van het grondwater respectievelijk verlaagd en verhoogd. Omdat er altijd sprake is van gelijktijdig onttrekken en infiltreren compenseren de optredende verlagingen en verhogingen elkaar geheel of gedeeltelijk. De mate waarin de verlaging en de verhoging elkaar opheffen wordt bepaald door de afstand tussen de bronnen. Een grote afstand tussen de bronnen betekent weinig compensatie en dus relatief grote effecten. Bij een kleine bronafstand zijn de hydrologische effecten juist beperkt. Als meerdere onttrekkingsbronnen of infiltratiebronnen bij elkaar geplaatst zijn dan is juist sprake van versterking van de effecten, zie figuur 16. Het maximale debiet (afhankelijk van het maximaal te leveren vermogen) bepaalt de grootte van de stijghoogteveranderingen. Ook bronnen van verschillende open bodemenergiesystemen kunnen elkaars hydrologische effecten versterken en compenseren.

FIGUUR 16 INVLOED VAN HET ONTWERP OP DE HYDROLOGISCHE EFFECTEN VAN EEN FICTIEF SYSTEEM



Blauw: verhogingscontouren, Rood: verlagingscontouren

THERMISCHE EFFECTEN

Het aantal bronnen en de bronafstand is ook sterk afhankelijk van de hoeveelheid energie die in de bodem moet worden opgeslagen. De hoeveelheid energie bepaalt, samen met het temperatuurverschil de hoeveelheid grondwater die moet worden verpompt en daarmee ook de grootte van de thermische straal.

Elk jaar zal een klein deel van de opgeslagen warmte en koude in de ondergrond achterblijven en met de grondwaterstroming worden meegevoerd. Na enige jaren zal het thermisch invloedsgebied zich daardoor langzaam maar zeker in stroomafwaartse richting verspreiden. Doordat de snelheid van de grondwaterstroming in Nederland vaak zeer beperkt is (meestal < 40 m per jaar), verloopt ook de afstroming van warmte en koude langzaam. Bovendien is er ook sprake van verliezen naar boven- en onderliggende lagen, waardoor de uitbreiding van het thermisch invloedsgebied wordt vertraagd. Na verloop van tijd kan dan een stabiele eindsituatie ontstaan, waarbij de warmteverliezen (of koudeverliezen) uit het bodemenergiesysteem gelijk zijn aan de verliezen vanuit het watervoerend pakket naar de boven- en onderliggende lagen. Het thermisch invloedsgebied in het gebruikte watervoerende pakket breidt zich dan niet meer verder uit.

3.3 ONTWERPEN VAN GESLOTEN SYSTEMEN

Dit hoofdstuk behandelt de belangrijkste parameters voor het ontwerpen van een gesloten systeem.

FIGUUR 17 VERHOUDING TUSSEN HYDROLOGISCHE EN THERMISCHE EFFECTEN

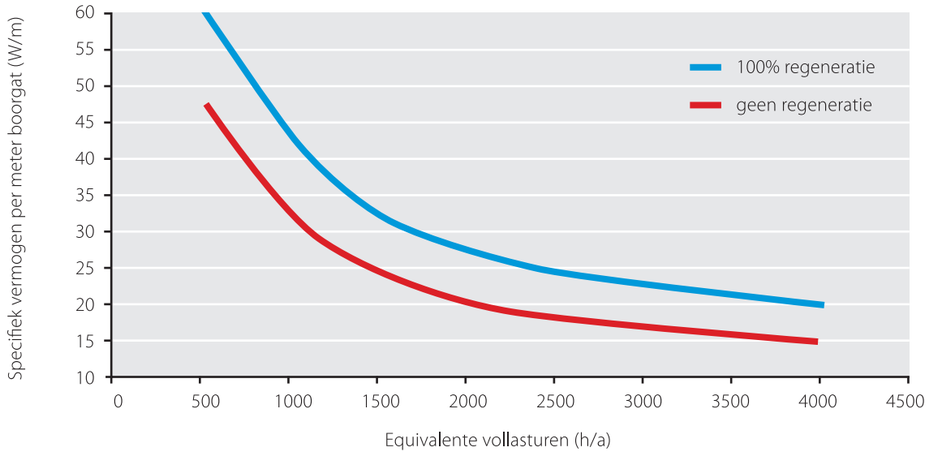
Links: hydrologische invloed (groene lijn 5 cm contour).
Midden: thermische effecten bij geen grondwaterstroming (gele lijn is 0,5°C beïnvloedingscontour).
Rechts: thermische effecten bij een hoge (25m/jaar) grondwaterstroming (situatie na 20 jaar).

Gesloten systemen worden wereldwijd veel meer toegepast dan open systemen. In Nederland worden gesloten systemen vooral toegepast bij relatief kleinschalige projecten, zoals huizen, appartementen of kleine kantoren. Voor het functioneren van het systeem luistert het aanbrengen van de lussen minder nauw, omdat er geen grondwater hoeft te worden geïnfiltreerd of onttrokken. Lussen zijn daardoor ook toepasbaar in kleilagen of in zandlagen met een redoxgrens. Kleinere systemen met enkele lussen worden daarom vaak op basis van algemene kentallen ontworpen. Richtlijnen voor het ontwerp van verticale lussen zijn te vinden in de ISSO-publicatie 73. Voor horizontale systemen en de tussenvormen zijn er geen algemene richtlijnen. Fabrikanten en leveranciers hebben hun eigen ontwerpnormen.

COLLECTIEVE OF INDIVIDUELE GESLOTEN SYSTEMEN

In de woningbouw komen collectieve en individuele gesloten systemen voor. Collectieve systemen bestaan uit een groot veld met lussen die zijn aangesloten op een energiecentrale waarin de warmte en koude wordt opgewekt door één grote warmtepomp. Daarna wordt deze warmte of koude verdeeld onder de vragers. Bij individuele gesloten systemen heeft elke woning een eigen lus en een eigen warmtepomp. Voordeel is dat bewoners hiermee onafhankelijk zijn van een exploitant van de energiecentrale waardoor zij de kosten voor warmte of koude zelf in de hand hebben.

FIGUUR 18 EERSTE INDICATIE VAN HET VERMOGEN (W/M) ALS FUNCTIE VAN HET AANTAL VOLLASTUREN VOOR WONINGEN VOOR DE AANGEHOUDEN OMSTANDIGHEDEN IN DE ISSO-73 (BRON: ISSO 73)



3.3.1 ENERGIEVRAAG EN VERMOGEN

Om de vereiste totale lengte van de bodemwarmtewisselaar te bepalen, moeten het maximale vermogen (kW) en de energiehoeveelheden (MWh) voor verwarming, koeling en eventueel aanvullende regeneratie bekend zijn. Hieruit kunnen dan het aantal equivalente vollasturen voor verwarming en koeling worden berekend. Het aantal equivalente vollasturen is het aantal uren dat het systeem op vol vermogen moet draaien om de jaarlijkse energie hoeveelheid te leveren. Een gangbare hoeveelheid vollasturen is 1500 per seizoen, in werkelijkheid draait het systeem veel meer uren, maar slechts op een deel van het maximale vermogen (in deellast). Op basis van deze gegevens kan een eerste indicatie worden verkregen van het specifiek vermogen per meter boorgat van een verticale lus (in W/m), zie figuur 18. Het vereiste maximale vermogen wordt gedeeld door het specifieke vermogen per meter om de benodigde totale lengte te berekenen.

Voor het ontwerp van gesloten systemen is het van belang te weten of er directe koeling uit de bron wordt toegepast. Met name in de utiliteitsbouw kan met het gesloten systeem niet direct de volledige koeling worden geleverd.

3.3.2 FACTOREN VAN INVLOED OP HET ONTWERP

Voor gesloten systemen is het vinden van een watervoerend pakket minder relevant.

Er wordt immers geen grondwater onttrokken maar op basis van geleiding warmte en koude onttrokken aan de bodem. Wel is een zandige bodem gunstiger omdat de geleidende eigenschappen hiervan beter zijn dan van een kleibodem. Ook van belang is dat in waterverzadigde zandlagen meestal sprake is van grondwaterstroming, waardoor de temperatuurdaling bij warmteonttrekking (of stijging bij warmtetoevoer) beperkt wordt, wat gunstig is voor het presteren van het systeem als geheel.

De grootte van het gesloten systeem (lengte, aantal lussen en diepte) hangt af van verschillende factoren. Bij het ontwerp wordt eerst op basis van de energiebehoefte en de vastgestelde kentallen voor het specifiek vermogen per meter boorgat (dat sterk varieert: van circa 10 tot bijna 40 W/m) indicatief bepaald hoeveel meter buizen nodig is. De eerste indicatie van het specifiek vermogen per meter boorgat gaat uit van optimale omstandigheden. Eventueel minder gunstige omstandigheden worden meegenomen door een aantal correctiefactoren toe te passen voor de volgende aspecten:

- De geschiktheid van het bodemmateriaal. Een lagere geschiktheid van de bodem leidt tot een lager specifiek vermogen. Gesloten systemen presteren beter in zandige bodems, maar zijn ook toepasbaar in klei- en veenbodems.
- Het aanvulmateriaal. Bij het aanbrengen van de lussen in het boorgat moet de ruimte rondom de lussen worden opgevuld. Een slecht geleidend aanvulmateriaal, zoals zwellende kleikorrels, heeft een lager specifiek vermogen tot gevolg.
- Laagste temperatuur van het circulatiemedium. Een lagere toegestane minimale temperatuur leidt (in geval van warmteonttrekking) tot een hoger specifiek vermogen.
- Het type bodemwarmtewisselaar. Het oppervlak waarover warmteuitwisseling kan plaatsvinden tussen warmtewisselaar en bodemmateriaal is van invloed op het specifieke vermogen. Hoe meer uitwisselingsoppervlak, hoe hoger het specifieke vermogen. Er zijn verschillende typen lussen op de markt: bijvoorbeeld een enkele of dubbele U-lus per boorgat of een concentrische buis.
- De invloed van de opstellingsvorm van de bodemwarmtewisselaars, bijvoorbeeld in een lijn, of geclusterd in een vierkant of rondom een gebouw.
- De onderlinge afstand tussen de bodemwarmtewisselaars. Een kleinere afstand leidt tot grotere onderlinge thermische beïnvloeding en dus tot een lager vermogen per meter lus.
- Aangezien de warmtegeleidingscoëfficiënt sterk afhankelijk is van het vochtgehalte van de bodem, speelt ook het vochtgehalte van de bodem een

belangrijke rol bij gesloten systemen. In het algemeen heeft een natte zandige bodem gunstiger warmtegeleidende eigenschappen dan een natte kleibodem terwijl een droge kleibodem gunstiger is dan een droge zandige bodem.

Met alle vastgestelde correctiefactoren wordt het specifieke vermogen gecorrigeerd zodat de vereiste lengte bodemwarmtewisselaar kan worden vastgesteld.

INPASSING OP MAAIVELD

Een belangrijk criterium voor de keuze voor het type gesloten systeem is de beschikbare hoeveelheid oppervlakte aan het maaiveld voor het plaatsen van de bodemwarmtewisselaars. Dit speelt met name in de utiliteit een rol, waardoor het hoge maximale vereiste vermogen vaak vele tientallen lussen moeten worden geïnstalleerd. Bij woningen zijn enkele lussen vaak al voldoende. Horizontale systemen vragen relatief het meeste oppervlakte.

ANDERE BELANGEN IN DE BODEM

Met name de inpassing tussen andere infrastructuur in de bodem is een belang waarmee rekening moet worden gehouden. En net als open systemen mogen gesloten systemen niet worden toegepast in gebieden die zijn beschermd in het kader van de nationale drinkwatervoorziening.

