

Aan  
De Staatssecretaris van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer  
Postbus 30945  
2500 GX Den Haag

TCB S13(2004)

Den Haag, 15 maart 2004

Betreft: Advies inzake concept beleidsaanbevelingen project 'Bodem als Energiebron en -Buffer'

Mijnheer de Staatssecretaris,

In uw brief (kenmerk BWL/ 2003087275) d.d. 29 september 2003 (bijgevoegd als bijlage 1) vraagt u, mede namens het ministerie van Economische Zaken en het Interprovinciaal Overleg (IPO), de Technische commissie bodembescherming om advies inzake de concept beleidsaanbevelingen<sup>1</sup> die zijn opgesteld in het kader van het project Bodem als Energiebron en -Buffer. Dit project had als doel concept beleidsaanbevelingen te formuleren voor het beschermen van de bodem bij grootschalige toepassing van bodemenergiesystemen in de gebouwde omgeving, het creëren van bestuurlijk draagvlak en acceptatie bij de markt daarvoor. Ook de IPO-Vakgroep Bodembescherming heeft beleidsaanbevelingen voor het BEB-project<sup>2</sup> geformuleerd. Deze aanbevelingen heeft de commissie meegenomen in haar advies.

In deze brief komen na een algemene inleiding, een beknopte beschrijving van de systemen en hun mogelijke effecten op de bodem, de bevindingen van de commissie aan de orde. Tot slot, wordt voor zover nog nodig, ingegaan op de beleidsaanbevelingen en de specifieke vragen bij de adviesaanvraag.

## INLEIDING

De mondiale welvaartsgroei uit zich in een toenemend energiegebruik. Bij ongewijzigd beleid neemt het gebruik van fossiele brandstoffen de komende decennia toe. Deze ontwikkeling is ongewenst, aangezien de voorraad fossiele brandstof eindig is en de uitstoot van CO<sub>2</sub> toeneemt. De toename van de concentratie aan CO<sub>2</sub> (en andere broeikasgassen) in de atmosfeer leidt tot klimaatveranderingen. Die bedreigen de veiligheid en gezondheid van mensen, alsmede de stabiliteit, diversiteit en het voortbestaan van natuurlijke ecosystemen<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Concept Beleidsaanbevelingen in het kader van het door Novem uitgevoerde Project 'Bodem als Energiebron- en Buffer', 17 september 2003.

<sup>2</sup> BEB = NOVEM project 'Bodem als Energiebron- en Buffer'.

<sup>3</sup> Vierde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP4), 13 juni 2001.

Om klimaatveranderingen binnen aanvaardbare grenzen te houden, is mondiaal als doel gesteld om in 2030 tot een wereldwijde reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot te komen die 40 tot 60% bedraagt van de uitstoot in het referentiejaar 1990. In dit kader is de doelstelling specifiek voor Nederland om in 2030 tot een CO<sub>2</sub>-reductie van 30% ten opzichte van 1990 te komen, wat een reductie van 120 Mton CO<sub>2</sub> betekent<sup>3</sup>. Van deze totale Nederlandse reductie zal 40 tot 75 Mton CO<sub>2</sub> worden gehaald uit de toename van de inzet van duurzame energie<sup>4</sup>. Deze doelstelling uit het NMP4 (2001) komt bovenop de doelstelling uit de Derde Energienota (1995) waarin wordt gesteld dat in het jaar 2020 10% van de totale landelijke energiebehoefte van 270 PëtaJoule<sup>5</sup> opgewekt dient te worden door alternatieve vormen van energieproductie. Circa 30% van deze duurzame energieproductie moet worden bereikt door het benutten van de bodem voor energieopslag en –winning.

In het kader van de voorgenomen toename van de inzet van duurzame energiebronnen is het Convenant Warmtepompen in de Woningbouw (2000 - 2003) afgesloten. Dit convenant heeft tot doel om vanaf 2004 warmtepompsystemen grootschalig in de woningbouw toe te passen. In 2020 zouden energieopslag- en warmtepompsystemen 8 PëtaJoule aan duurzame energie moeten leveren.