3.3.3 THERMISCHE EFFECTEN VAN GESLOTEN SYSTEMEN

Gesloten systemen hebben geen effecten op de grondwaterstand en/of grondwaterstroming. Wel kan er sprake zijn van thermische effecten, en ook die zijn uiterst bescheiden. De thermische invloed beperkt zich bij een individuele bodemlus tot enkele meters en bij een cluster van lussen tot enkele tientallen meters (zie figuur 19).

Het medium in de bodemlussen bestaat vaak uit een mengsel van water met een additief om bevriezing te voorkomen. Dit heeft als risico dat er bodemverontreiniging kan optreden bij lekkage van het systeem. Gesloten systemen worden daarom uitgerust met een lekdetectie en lekbeveiliging. Gesloten systemen kunnen ook de warme of koude bel van een nabijgelegen open systeem thermisch beïnvloeden.

FIGUUR 19
BOVEN: ÉÉN LUS HEEFT 2 À 3 METER THERMISCHE INVLOED
ONDER: EEN CLUSTER VAN 81 LUSSEN HEEFT SAMEN CIRCA 50 METER THERMISCHE INVLOED BUITEN HET BOORGAT

3.4 AANLEG VAN DE BRONNEN

Om inzicht te geven in het uitvoeringsproces bij de aanleg van open en gesloten systemen is een ‘striphaal’ gemaakt van het proces. De belangrijkste aandachtspunten worden in deze paragraaf behandeld. Meer technische informatie over aandachtspunten bij de aanleg van bodemenergiesystemen is te vinden op www.soilpedia.nl. De kwaliteitseisen voor de aanleg van bronnen zijn gewaarborgd door de vastgestelde werkwijze van de boorfirma’s. Deze werkwijzen zijn vastgelegd in een beoordelingsrichtlijn en protocollen (zie het kader over erkenning op pag. 48). Daarnaast heeft een opdrachtgever de plicht om de uitvoering van het werk te controleren (Uniforme Administratieve Voorwaarden). Dit heet directievoering. Hierna volgen de belangrijkste uitvoeringsmomenten bij het aanleggen van open en gesloten bronnen. Dit zijn zogenaamde ‘mijlpalen’ in de uitvoering waarbij de directie aanwezig kan zijn.

3.4.1 MIJLPALEN BIJ DE AANLEG VAN OPEN SYSTEMEN

Deze paragraaf geeft een overzicht van de belangrijkste uitvoeringsmomenten bij de aanleg van open systemen.

DE FILTERSTELLING

De bodem is een soort blackbox. De exacte diepte, dikte en doorlatendheid van het watervoerende pakket en de eventuele redoxgrens is moeilijk exact te voorspellen. Het is daarom van cruciaal belang om tijdens het boren een goede boorstaat te maken waarna de boormeester en adviseur gezamenlijk bepalen op welke diepte de filters het beste kunnen worden afgesteld (filterstelling). Ook het weer afdichten van scheidende lagen is belangrijk om op toe te zien, zie ook het kader over erkenning op pagina 48.

HET SCHOONMAKEN VAN DE BRONNEN

Tijdens het boren komt er vervuiling in de bron en in het grondwater. Om een kwalitatief goede bron te maken, moeten deze vervuilingen worden verwijderd. Hiervoor zijn verschillende technieken beschikbaar die doorgaans allemaal worden toegepast: jutteren, sectiegewijs pompen en intermitterend pompen. Het grondwater dat vrijkomt bij het schoonpompen moet worden geloosd (zie figuur 24 over lozen in hoofdstuk 5).

HET TESTEN VAN DE BRONNEN

Als de bronnen zijn schoongepompt moeten ze worden getest op capaciteit, zandhoudendheid en slib. De capaciteitstest geeft aan bij welke verlaging van de grondwaterstand het maximale debiet wordt behaald en wat het specifieke debiet is (debiet bij 1m verlaging). Verder moet worden getest of de bron voldoende schoon is om verstopping te voorkomen. Hiertoe wordt de zandhoudendheid en het slibgehalte van het water bepaald. Het grondwater dat vrijkomt bij het testen moet worden geloosd (zie figuur 24 over lozen in hoofdstuk 5).

DE OPNAME VOOR OPLEVERING

Als de bronnen zijn goedgekeurd worden ze aangesloten op het gebouwsysteem, de pompen worden ingebouwd en de regeling wordt ingericht. Bij de opname voor oplevering is het van belang om te testen dat alle beveiligingen goed zijn opgenomen. De belangrijkste beveiliging betreft het uitschakelen van de bronpomp bij onder/overschrijding van minimale/maximale druk en stijghoogte. Verder is het van belang dat de terreinleidingen bestand zijn tegen de druk en waterdicht zijn, en de putbehuizing moet waterdicht en vrij van vocht zijn. Daarnaast wordt de koppeling met de gebouwinstallatie getest.

3.4.2 MIJLPALEN BIJ DE AANLEG VAN GESLOTEN SYSTEMEN

Deze paragraaf geeft een overzicht van de belangrijkste uitvoeringsmomenten bij de aanleg van gesloten systemen.

HET AFDICHTEN VAN SCHEIDENDE LAGEN

Bij het installeren van gesloten systemen is het (vooral bij de verticale systemen) van belang om de scheidende werking van slecht doorlatende lagen na doorboring te herstellen (zie ook het kader over erkenning). De boringen bij gesloten systemen worden met een minder nauwkeurige techniek gemaakt, namelijk met een spoelboring (dat kan ook niet anders, want anders gaat het financiële voordeel van deze systemen verloren). Bij het toepassen van een spoelboring is het van belang om goed monstername te doen naar de verwachte diepte en dikte van scheidende lagen en erop toe te zien dat met ruime marges klei wordt aangebracht ter plaatse van die scheidende lagen.

DE WATERDICHTHEIDTEST

Na het inbrengen van de bodemwarmtewisselaar en het aanvullen van het boorgat, wordt de bodemwarmte-wisselaar met schoon drinkwater doorgespoeld. Vervolgens wordt hij op druk gebracht, om te testen op waterdichtheid. Nadat de bodemlussen op het horizontaal verbindend leidingwerk zijn aangesloten, maar nog voordat de sleuven worden dichtgegooid, wordt er een dichtheidsbeproeving op de groepen afzonderlijk en een mechanische sterktetest op het gehele gesloten systeem uitgevoerd. Na succesvolle afronding van de testen kunnen de sleuven worden dichtgemaakt.

DE OPNAME VOOR OPLEVERING

Ook de realisatie van gesloten systemen wordt afgesloten met een opname. Hierbij wordt getest of de levering aan het gebouw goed verloopt.

TIPS EN TRUCS BIJ HET ONTWERPEN VAN BRONNEN

Overleg met de installateur over de energetische uitgangspunten.

Overtuig u ervan dat de gehanteerde infiltratie en onttrekkingstemperaturen realistisch zijn.

Bij grotere gesloten systemen moet het ontwerp worden doorgerekend met een computermodel om te waarborgen dat het ook op de lange termijn thermisch goed functioneert.

Omschrijf in een helder programma van eisen welke prestaties u verwacht van een bodemenergiesysteem.

Een monobron is een goede optie bij systemen kleiner dan 50 m^3/uur. Het watervoerende pakket moet wel voldoende dik zijn.

Keuze van het watervoerende pakket/filterstelling: dieper is duurder, maar vermindert het risico op het botsen met andere ondiepe belangen. Vooral in steden is dit belangrijk. Houd bij het vaststellen van boordiepte rekening met eventueel tegenvallende bodemopbouw.

Neem voldoende boordiepte op in de vergunningaanvraag en het bestek om aanpassingen bij tegenvallende bodemopbouw te voorkomen.

Keuze bronlocaties: dichtbij het gebouw is het goedkoopst, maar de thermische afstand is het meest bepalend. Houd ook rekening met de bouwplanning: is de bronlocatie vrij op het moment dat de boring is gepland?

Houd bij open systemen rekening met ca. 200 m^2 ruimte voor de boorstelling.

Houd bij gesloten systemen rekening met een werkruimte ter grootte van 2 vrachtwagens per lus.

Bij toepassing in een ondiep watervoerend pakket is een check op redox extra belangrijk.

Leg de bronlocaties goed vast vóór het aanvragen van de vergunning: de locaties maken deel uit van de beschikking. Wijziging van de locaties betekent vaak ook dat de vergunning gewijzigd moet worden.

BEREKENINGSMETHODEN VOOR ONTWERP OPEN BRONNEN

BEREKENING ENERGIE EN VERMOGEN UIT GRONDWATER

$$Q = \frac{P \cdot 3600}{\rho_w c_w \Delta T} \qquad V = \frac{E}{\rho_w c_w \Delta T}$$

Q =	benodigd grondwaterdebiet [m^3/uur]
V =	benodigd grondwater volume per seizoen [m^3/uur]
P =	benodigd thermisch vermogen [J/s (W)]
E =	benodigd thermische energie per seizoen [J]
ρ_w =	dichtheid grondwater [kg/m^3]
C_w =	warmtecoëfficiënt grondwater [J/kg K]
ΔT =	temperatuurverschil tussen warme en koude bron [K]

BEREKENING BRONDIAMETER EN FILTERLENGTE

$$V_{ontw} = 1000 \left(\frac{k}{150}\right)^{0.6} \qquad \sqrt{\frac{v_v}{2MFIm_{ea} u_{eq}}} \qquad v = \frac{Q}{2\pi r H}$$

v_{ont} =	ontwerpsnelheid op boorgatwand [m/uur]
k =	doorlaatfactor van het watervoerend pakket [m/dag]
v_v =	specifieke verstoppingssnelheid [m/jaar]
MFI_{mea} =	gemeten Membraanfilter index [s/l2]
u_{eq} =	aantal equivalente vollasturen [uur/jaar]
v =	snelheid op de boorgatwand [m/uur]
Q =	debiet [m^3/uur]
r =	straal boorgat [m]
H =	filterlengte [m]

BEREKENING AFSTAND TUSSEN BRONNEN

$$L = 3R_{th}$$

L =	afstand tussen de bronnen [m]
R_{th} =	thermische straal van de opslag [m]
c_a =	warmtecapaciteit van het watervoerend pakket [J/(m^3 K)]
Q =	onttrokken hoeveelheid water per bron per seizoen [m^3]

ERKENNING ONTWERPENDE, UITVOERENDE EN BEHERENDE PARTIJEN

Alle bedrijven die werkzaamheden uitvoeren aan of ten behoeve van een bodemenergiesysteem moeten zijn erkend. Dit geldt voor zowel ontwerpers als uitvoerende en beherende partijen. Doel is het waarborgen van de vakbekwaamheid van deze partijen zodat er alleen goed presterende bodemenergiesystemen worden aangelegd. Voor de beoordeling van de bedrijven worden de werkzaamheden onderverdeeld in de volgende categorieën:

- de gebouwinstallatie (het bovengronds deel)
- open en gesloten bronnen (het ondergronds deel)

Daarnaast wordt onderscheid gemaakt tussen ontwerp, aanleg (installeren/realiseren) en beheer van bodemenergiesystemen.

BOVENGRONDS DEEL DOOR ISSO

In de BRL 6000-21 van ISSO staan de eisen aan de vakbekwaamheid. Er wordt onderscheid gemaakt tussen vakbekwaamheid bij:

1. ontwerpen
2. installeren
3. beheren

ONDERGRONDS DEEL DOOR SIKB

In de BRL 11000 van SIKB staan de eisen aan de vakbekwaamheid. Er zijn 8 werkgebieden:

1a. ontwerp van open systemen
1b. ontwerp van gesloten systemen
2a. detailengineering van open systemen
2b. detailengineering van gesloten systemen
3a. realisatie van open systemen
3b. realisatie van gesloten systemen
4a. beheer en onderhoud van open systemen
4b. beheer en onderhoud van gesloten systemen

Een erkenning wordt verkregen door het met goed gevolg afleggen van het Cito-examen voor de basiscursus Vakmanschap Bodemenergie en één of meer van de specialisatiedelen. BodemenergieNL biedt cursussen aan om vakmensen klaar te stomen voor het examen.

BEHEER EN ONDERHOUD VAN BODEMENERGIESYSTEMEN

4

Potentiële besparingen door bodemenergiesystemen zijn niets waard als in de gebruiksfase die besparingen ook niet daadwerkelijk worden gerealiseerd. Over het werkelijke rendement van bodemenergiesystemen is veel te doen. In de praktijk valt de besparing vaak tegen. In 2007, 2009 en 2012 zijn onderzoeken uitgevoerd naar de efficiëntie van bodemenergiesystemen. Hieruit bleek dat de werkelijke energiebesparing achterbleef ten opzichte van de verwachte besparing uit het ontwerp.

Het onderhoud en het operationele beheer is niet moeilijk of duur. Maar als het achterwege blijft, heeft dat grote gevolgen voor het comfort in het gebouw, de bedrijfszekerheid en de energiebesparing. Daarom behandelen we in dit hoofdstuk het beheer en onderhoud van bodemenergiesystemen.

De belangrijkste oorzaak van tegenvallende prestaties is onzorgvuldigheid bij de regeling en het operationele beheer van de installaties. Een bodemenergiesysteem bestaat altijd uit verschillende componenten. Als die niet goed op elkaar zijn afgestemd, vallen de werkelijke besparingen een stuk lager uit dan beoogd. Voor een goed functionerend bodemenergiesysteem is het van belang vooruit te kijken. Je slaat immers in de zomer warmte op voor gebruik in de winter. Sla je niets op, dan heb je ook niets voorradig op het moment dat je het nodig hebt. Gebruikers die overstappen van een conventionele installatie naar bodemenergie zijn niet gewend om op zo'n manier 'bezig te zijn' met hun klimaatinstallatie. De gebruiksfase van bodemenergiesystemen is dus van cruciaal belang voor het daadwerkelijk behalen van de energiebesparingdoelstelling.

4.1 BEHEER VAN HET BODEMENERGIESYSTEEM

Het is belangrijk dat een bodemenergiesysteem (vooral in de eerste jaren) goed wordt ingeregeld en gemonitord op zijn prestatie. In deze paragraaf worden de belangrijkste speerpunten voor goed beheer toegelicht.

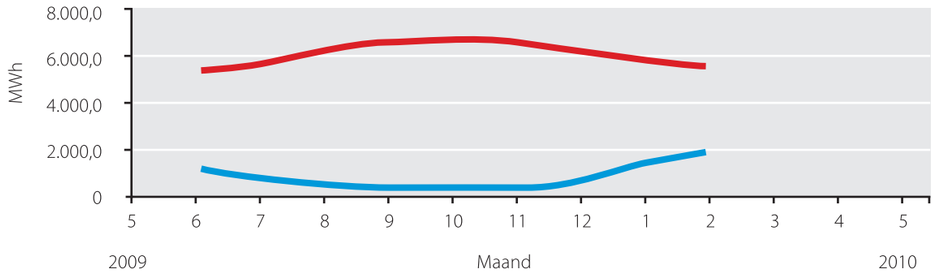
4.1.1 BIJHOUDEN VAN DE ENERGIEVOORRAAD IN BRONNEN

Een bodemenergiesysteem kan worden vergeleken met een batterij die moet worden opgeladen, daarom wordt ook vaak gesproken van bodemenergieopslag. Dit geldt zowel voor de gesloten als de open systemen. Vanuit deze filosofie is het noodzakelijk dat er voldoende thermische energie in de bodem wordt geladen voor het volgende seizoen. Voor het winterseizoen is dit koude en voor het zomerseizoen warmte. Dit vergt een effectief samenspel tussen de verschillende componenten van het grondwatersysteem en het gebouw.

In tegenstelling tot conventionele koel- en verwarmingsinstallaties heeft een energieopslagsysteem te maken

FIGUUR 20 BIJHOUDEN VAN DE ENERGIEVOORRAAD IN BRONNEN

MAAND	VOORRAAD WARMTE	VOORRAAD KOUDE	GRAADDAGEN WARMTE	GRAADDAGEN KOUDE
MEI	-	-	131	10
JUNI	5.147	976	96	25
JULI	5.607	582	42	46
AUGUSTUS	6.179	185	44	58
SEPTEMBER	6.505	0	99	10
OKTOBER	6.627	0	226	0
NOVEMBER	6.648	0	255	0
DECEMBER	6.236	538	474	0
JANUARI	5.798	1.302	572	0
FEBRUARI	5.518	1.816	451	0
MAART	-	-	355	0
APRIL	-	-	250	5
MEI	-	-	8	0



met een beperkte voorraad koude en warmte en een niet-constant koelvermogen. Om altijd voldoende koeling en verwarming te kunnen garanderen, moet in de koude en warme bron voldoende grondwater van de juiste temperatuur beschikbaar zijn. Voor een realistisch beeld van de energiebalans moet goed bijgehouden worden hoeveel er in elke bron wordt geladen (zie figuur 20). Zodra gedurende een seizoen blijkt dat er onvoldoende warmte of koude in de bronnen is geladen voor het volgende seizoen, kunnen maatregelen worden genomen door extra energie in te vangen. Het is aan te raden om hierbij rekening te houden met het optreden van extremen, zodat niet bij elke koude zomer de daaropvolgende winter tekorten ontstaan. Hetzelfde geldt voor een warme winter. Bij gesloten systemen geldt dit in principe ook. Hier moeten voldoende meters lussen zorgen voor het behalen van de prestatie bij extremen.

HET BEWAKEN VAN ENERGIEBALANS

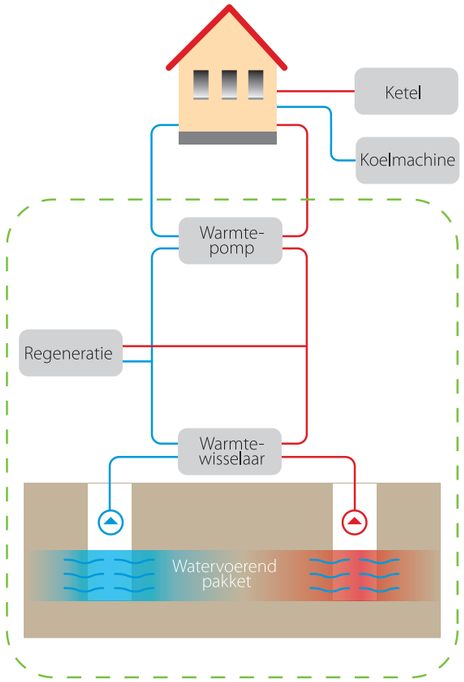
Een belangrijk onderdeel van voorraadbeheer is energiebalans. Voor een bestendig en goed werkend bodemenergiesystemen is een zekere mate van energiebalans noodzakelijk, ook bij gesloten systemen. Daarnaast zijn veel systemen vanuit hun vergunning verplicht om energiebalans te hebben. Er mag in beperkte mate netto warmte uit de bodem worden onttrokken en er mag geen warmte worden achtergelaten. In hoofdstuk 5 wordt nader ingegaan op de juridische randvoorwaarden van energiebalans.

4.1.2 TOETSEN VAN HET ENERGIE-RENDEMENT

Het werkelijke energierendement (de besparing die een bodemenergiesysteem oplevert) is altijd anders dan in de ontwerpfase is berekend. Door deze jaarlijks te toetsen wordt inzichtelijk of de verwachte besparingen ook daadwerkelijk worden gehaald. Hierbij moet niet alleen gekeken worden naar de hoeveelheid thermische energie die in de bodem wordt opgeslagen en weer teruggewonnen, maar ook naar het primair energieverbruik. Het rendement van het bodemenergiesysteem is immers de verhouding tussen de som van de geleverde duurzame warmte of koude per jaar en het totale elektriciteitsverbruik van de duurzame installatie (bronnen, regelapparatuur, warmtepomp en regeneratie).

Bij grote afwijkingen tussen het gewenste functioneren en het werkelijk functioneren, moet ingegrepen worden. Het moet hierbij dan wel om duidelijke afwijkingen gaan die zich niet in de loop van de seizoenen weer uit gaan middelen. Om dit vast te kunnen stellen is het van belang het rendement te bepalen over voldoende grote tijdschalen, minimaal per seizoen.

Het rendement of de energieprestatie van bodemenergiesystemen kan worden uitgedrukt in een getal. Dit getal is relatief eenvoudig te bepalen: de geleverde nuttige warmte- en/of koudestromen gedeeld elektriciteits- en gasverbruik (omgerekend naar een gelijke eenheid van energie). Het rendement per type levering staat ook wel bekend als de Seasonal Performance Factor (SPF).



FIGUUR 21
HET DUURZAME DEEL VAN EEN
BODEMENERGIESYSTEEM
(BINNEN DE GROENE STIPPELLIJN)

Het verschil tussen COP (zie pag 24) en SPF is dat COP een momentopname is en de SPF een gemiddelde is over een bepaalde tijd (seizoen) en bedrijfssituatie.

4.1.3 HET OPZETTEN VAN EEN GEBOUWBEHEERSYSTEEM

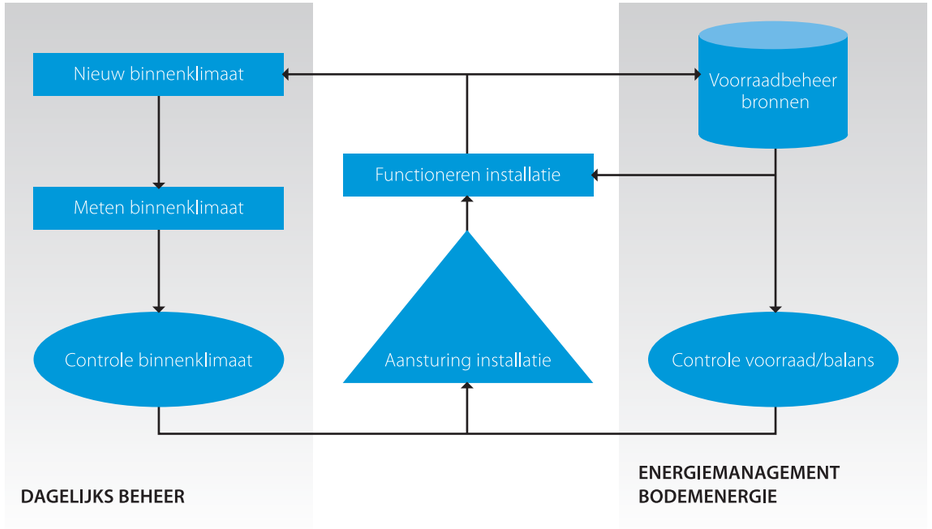
Voor het monitoren en bijsturen van het energetisch functioneren, het voorraadbeheer en de prestaties van een bodemenergiesysteem wordt een geautomatiseerd beheersysteem gebruikt: het gebouwbeheersysteem.

REGELING EN BESTURING

Er wordt gebruik gemaakt van een automatische regeling om de verschillende apparaten en componenten in de BOAG-keten aan te sturen. Een goede inregeling is dus cruciaal voor het optimaal functioneren. Ook tijdens de exploitatiefase blijft toetsing en optimalisering van de regeltechniek via het monitoren van de klimaatinstallatie van belang. Het gebruik van het gebouw en de weersomstandigheden kunnen immers in korte tijd sterk variëren. Ook de regeling en aansturing van de componenten gebeurt vanuit het gebouwbeheersysteem. Op basis van de gemeten waarden wordt gekeken of er moet worden gekoeld of verwarmd. Figuur 22 geeft het beheerproces schematisch weer.

In het beheerproces zijn twee verschillende beheertrajecten te onderscheiden: het dagelijks functioneren en het energiebeheer van de bronnen. Het dagelijks beheer zorgt voor de gewenste klimaatomstandigheden voor de gebruikers van het gebouw. Het energiemanagement van de bronnen geschiedt op langere tijdschalen en heeft niet direct invloed op de gewenste omstandigheden in het gebouw. Maar op de lange termijn heeft slecht bronbeheer natuurlijk een nadelige invloed op het functioneren van de installatie. Het is dus cruciaal om het energiebeheer van de bronnen goed te waarborgen in de regeling van het gebouwbeheersysteem.

FIGUUR 22 PRINCIPESCHEMA BEHEER



METEN IS WETEN

Om inzicht te krijgen in het functioneren van de klimaatinstallatie en het bodemenergiesysteem worden de energiestromen gemeten. Daarvoor worden meters en opnemers geplaatst in het systeem. De opnemers en meters zijn gekoppeld aan het gebouwbeheersysteem. Het gebouwbeheersysteem registreert de verzonden waarden met een ingesteld tijdsinterval in een database.

Het meten, opslaan en interpreteren van parameters in het gebouwbeheersysteem vormt de basis voor de beoordeling van een bodemenergiesysteem. Alleen als de juiste parameters gemeten en geregistreerd worden, is goed beheer mogelijk en kunnen de juiste conclusies

worden getrokken over het energetisch functioneren. Deze meetgegevens zijn ook te gebruiken om te bepalen of onderhoud nodig is.

Voor effectief energiemanagement en het goed functioneren van de bronnen, moeten de volgende gegevens worden geregistreerd en opgeslagen:

- totale energiehoeveelheden, separaat voor warmte- en koudelevering
- waterhoeveelheden (m^3) in en uit verschillende bronnen (bij open bronnen)
- drukverloop in het systeem
- niveau van het grondwater in het watervoerende pakket (bij de bronnen van open systemen)
- onttrekkingstemperaturen (uitgesplitst per bron bij open systemen met meer bronnen)
- gemiddelde infiltratietemperaturen (uitgesplitst per bron bij open systemen met meer bronnen)
- minimale en maximale infiltratietemperaturen
- de draaiuren van de warmtepomp
- het elektriciteitsverbruik van de warmtepomp
- de COP-waarde van de warmtepomp

Het gebouwbeheersysteem heeft een database waarin deze waarden worden opgeslagen.

4.1.4 BEHEER IN DE PRAKTIJK

Een bodemenergiesysteem is ontworpen en ingepast in de totale klimaatinstallatie voor het besparen op primaire energie. Als gevolg van het inzetten van warmte en koude uit de bodem wordt er bespaard op energiekosten en op de uitstoot van CO_2. Op basis van praktijkgetallen zijn er verschillende studies uitgevoerd naar de inzet van bodemenergie in Nederland. Gemiddeld draaien de bestaande open systemen op circa 50% van de ontwerpcapaciteit en realiseren zodoende ook maar 50% van de verwachte energiebesparing. Dit tegenvallende rendement wordt veelal veroorzaakt door beperkte aandacht voor het beheer.

Er is geen gebouwbeheersysteem dat vanaf oplevering optimaal functioneert. Dat komt omdat elk systeem anders is. Het gebruik en het weer zijn altijd anders dan aangenomen in het ontwerp. In de opstartfase (eerste jaren) van een bodemenergiesysteem vraagt dit dus zeker aandacht. Maar ook in de loop der jaren kunnen veranderingen in gebruik van het gebouw, een extreme zomer of winter en/of aanpassingen aan het gebouw of de installatie vragen om inspanningen ten aanzien van de regeling.

4.2 UITVOEREN VAN ONDERHOUDSWERKZAAMHEDEN

De onderhoudswerkzaamheden hebben als doel om een verslechtering van de installatie te voorkomen en vroegtijdig te signaleren. Zodat eventuele revisie van de installatie niet nodig is of tijdig kan worden ingepland en storingen worden voorkomen.

FREQUENTIE VOOR ONDERHOUD

Hoe vaak onderhoud moet worden gepleegd is afhankelijk van twee factoren:

- De vereiste bedrijfszekerheid. Bij een monovalent systeem (koude en warmte wordt volledig door het bodemenergiesysteem geleverd) zullen er hogere eisen worden gesteld aan de bedrijfszekerheid. Ook zal het onderhoud aan de installatie frequenter zijn dan bij installaties waarbij de koude en warmte door meerdere systemen geleverd kan worden (bivalent).
- De geschiedenis van een systeem. Voor een installatie die al enige jaren probleemloos draait, kan besloten worden de frequentie van het onderhoud te verlagen. Bij systemen waarbij de broncapaciteit sterk fluctueert, of vaak storing optreedt, ligt de onderhoudsfrequentie hoger.

SPUIEN OPEN SYSTEMEN

In de loop der tijd zal er ophoping van vuil in de filters of in de warmtewisselaar ontstaan, zoals fijne bodembestanddelen en neerslagmateriaal. Dit kan worden verwijderd door met hoog debiet de bronnen schoon te spoelen. Het water met daarin het vuil dat daarbij wordt onttrokken, wordt geloosd omdat het vuil anders in de andere bron zou komen. Hoe vaak spuien nodig is, is afhankelijk van de hoeveelheid fijne deeltjes die zich in het grondwater bevinden en van het toegepaste bronontwerp. Preventief spuien wordt doorgaans twee maal per jaar gedaan. In hoofdstuk 5 wordt verder ingegaan op de regelgeving voor het lozen van dit grondwater.

VERGUNNINGSVOORSCHRIFTEN

Het bevoegd gezag wil graag grip houden op het gebruik van de bodem. Daarom worden aan een vergunning voorschriften verbonden. Sinds de invoering van het wijzigingsbesluit bodemenergie in 2013 zijn deze voorschriften in nagenoeg alle provincies gelijk. In specifieke gevallen kunnen provincies echter aanvullende voorschriften in de vergunning opnemen. De vergunningsvoorschriften houden meestal in dat er jaarlijks moet worden gerapporteerd over de gebruikte hoeveelheden grondwater en de opgeslagen hoeveelheden thermische energie.

4.3 ORGANISATIE VAN BEHEER EN ONDERHOUD

Voor het beheer en onderhoud van bronnen kunnen verschillende partijen worden ingeschakeld. De eerste periode na de aanleg van het systeem wordt het onderhoud meestal uitgevoerd door de aannemer die bij de aanleg betrokken was. Daarna kan bijvoorbeeld de technische dienst (indien aanwezig), een installateur of een boorfirma het overnemen. Bij de keuze van de partij die het onderhoud uitvoert, is het van belang dat deze partij ervaring heeft met en gecertificeerd is voor het werken met bodemenergiesystemen.

De eigenaar van een bodemenergiesysteem huurt over het algemeen derden in om het systeem te onderhouden en te beheren. De verantwoording kan per project verschillen en ligt vaak op de verschillende niveaus in de organisatie. Een duidelijke omschrijving en vastlegging van taken en verantwoordelijkheden is hoe dan ook van essentieel belang. Bij het beheer van de systemen wordt onderscheid gemaakt tussen 3 verschillende vormen:

1. **Volledig in eigen beheer**
   De eigenaar heeft voldoende kennis en kunde in huis om het beheer en onderhoud zelf te doen. Hij bespaart daarmee kosten voor diensten van derden. Voor veel bedrijven zijn de kosten voor het binnenklimaat erg klein vergeleken met andere kosten. De noodzaak voor een optimaal functionerend systeem wordt vaak minder gevoeld. Daarnaast is men ook niet gewend om naast onderhoud ook aandacht te moeten besteden aan regeling en energiebeheer. Dit geldt zeker bij individuele woonhuizen.
2. **Gedeeltelijk in eigen beheer en gedeeltelijk uitbesteed**
   De eigenaar neemt het dagelijkse beheer voor zijn rekening, voor het onderhoud en energiemanagement worden ter zake kundige partijen ingeschakeld. De 'knip' kan op veel verschillende plekken in het beheer en onderhoudsproces liggen. Een bodemenergiesysteem valt onder de klimaatinstallatie en wordt zodoende vaak door een klimaatinstallateur onderhouden. De installateur kan op zijn beurt besluiten het onderhoud van de bronnen aan een booraannemer uit te besteden. In deze constructie is het erg lastig om tot optimaal functionerende systemen te komen. Er 'draaien meerdere mensen aan de knoppen' en het is daardoor erg lastig om goede afspraken te maken over wie er kan worden aangesproken op de prestaties van het systeem.
3. **Volledig uitbesteed**
   De eigenaar wordt volledig ontzorgd en betaalt jaarlijks een (vast) bedrag voor het geleverde gebruikscomfort door de klimaatinstallatie. Hoe efficiënter de installatie werkt, hoe beter het comfort en de energiebesparing. De exploitant heeft er veel baat bij dat het systeem zo min mogelijk energie verbruikt. Dit is een goede constructie voor het optimaal functioneren van systemen.

Volgens het project 'WKO waar voor je geld' in Amsterdam komt de volgende situatie vaak voor:

- Een gebruiker van een gebouw wordt gevraagd om gegevens over het functioneren van de warmte- en koudeopslag (WKO) aan te leveren.
- Maar de gebruiker huurt het gebouw van een vastgoedexploitant.
- En de gebruiker neemt energie af van het energiebedrijf.

Wie dient beheer te plegen en is verantwoordelijk voor monitoring? De vastgoedexploitant is feitelijk de eigenaar, maar betaalt niet de rekening. Dat is de gebruiker. Maar die weet dat niet, omdat hij gewoon netjes afrekent met het energiebedrijf.

Ook deze situatie laat zien dat de organisatie van het beheer heel belangrijk is. Iemand moet verantwoordelijk zijn voor het realiseren van de beoogde energiebesparing van het systeem. Dat is in veel gevallen niet goed geregeld. Vanaf 1 juli 2013 is deze verantwoordelijkheid wettelijk geregeld in de vergunning Waterwet. Dit staat verder omschreven in hoofdstuk 5.

TIPS EN TRUCS VOOR GOED BEHEER

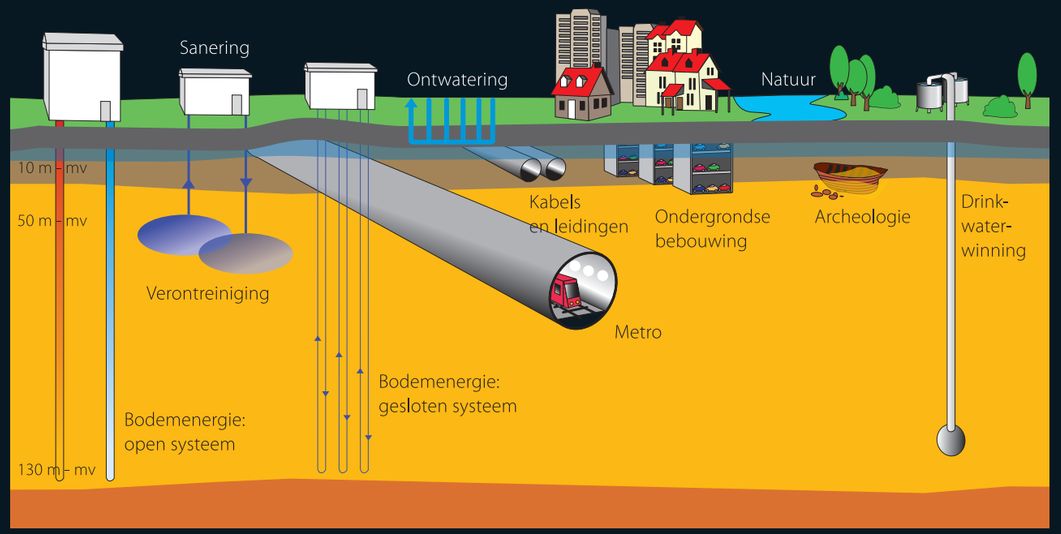
Goed beheer vraagt om een robuust ontwerp. Wie een installatie moet ontwerpen en beheren heeft dat dus zelf in de hand. Beheerders van een installatie doen er verstandig aan eerst te scannen hoe de installatie onder verschillende bedrijfssistuaties functioneert en wat de sturingsmogelijkheden zijn. Als die te beperkt zijn, is het aan te bevelen om aanpassingen door te voeren in regeling en/of hardware.

Is het beheer van de bodemenergieinstallatie uitbesteed, maak dan afspraken met de leverancier over de energieprestatie van het systeem. De SPF-waarde is hier een geschikt middel voor.

Het is aan te bevelen om het beheer uit te laten voeren door dezelfde partij die ook verantwoordelijk was voor ontwerp en realisatie. Bij het toepassen van een bodemenergiesysteem komen veel verschillende vakdisciplines kijken. Als ieder 'z'n eigen ding doet' zonder overkoepelend toezicht of verantwoordelijkheid, is het bij problemen moeilijk te duiden wie er verantwoordelijk is. Zorg dus voor één centraal aanspreekpunt en verantwoordelijke.

Bijhouden van energievoorraad: maak de voorraad warmte en koude inzichtelijk om te voorkomen dat de prestatie terugloopt.

Ook bij goed voorraadbeheer kan het systeem vaak nog verder worden geoptimaliseerd. Hoe? Door prestaties te monitoren en proactief de regeling te (laten) aanpassen.



FIGUUR 23 ANDERE BELANGEN IN DE ONDERGROND

WET- EN REGELGEVING OVER BODEMENERGIE

5

Dit hoofdstuk voorziet in een overzicht van de wet- en regelgeving op het gebied van bodemenergiesystemen. Voor open systemen is de provincie veelal bevoegd gezag. Voor gesloten systemen is dat de gemeente. Hierbij is uitgegaan van de situatie zoals die geldt per 1 juli 2013.
In paragraaf 5.1 wordt uitgelegd welke regels er gelden. In paragraaf 5.2 worden de benodigde vergunningen en meldingen behandeld. Alle vergunningen en meldingen zijn ook weergegeven in het stroomschema op pagina 68. Paragraaf 5.3 gaat in op het uniforme besluit voor vergunningverlening en handhaving, dat is opgesteld door de provincies en gemeenten.

5.1 WAT IS ER GEREGELD?

In deze paragraaf wordt uiteengezet wat er bij wet of besluit is geregeld voor bodemenergiesystemen. Dit wordt uitgezet per thema.

5.1.1 BESCHERMING VAN DE BODEM

Bodemenergie moet duurzaam worden toegepast zodat er geen schade optreedt aan de bodem, het grondwater of andere belangen in de bodem. Om dit te waarborgen moeten alle bodemenergiesystemen die worden aangelegd, worden gemeld bij het bevoegd gezag in het kader van de Waterwet. Voor kleine bodemenergiesystemen volstaat een melding of een lichte vergunningsprocedure. Grote bodemenergiesystemen moeten een zwaardere vergunningsprocedure doorlopen.
Toetsing op beschadiging van belangrijke bodemfuncties wordt bij provinciale of gemeentelijke verordening uitgevoerd. Het gaat daarbij om:

- doorboringen van waterscheidende (ondoorlatende) lagen;
- aardkundig waardevolle bodemobjecten;
- het in de bodem brengen van bodemvreemde materialen (buizen en filters) en risico op lekkage van verontreinigende stoffen;
- lokale veranderingen in stijghoogten en grondwaterpeil;
- verontreiniging van oppervlaktewater en verstoring van de werking van rioolwaterzuiveringsinstallaties door lozingen van boor- en spoelwater;
- het risico van verstoring van bodemleven en chemische evenwichtssituaties door verandering van de temperatuur van het grondwater.

5.1.2 TEMPERATUUR VAN HET GEÏNJECTEERDE WATER

Om allerhande processen (microbiologisch, oxidatie, fysisch en chemisch) in de bodem niet te verstoren, wordt de maximale infiltratietemperatuur voor open systemen op 25°C gesteld en voor de maximale retourtemperatuur voor gesloten systemen op 30°C. Voor gesloten systemen geldt ook een minimum temperatuur voor het circulatiemedium van -3°C. Dit is om bevriezing

van de bodem en een laag energierendement van het systeem te voorkomen.

5.1.3 ENERGIEBALANS

Structurele opwarming of afkoeling van de bodem moet worden voorkomen. In de regels is opgenomen dat er balans moet zijn tussen de hoeveelheid warmte en koude die in de bodem wordt opgeslagen en eruit wordt onttrokken. Bij alle typen systemen is een koude-overschot in de bodem toegestaan omdat daarmee de opwarming van de bodem door klimaatverandering en verstedelijking deels gecompenseerd wordt (zie cahier Meer Met Bodemenergie). Het gaat om een beperkt overschot, zodat de afkoeling van de bodem en de bijbehorende invloed op de omgeving en ook op de werking van het systeem niet negatief wordt beïnvloed. De bevoegde instantie mag hiervoor een maatwerkvoorschrift opleggen. De cumulatieve energiebalans voor systemen met een warmteoverschot moet periodiek neutraal zijn.

5.1.4 MENGING VERSCHILLENDE TYPEN GRONDWATER EN VERZILTING

Het doorboren van natuurlijke scheidende lagen is een punt van zorg omdat er water van het ene naar het andere watervoerende pakket kan stromen als de scheidende laag na het aanvullen van het boorgat niet goed is afgedicht. Dit kan nadelige gevolgen hebben zoals verspreiding van verontreinigd grondwater naar grotere diepte of verzilting doordat zout in een watervoerend pakket met zoet grondwater lekt. Om te waarborgen dat mechanische boringen goed worden uitgevoerd (onder andere met betrekking tot de afdichting van de doorboorde scheidende lagen) moet iedere boorfirma gecertificeerd zijn en voldoen aan het protocol voor mechanisch boren (2101) en de BRL 2100.
Ook bij menging van grondwater binnen één watervoerend pakket kunnen nadelige effecten optreden als sprake is van waterkwaliteitsverschillen binnen het watervoerend pakket. Zo kan het plaatsen van een open bodemenergiesysteem in of nabij het zoet/zoutgrensvlak tot beïnvloeding van het grensvlak leiden (verzilting). Bij het ontwerp van het bronsysteem is dit een belangrijk aandachtspunt. Op deze zaken wordt ook getoetst in de vergunningaanvraag.

5.1.5 VERSPREIDEN VERONTREINIGINGEN

Open systemen hebben invloed op de grondwaterstroming in de omgeving en kunnen daardoor ook van invloed zijn op de ligging en verspreiding van een grondwaterverontreiniging. Door het onttrekken en infiltreren van grondwater wordt de verontreiniging het ene seizoen aangetrokken en het andere weggeduwd. Binnen het invloedsgebied van een open bodemenergiesysteem kunnen bodemverontreinigingen zich verder verspreiden, horizontaal en/of verticaal. Open systemen in verontreinigde gebieden worden daarom alleen in uitzonderlijke gevallen toegestaan. Alleen als een gebied is aangewezen voor 'gebiedgericht saneren' is invloed op een verontreiniging wel toegestaan.

Bij het chemisch reinigen van open bodemenergiebronnen is er risico op het ontstaan van een verontreiniging. Dergelijke acties mogen daarom alleen onder strikte voorwaarden worden uitgevoerd. Ze moeten vooraf worden gemeld en bij voorkeur onder toezicht worden uitgevoerd.

Het circulatiemedium in gesloten bodemenergiesystemen is veelal een water-antivriesmengsel dat soms ook nog andere toevoegingen bevat (bijv. corrosieremmers). Als er een redelijk vermoeden is dat sprake is van een lekkage, dan moeten direct maatregelen worden genomen om een bodemverontreiniging te voorkomen. Als er een opslagtank voor het medium is aangesloten op het systeem, dan moet het systeem worden voorzien van lekdetectie.

BIJDRAGEN AAN SANEREN VAN VERONTREINIGINGEN

Naast het bijdragen aan energiebesparing, kan bodemenergie ook bijdragen aan het saneren van verontreinigingen. Hier zijn een aantal pilot projecten en onderzoeken voor uitgevoerd. In veel binnenstedelijke centra wordt 'gebiedsgericht saneren' ingezet. Dit betekent dat gebieden met veel verontreinigingen in het beleid worden beschouwd als verontreinigd. Binnen het verontreinigde gebied mag bodemenergie worden toegepast, zolang het totale verontreinigde gebied daardoor niet groter wordt. De menging en extra beweging van het grondwater dragen bij aan een versnelde afbraak van de verontreinigingen. Hoewel de verontreiniging niet tot buiten het aangewezen gebied mag worden verplaatst, is binnen het gebied wel sprake van verticale verspreiding door menging van het grondwater over de gehele dikte van het gebruikte watervoerende pakket. Zie voor meer informatie het SKB-cahier Meer Met Bodemenergie.

5.1.6 BESCHERMING VAN DRINKWATERWINNINGEN

Ongeveer 60% van het Nederlandse drinkwater wordt gewonnen uit grondwater. In de gebieden en watervoerende lagen waar dat gebeurt, mogen geen andere ondergrondse activiteiten worden uitgevoerd. Dus zowel open als gesloten systemen mogen in dergelijke gebieden niet worden toegepast.

5.1.7 BESCHERMING VAN ANDERE BELANGEN

Naast de drinkwaterwinningen zijn ook andere belangen beschermd. Denk hierbij aan:
- archeologie
- vergunde open/gesloten systemen
- industriële onttrekkingen

Bij het aanvragen van een vergunning wordt door het bevoegd gezag een belangenafweging gemaakt.

5.1.8 WAARBORGING BODEMKWALITEIT

Vanaf 1 juli 2013 is een certificering/erkenning verplicht voor alle bedrijven die werkzaamheden uitvoeren aan of ten behoeve van een bodemenergiesysteem. Dit geldt voor open en gesloten systemen en voor zowel de ontwerpende als uitvoerende partijen van de boven- en ondergrondse onderdelen van het systeem, zie het kader over erkenning in hoofdstuk 3.

5.1.9 LOZEN

Bij het aanleggen en in gebruik hebben van een bodemenergiesysteem komt overtollig grondwater vrij. Dit water moet in de meeste gevallen worden geloosd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen twee stromen:

- grondwater dat vrijkomt bij het boren van de gaten in de bodem voor de aanleg van bodemenergiesystemen (zowel open als gesloten systemen);
- grondwater dat vrijkomt bij het onderhouden en eventueel herontwikkelen van open bodemenergiesystemen.

Vanwege de specifieke kenmerken van deze afvalwaterstromen geldt er een voorkeursvolgorde voor de lozingsroute. Lokale omstandigheden kunnen aanleiding zijn af te wijken van deze volgorde.

Bij gesloten bodemenergiesystemen ontstaat in de gebruiksfase van het systeem geen afvalwater. Vooral het spoelwater dat ontstaat bij het herontwikkelen en het onderhoud van de open bodemenergiesystemen vraagt om aandacht. Dat zijn omvangrijke stromen van gebiedseigen grondwater. Bij een adequaat beheer worden daar geen stoffen aan toegevoegd.

In beginsel is grondwater schoon, waardoor de kwaliteit geen belemmering vormt voor de lozing op het oppervlaktewater. Veel open bodemenergiesystemen bevinden zich echter in brak of zout grondwater of in door menselijke activiteiten in het verleden verontreinigd grondwater. Dit kan wel een belemmering vormen voor de lozing. De omvang van de lozing is in het algemeen echter de grootste belemmering voor het vinden van een geschikte lozingsroute.

Voor het lozen van water gelden verschillende regels. Welke regels van toepassing zijn hangt af van de waterkwaliteit en waar het water op wordt geloosd. Dit staat omschreven in figuur 24. Met name in gebiedenwaar het grondwater zout of brak is, is het lozen een belangrijk aandachtspunt.

TYPE AFVALWATER	KENMERKEN	VOORKEURSVOLG ORDE LOZING
SPOELWATER DAT VRIJKOMT BIJ DE AANLEG VAN EEN BODEMENERGIESYSTEEM	- Water met bentoniet en additieven - Relatief kleine hoeveelheid - Eénmalig	1. Vuilwaterriool 2. Op de bodem 3. Overige routes
SPOELWATER DAT VRIJKOMT BIJ HET ONTWIKKELEN EN ONDERHOUD VAN EEN OPEN BODEMENERGIESYSTEEM	- Grondwater, zoals lokaal aanwezig - Grote hoeveelheden 0,5% van jaarvolume - Herhaaldelijk in de gebruiksfase	1. In de bodem 2. Oppervlaktewater 3. Schoonwaterriool 4. Vuilwaterriool 5. Externe verwerker

FIGUUR 24 LOZEN

5.1.10 BUITENGEBRUIKSTELLING

Om beschadigingen aan waterscheidende lagen te voorkomen mag de ondergrondse infrastructuur van bronnen niet worden verwijderd na buiten buitengebruikstelling van het systeem. Open bronnen moeten worden afgevuld met een waterondoorlatend materiaal. Bij gesloten bronnen moet het circulatiemedium worden verwijderd en vervangen door water. Bij de buitengebruikstelling wordt geen herstel van de energiebalans in de bodem geëist.

5.1.11 INTERFERENTIE

De thermische beïnvloeding van (vooral open) bodemenergiesystemen strekt zich vaak uit buiten de perceelgrens van het betreffende gebouw. Als warme en/of koude zones van verschillende gebouwen elkaar gaan overlappen, dan is sprake van wederzijdse beïnvloeding (interferentie). Er kan sprake zijn van positieve interferentie of negatieve interferentie. Of er risico is op interferentie wordt getoetst in de Waterwetvergunning. De basisbescherming houdt in dat bodemenergiesystemen geen negatieve invloed mogen hebben op bestaande systemen.

Is er sprake van bodemenergiesystemen die niet vergund of gemeld zijn en dus niet bekend zijn bij het bevoegd gezag? Dan wordt sterk aangeraden om dit alsnog te regelen Systemen die niet bekend zijn, kunnen ook niet worden beschermd tegen interferentie. In de wet zijn geen voorzieningen getroffen voor eventuele conflicten die voortkomen uit interferentieproblemen bij systemen die (nog) niet zijn geregistreerd. Systemen die wel zijn geregistreerd zijn beschermd tegen negatieve interferentie van nieuwkomers. Initiatiefnemer van een nieuw systeem moet zich goed informeren over andere belangen (en dus ook andere bodemenergiesystemen. Ook niet-geregistreerde systemen genieten vanuit het algemene bestuursrecht bescherming.

In gebieden waar veel (grote) gebouwen met bodemenergie dichtbij elkaar staan is grote kans op interferentie. Gemeenten en provincies kunnen dergelijke gebieden aanwijzen als interferentiegebied. In dergelijke gebieden gelden strengere regels en moet bij het ontwerp afstemming plaatsvinden tussen de verschillende systemen. Dergelijke afstemming moet leiden tot beleidsregels, een masterplan voor bodemenergie of een ondergronds bestemmingsplan voor het betreffende gebied. Afstemming kan tot één of meer van de volgende voordelen leiden: doelmatiger gebruik van de bodem door ordening, optimalisatie door onderlinge uitwisseling van warmte en koude overschotten, optimale inpassing toekomstige systemen, combineren tot collectieve systemen, betere regie en eerlijke verdeling van de beschikbare ondergrondse ruimte.

Omdat bij aanwijzing van een interferentiegebied de bevoegdheden van Gedeputeerde Staten en Burgemeester & Wethouders in elkaar overlopen moet de totstandkoming van beleidsregels of een masterplan in nauw overleg plaatsvinden. Hiervoor is door SKB het document 'Handreiking Masterplannen' opgesteld.

5.2 WAT MOET JE DOEN OM EEN BODEMENERGIESYSTEEM AAN TE MOGEN LEGGEN?

Het is in Nederland niet toegestaan om zonder toestemming diepe gaten te boren, voorzieningen in de bodem te brengen en/of grondwater te onttrekken en te infiltreren. In deze paragraaf is uiteengezet welke handelingen moeten worden verricht om een bodemenergiesysteem op een legale wijze aan te leggen en te exploiteren. Ook zijn deze handelingen in een stroomschema (zie pag. 68) weergegeven.

5.2.1 MELDEN

De installatie van een klein open of gesloten bodemenergiesysteem moet worden gemeld bij de betreffende provincie, gemeente of RUD. De definitie van 'klein' is kleiner dan 10 m^3/uur voor open systemen en kleiner dan 70 kW voor gesloten systemen. Naast de vermelding van algemene gegevens en kenmerken van het systeem moet worden aangetoond dat het systeem geen nadelige effecten heeft op andere bodemenergiesystemen. Verder moet worden voldaan aan de zorgplicht door te informeren of omliggende panden een bodemenergiesysteem hebben.

Voor gesloten systemen kunnen met behulp van bijlage 2 van de 'BUM BE gemeentelijke taken' de effecten op andere systemen inzichtelijk gemaakt worden. Voor open systemen geldt bijlage 4 van de 'BUM BE provinciale taken' als leidraad.

5.2.2 MILIEUTOETS OMGEVINGSVERGUNNING

Grote gesloten bodemenergiesystemen (groter dan 70 kW) moeten in het kader van de omgevingsvergunning een beperkte milieutoets (OBM) uitvoeren. Bij deze toets moet naast algemene gegevens en kenmerken op basis van berekeningen, worden aangetoond dat er geen negatieve effecten optreden voor andere bodemenergiesystemen.

5.2.3 VERGUNNING WATERWET

Voor het onttrekken van grondwater voor een open systeem dient een Waterwet vergunning te worden aangevraagd. Hiervoor bestaan twee verschillende procedures, de normale en de verkorte/lichtere procedure voor de middelgrote systemen. De proceduretijd voor de Waterwet vergunning bedraagt in de normale situatie 6 maanden en in de verkorte situatie 8 weken. Bij de vergunningaanvraag dient, naast algemene kenmerken en gegevens, een studie naar de effecten van het bodemenergiesysteem op de omgeving te worden uitgevoerd. In een effectenstudie worden onder meer de hydrologische en thermische effecten van het bodemenergiesysteem op de omgevingsbelangen (waaronder andere bodemenergiesystemen) beschreven. Voor middelgrote systemen zijn de effecten in de meeste gevallen inzichtelijk te maken met behulp van de uitleesgrafieken in bijlage 4 van de 'BUM BE provinciale taken'. Bij grotere systemen moeten de effecten op basis van berekeningen inzichtelijk worden gemaakt.

5.2.4 MILIEUEFFECTRAPPORTAGE

Een milieueffectrapportage (m.e.r.) is een procedure die de informatie levert die nodig is om het milieubelang volwaardig mee te wegen bij activiteiten met grote milieugevolgen. De milieueffectrapportage is geregeld in de Wet milieubeheer en het Besluit milieueffectrapportage. De m.e.r. kan van belang zijn bij de aanvraag van een vergunning Waterwet voor een open systeem. Het bevoegd gezag in het kader van de Waterwet is de provincie.

Onderscheid moet worden gemaakt tussen de m.e.r.-plicht, de formele m.e.r.-beoordelingsplicht en de vormvrije m.e.r.-beoordelingsplicht.

- Een onttrekking van meer dan 10 miljoen m^3/jaar is m.e.r.-plichtig. Voor de m.e.r.-procedure, inclusief aanvraag vergunning Waterwet, dient een periode te worden aangehouden van circa anderhalf jaar. Uit praktijkervaring is gebleken dat bij diverse grootschalige projecten voor open systemen, de m.e.r.-procedure positief is afgerond. Met andere woorden: in alle gevallen kon de vergunning Waterwet verleend worden omdat de effecten van het open systeem op de omgeving acceptabel waren. Enkele voorbeeldprojecten waar een m.e.r-procedure is uitgevoerd zijn: glastuinbouwgebied Agriport A7 in Middenmeer, Stationsgebied Utrecht en TU Eindhoven.
- Een onttrekking van meer dan 1,5 en minder dan 10 miljoen m^3 per jaar is formeel m.e.r.-beoordelingsplichtig. Hierbij moet het bevoegd gezag beoordelen of er wel of geen m.e.r.-plicht bestaat. De effecten van het energieopslagsysteem worden gekwantificeerd op basis waarvan de Provincie besluit of het systeem wel of niet m.e.r.-plichtig is. De proceduretijd van de m.e.r.-beoordeling is circa 6 weken.
- Indien de onttrekking kleiner is dan 1,5 miljoen m^3 per jaar moet een vormvrije m.e.r.-beoordeling gedaan worden. Deze beoordeling vindt plaats tijdens de procedure voor de vergunning Waterwet.

5.2.5 BODEMENERGIE MASTERPLAN

Gebieden waarvoor een tekort aan ruimte in de bodem wordt verwacht voor bodemenergie, kunnen door de gemeente of provincie worden aangewezen als interferentiegebied. In een dergelijk gebied moeten bodemenergie en andere ondergrondse functies worden geordend. Dit zorgt voor optimaal gebruik van de bodem. De ordening wordt veelal vormgegeven in een masterplan. Het inzetten van een masterplan geeft de mogelijkheid te reguleren (waar mag wel/niet bodemenergie worden toegepast) en te stimuleren (vergunningaanvraag kan eventueel vereenvoudigd worden). In de Handreiking Masterplannen bodemenergie staat uitgeschreven wat redenen kunnen zijn om een masterplan op te stellen.

Een masterplan voor bodemenergiesystemen komt tot stand door rekening te houden met de voornaamste randvoorwaarden van ontwikkelingen op korte en lange termijn. Afhankelijk van hoe concreet plannen zijn, kan het masterplan concreet of op hoofdlijnen worden ingevuld. De rode draad van een masterplan is vaak een bepaalde ordening van de ondergrond waarbij kansen voor combinaties van functies worden benut en negatieve interactie tussen verschillende gebruikers wordt geminimaliseerd. Het bodemenergie masterplan is via het wijzigingsbesluit bodemenergie verankerd in de Waterwet. Gemeenten en provincies stellen het masterplan vast via beleidsregels. In opdracht van SKB is een handreiking masterplannen gemaakt. Deze handreiking is op soilpedia beschikbaar voor iedereen die een masterplan gaat opstellen.

5.3 UNIFORMERING VAN REGELGEVING IN DE HUM EN BUM

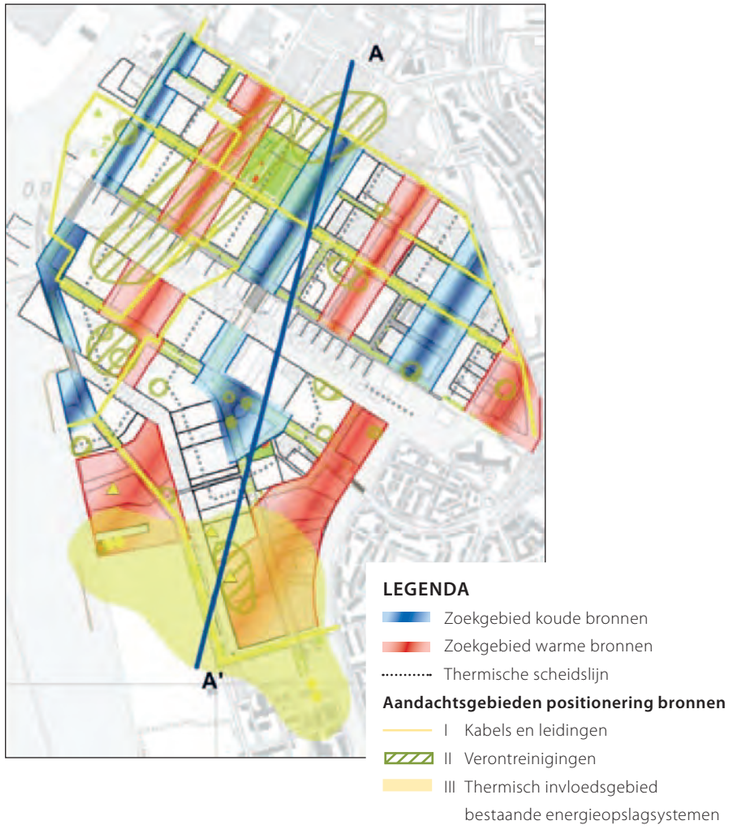
In Nederland bestaan 12 provincies en enkele honderden gemeentes. Om versnippering van beleid en werkwijze te voorkomen zijn de hierboven geschetste wettelijke kaders verwerkt in 4 handreikingen die de uitvoering van het beleid moeten uniformeren: de besluitvormings- en de handhavingsuitvoeringsmethoden voor zowel provinciale als gemeentelijke taken.

De Beoordelings Uitvoering Methode (BUM) heeft tot doel de uniformiteit van beoordeling en vergunningverlening te bevorderen. Er zijn 2 BUM's voor bodemenergie; één voor provinciale taken (BUM BE deel 1) en één voor gemeentelijke taken (BUM BE deel 2).

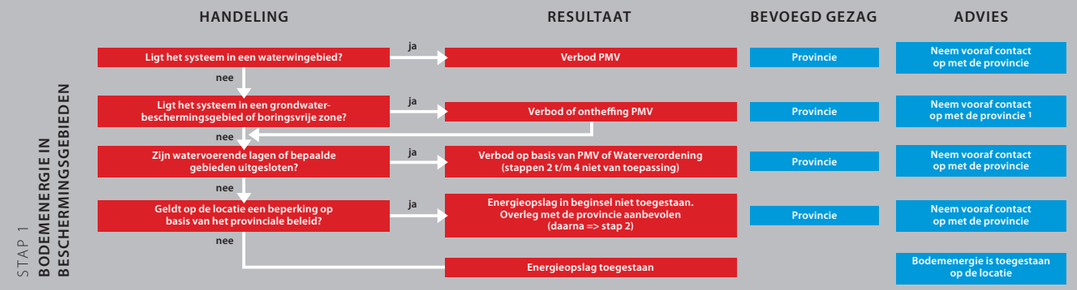
De Handhavings Uitvoerings Methode (HUM) is een richtlijn voor het omgaan met meldingen, het houden van toezicht en het zo nodig handhavend optreden. Het betreft zowel vergunningen als algemene regels (ook het Besluit lozingen buiten inrichtingen en het Activiteitenbesluit). Net als bij een BUM is het doel het harmoniseren van de taakuitvoering. Dit door het bieden van overzicht (kennisdocument) en door het waar gewenst geven van advies over het hanteren van de eigen beleidsruimte. Er zijn 2 HUM's voor bodemenergie; één voor provinciale taken (HUM BE deel 1) en één voor gemeentelijke taken (HUM BE deel 2). Gemeenten en provincies mogen afwijken van de methoden beschreven in de HUM en BUM.

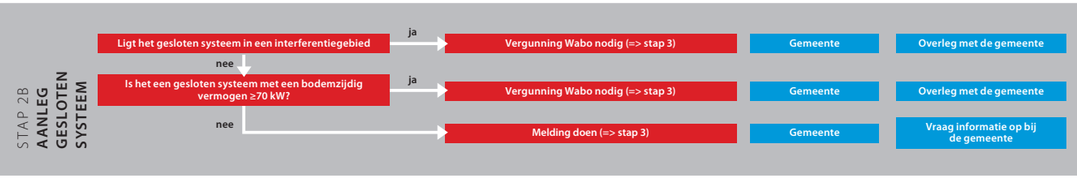
Een groot deel van de provinciale en gemeentelijke taken worden uitgevoerd door zogenaamde Regionale Uitvoeringsdiensten (RUD's). Zoals al eerder aangegeven grijpen bevoegdheden van gemeenten en provincies in sommige gevallen in elkaar. Dit geldt ook op andere vlakken dan bodemenergie. Bij de RUD's worden bevoegdheden van provincies, waterschappen en gemeentes neergelegd, om de kwaliteit van vergunningverlening, toezicht en handhaving op het gebied van milieu, bouwen en ruimtelijke ordening te verbeteren. Omdat bevoegde gezagen kiezen welke taken ze zelf uitvoeren en welke ze door RUD's laten doen, verschilt het per regio welke instantie vergunningen verleent of handhaaft.

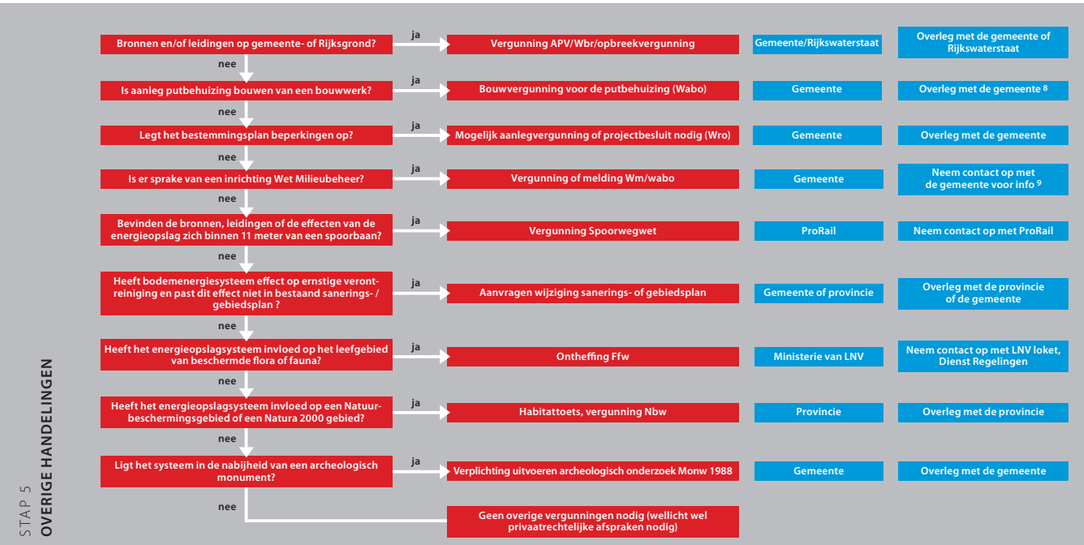
FIGUUR 25 VOORBEELD VAN EEN MASTERPLANKAART (MASTERPAN BUIKSLOTERHAM AMSTERDAM)



STROOMSCHEMA VERGUNNINGEN BODEMENERGIE







OPMERKINGEN

1 In vrijwel alle provincies is het boren of de toepassing van energieopslag in grondwaterbeschermingsgebieden en boringsvrije zones niet toegestaan.
2 Per provincie zijn verschillen met betrekking tot de grenzen van de meldings-, registratie- en vergunningsplicht. De vraag bij vormvrije MER-beoordeling is: Kunnen belangrijke nadelige milieueffecten worden uitgesloten?
1 & 2 Neem altijd contact op met de betreffende provincie om de geldende regelgeving en het beleid te verifiëren.
3 De proceduretijd van de vergunning Waterwet bedraagt 6 maanden. Aan de vergunning zijn voorschriften verbonden (bijvoorbeeld een energiebalans). De meeste provincies vragen eenmalig een legesbedrag om de vergunning in behandeling te nemen. De vraag bij vormvrije MER-beoordeling is: Kunnen belangrijke nadelige milieueffecten worden uitgesloten?
4 Bij de MER-beoordeling bepaalt de provincie of een MER noodzakelijk is. De extra proceduretijd bedraagt circa 6 weken (totaal 9 maanden). De vraag bij formele MER-beoordeling is: Is sprake van een activiteit met dusdanig belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu dat een MER moet worden gemaakt?
5 De extra proceduretijd om een MER-procedure te doorlopen bedraagt enkele maanden (totaal ruim een jaar).
6 Aan de vergunning Wvo kunnen voorschriften worden verbonden.
7 Soms verwijst de gemeente de aanvrager door naar het waterschap/hoogheemraadschap. Aan de vergunning kunnen voorschriften worden verbonden.
8 Een aantal gemeenten eist een bouwvergunning voor de putbehuizing(en) van het energieopslagsysteem.
9 Inrichting Wm: een bedrijfsmatige activiteit (= winstoogmerk), die continue draait, zich bevindt binnen aangewezen perceelsgrenzen, en is opgenomen in het Besluit omgevingsrecht.

LIJST MET GEBRUIKTE AFKORTINGEN

Apv	Algemene plaatselijke verordening
Ffw	Flora en faunawet
Wtw	Waterwet
Ivb	Inrichtingen-en vergunningenbesluit Wm
MER	Milieueffectrapportage
Nbw	Natuurbeschermingswet
PMV	Provinciale Milieuverordening
Monw 1988	Monumentenwet 1988
Wbb	Wet Bodembescherming
Wbr	Wet beheer Rijkswaterstaatswerken
Wm	Wet Milieubeheer
Wro	Wet ruimtelijke ordening

DE WARMTEWET

Het oorspronkelijke doel van de Warmtewet is het beschermen van consumenten, de kleinverbruikers (verbruik ≤100 kW). De wet beschermt hen door eisen te stellen aan de leverancier en de levering van warmte. Zo hebben leveranciers van warmte een vergunning nodig. Hierop bestaan echter uitzonderingen.

Tijdens de ontwikkeling van de wet bleek dat warmteleveranciers geen overdreven winsten halen. Toen kreeg de Warmtewet een tweede doel: zorgen dat exploitanten van een warmtenet op een redelijk rendement kunnen rekenen waardoor zij bereid zijn om te investeren in duurzame energielevering.

Een belangrijk instrument van de Warmtewet is de regulering van de prijzen. Hiervoor geldt het Niet Meer dan Anders (NMDA-) principe. Dit betekent dat een afnemer niet meer voor zijn warmte betaalt dan iemand die met gas zou verwarmen. Aanleg van een warmtenet, aansluiting op een warmtenet en distributie door een warmtenet worden niet gereguleerd in de Warmtewet.

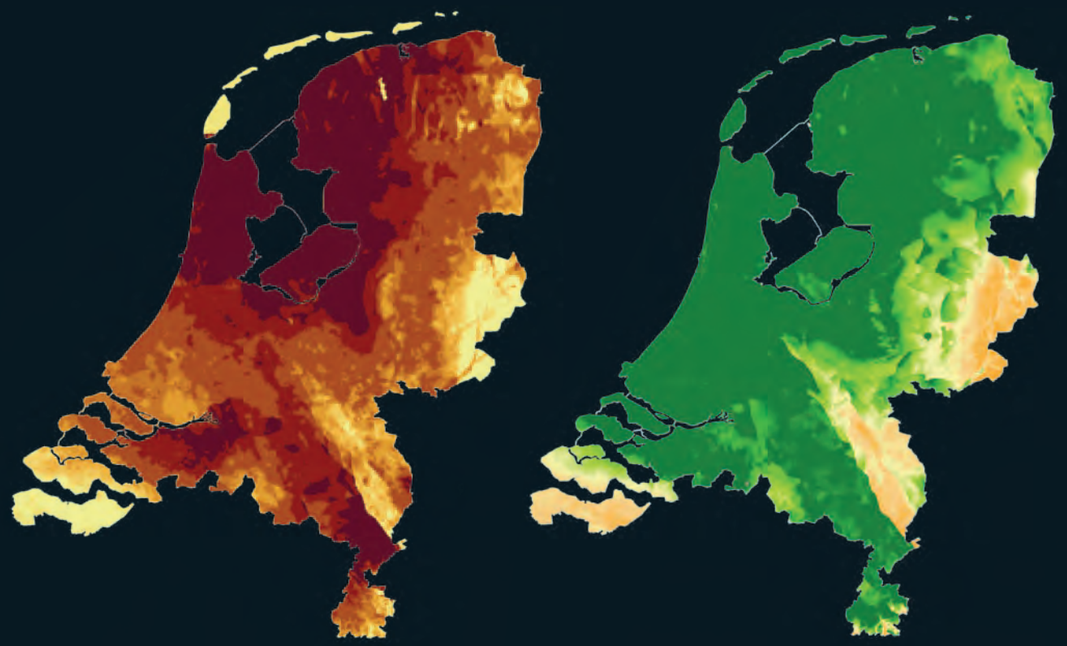
Het bevoegd gezag voor de Warmtewet is het ministerie van Economische Zaken Landbouw en Innovatie. De NMa is verantwoordelijk voor het vaststellen van de jaarlijkse tarieven. De Warmtewet is per 1 juli 2013 van kracht.

ENERGIEBALANS

Gebouwen hebben nooit precies evenveel warmte als koude nodig. Daarom is het vaak nodig om de energiebalans te herstellen. Dat gebeurt meestal door extra warmte dan wel koude op te slaan (zie hoofdstuk 3), maar kan ook worden ingevuld door minder koude dan wel warmte te leveren met het bodemenergiesysteem (bijvoorbeeld door een deel van de warmtevraag te dekken met HR-ketels). Bij bodemenergiesystemen voor utiliteit moet vaak extra koude worden opgeslagen in de bodem gedurende de winter. Bij systemen voor woningen bestaat vooral vraag naar warmte en wordt vaak extra warmte ingevangen in de zomer.

Structurele opwarming of afkoeling van de bodem is niet wenselijk. Op den duur komt het overschot aan warmte of koude namelijk bij de andere bron (open systeem) of zakt de bodemtemperatuur in de winter te ver terug (bij gesloten systemen). Vanuit het oogpunt van grondwaterkwaliteit is het onwenselijk om de bodem structureel op te warmen, enige afkoeling wordt als minder schadelijk aangemerkt. Omdat de bodem een grote buffercapaciteit heeft, kan een beperkte onbalans geen kwaad voor het energetisch functioneren van het systeem. Hoe groot de onbalans kan worden verschilt van systeem tot systeem en is ook afhankelijk van de lokale omstandigheden (bijv. de snelheid van de grondwaterstroming).

Het extra invangen van warmte of koude voor het realiseren van energiebalans kost ook energie. Het doel van bodemenergiesystemen is om energie te besparen. De eis van een energiebalans kan tot gevolg hebben dat de energiebesparing afneemt.



FIGUUR 26 BODEMGESCHIKTHEID OPEN EN GESLOTEN SYSTEMEN

UITDAGINGEN VOOR DE TOEKOMST

6

Dit cahier beschrijft wat er allemaal komt kijken bij het ontwerpen, aanleggen en beheren van bodemenergiesystemen. Bodemenergie is gegroeid van een innovatieve techniek in de jaren 90 tot gemeengoed 20 jaar later. Het aantal systemen is in 20 jaar tijd enorm snel gegroeid en dat ging gepaard met de nodige groeistuipen.

Dit cahier heeft de meeste en de meest belangrijke valkuilen en aandachtspunten behandeld en vormt daarmee een goede introductie van en naslagwerk over de techniek en al haar facetten.
Of de potentiële besparingen in de toekomst worden behaald is afhankelijk van ons: gebruikers, ontwerpers, aannemers en wetgevers van bodemenergiesystemen. In dit laatste hoofdstuk worden de drie belangrijkste uitdagingen voor het succesvol toepassen van bodemenergiesystemen over het voetlicht gebracht.

TRIAS GEOTHERMICA

Voor het verduurzamen van de energievoorziening is de 'trias energetica' een bekend begrip. Voor het succesvol toepassen van bodemenergie als duurzame techniek zijn ook drie punten die met goed gevolg worden uitgevoerd, de trias geothermica:
ROBUUST ONTWERP: Onzekerheden over de warmte- en koudevraag van het gebouw moeten kunnen worden opgevangen door een robuust ontwerp. Het klimaat, de energievraag en de gebouweigenschappen kunnen allemaal veranderen gedurende de levensduur van het gebouw. Om het bodemenergiesysteem toekomstbestendig te maken is het van belang om rekening te houden met verschillende scenario's voor energievraag en brontemperatuur. Kies voor standaard componenten en uniforme hydraulische koppelingen die een hoge bedrijfszekerheid hebben.
CORRECTE AANLEG: Omdat bodemenergiesystemen tot op grote diepte worden aangelegd is het van belang om de bronnen zo goed mogelijk aan te leggen om problemen in de gebruiksfase te voorkomen. De erkenningen die gelden voor aannemers zorgen bij dit punt voor de noodzakelijke waarborging van de kwaliteit.
GOED BEHEER: In de gebruiksfase moeten de besparingen worden gerealiseerd. Al is het systeem nog zo goed ontworpen en aangelegd, als er in de gebruiksfase geen aandacht wordt geschonken aan energieprestaties en voorraadbeheer vallen de besparingen altijd tegen. Hierbij kan ook wetgeving een rol spelen, er wordt namelijk steeds meer gepleit voor controle op de ontworpen energetische prestaties.

Als het is gelukt om de drie bovenstaande punten keer op keer goed toe te passen in projecten dan plukken u en Nederland daar de vruchten van. We hebben dan gebouwen met een duurzaam koeling- en verwarmingssysteem dat geld bespaart en een comfortabel klimaat biedt om in te recreëren en te werken. Dat maakt bodemenergie voor elk gebouw warm aanbevolen!

COLOFON

AUTEURS

Martin Bloemendal	Tauw bv
Hetty Mathijssen	IF Technology

LEZERSGROEP

Ronald Cornelisse	Gemeente Tilburg
Gonnie Apeldoorn-van Pamelen	Geofox-Lexmond
Albert de Vries	Gemeente Utrecht
Bart van der Mark	Arcadis
Jan Pals	SBNS
Rob Haenen	Envita Nijmegen B.V.

TEKSTVERWERKING

Manon Snelder	Snelder Communicatie

ONTWERP Van Lint in vorm, Zierikzee

DRUK Grafia, Pijnacker

Mei 2013

AANLEG GESLOTEN SYSTEMEN

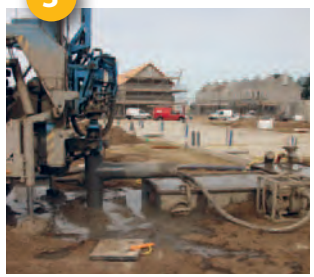
1

In een nieuwe woonwijk worden bodemlussen aangelegd

2

Met een spoelboring wordt een gat in de bodem gemaakt

3

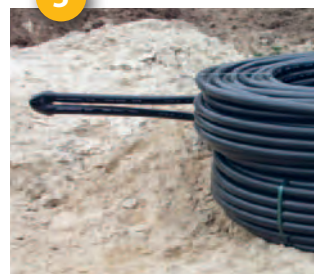


In de spoelvijver bezinkt het opgeboorde materiaal

4

Er worden bodemmonsters genomen om de bodemopbouw te beschrijven

5



Een U-lus

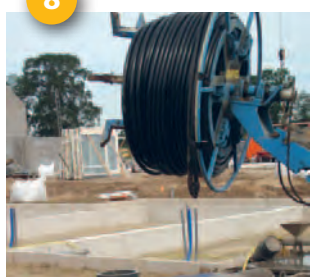
6

De lus is wel 130 meter lang

7

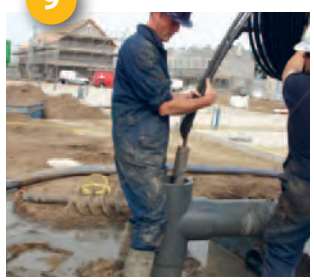
Aan de onderkant van de lus wordt een gewicht gehangen, zodat de lus naar beneden gaat

8



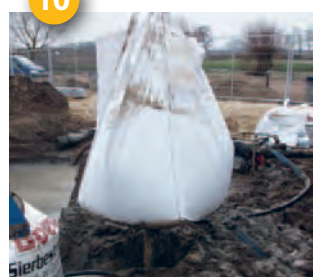
De lus wordt vanaf de haspel...

9



...in het boorgat geduwd

10



Het boorgat wordt aangevuld met grind en klei

11

Mikoliet (klei) voor het afdichten van kleilagen en grindzakken

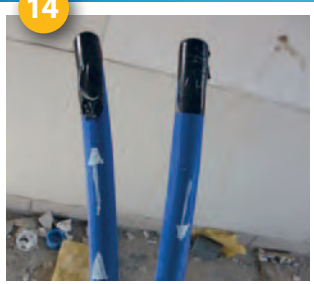
12

De lus wordt getest op geleiding (thermo responstest)

13

Elke woning heeft zijn eigen lus

14



De lus komt de woning binnen via de fundering

15

De vloer van de woningen wordt aangelegd

16

De woonwijk wordt verder afgebouwd

17

De warmtepomp staat in een trapkast van de woning...

18

...of in de technische ruimte van een appartenmenten-complex. De geplaatste lus wordt hierop aangesloten.

skb
duurzame
ontwikkeling
ondergrond

Groningenweg 10
Postbus 420
2800 AK Gouda
Tel. (0182) 54 06 90
Fax (0182) 54 06 91
programmabureau@skbodem.nl
www.skbodem.nl

Met de ondergrond verbonden

skb
duurzame
ontwikkeling
ondergrond

ERRATA

1 (PAGINA 47)

BEREKENING AFSTAND TUSSEN BRONNEN

$$R_{th} = \sqrt{\frac{c_w Q}{c_a \pi H}} \qquad L = 3R_{th}$$

c_w = warmtecapaciteit van water [J/(m³ K)]
c_a = warmtecapaciteit van het watervoerende pakket [J/(m³ K)]
Q = onttrokken hoeveelheid water per bron per seizoen [m³]
L = afstand tussen de putten [m]
R_{th} = thermische straal van de opslag [m]

2 (PAGINA 61)

In par. 5.1.8 staat vermeld dat op 1 juli 2013 alle certificeringen/erkenningen bodemenergie wettelijk verplicht zijn. Dat is niet zo. De normdocumenten BRL11000 en KBI 6000-21 worden pas op 1 oktober 2013 in de Regeling bodemkwaliteit opgenomen. Vervolgens geldt 1 jaar overgangsrecht, dus pas op 1 oktober 2014 volledige wettelijke verplichting.

Grondboringen onder BRL2100 vallen inmiddels al wel volledig onder de certificerings/erkenningsplicht.