## SYSTEMEN VOOR KOUDE- EN WARMTEOPSLAG IN DE BODEM

De Nederlandse bodem heeft een relatief constante temperatuur van 10 à 12 °C. De bodem temperatuur kan door middel van een warmtewisselaar en eventueel een warmtepomp worden benut om gebouwen in de zomer te koelen of in de winter te verwarmen of om tapwater te verwarmen. De bodem kan eveneens worden benut om er koude of warmte in op te slaan, en deze op een ander moment weer te gebruiken. Ook warmte die middels een andere energiebron is opgewekt, bijvoorbeeld zonne-energie, kan in de bodem worden opgeslagen. Warmtewisseling en energieopslag kan worden gezien als een functie van de bodem.

Er zijn in Nederland twee systemen om opslag in en winning van koude en warmte uit de bodem te benutten. Zogenaamde open- of grondwatersystemen gebruiken water uit aquifers dat via een beperkt aantal buizen wordt onttrokken en geïnfiltrerd. Het onttrokken water wordt via een warmtewisselaar en eventueel een warmtepomp geleid om daarna weer in de bodem te worden geïnfiltrerd. Het onttrekken en infiltreren gebeurt op enkele tientallen tot ruim honderd meter diepte, afhankelijk van waar zich een geschikt watervoerend pakket bevindt.

Gesloten- of warmtepompsystemen maken gebruik van water, vaak met een antivries erin opgelost, dat wordt rondgepompt door een gesloten systeem in de bodem. Het systeem bestaat uit U-vormige buizen van polyethyleen, zogenaamde collectoren, die in een verticaal boorgat worden geplaatst. De collectoren kunnen tot een diepte van tientallen tot meer dan honderd meter reiken. De collectoren zijn onderling verbonden door horizontaal in de bodem aanwezige zogenaamde grondleidingen, die zich in de bovenste meter van de bodem bevinden. De grondleidingen zijn aan een warmtewisselaar en eventueel een warmtepomp gekoppeld.

---

<sup>4</sup> Onder duurzame energie wordt verstaan energie afkomstig van zon, wind, biomassa, getijdenstromen en aardwarmte of van een combinatie van deze bronnen van hernieuwbare energie.

<sup>5</sup> PëtaJoule = 1 x 10<sup>15</sup> joule.

Open systemen hebben een vermogen van enkele honderden tot duizenden kW en zijn geschikt voor het koelen en/ of verwarmen van bijvoorbeeld woonwijken, flats, ziekenhuizen, kantoorpanden, universiteiten en winkelcentra. Gesloten systemen hebben een vermogen van enkele tientallen tot honderden kW en zijn geschikt voor het koelen en/ of verwarmen van individuele woningen of kleinere kantoorpanden. Per woning worden circa drie collectoren in de bodem aangebracht. In bijlage 2 wordt verder ingegaan op de technische specificaties en het functioneren van de open en gesloten systemen.

Bij open systemen wordt rechtstreeks grondwater uit het watervoerend pakket gepompt gedurende een periode langer dan 4 maanden achtereen. Hiervoor dient er een provinciale vergunning in het kader van de Grondwaterwet te worden aangevraagd. In de vergunning komen onder andere de volgende aspecten aan de orde: hoeveelheid te onttrekken en infiltreren grondwater, hydrologische effecten, zettingen, beïnvloeding temperatuur grondwater, verzilting, balans van energie toe- en afvoer van de bodem, effecten op aanwezige bodemverontreiniging en effecten op gevoelig terreingebruik. Voor de aanleg van gesloten systemen is thans geen vergunning nodig.

De voordelen van het benutten van de bodem om energie op te slaan en te winnen zijn evident en hebben betrekking op de duurzaamheid van de energiebron en de eenvoud van de systemen zelf. De systemen bevatten relatief weinig mechanische onderdelen en behoeven, wanneer ze eenmaal goed zijn ingesteld, weinig onderhoud.

Overigens kunnen gereduceerde verbindingen in de bodem in de toekomst ook worden benut als bron van energie. Hierbij kan door middel van microbiële brandstofcellen de energie die aanwezig is in de vorm van biologisch afbreekbare koolstofbronnen of sulfiden worden gewonnen en omgezet tot elektriciteit. Deze nieuwe techniek is met name in de Verenigde Staten al op kleine schaal in staat om het enorme energiepotentieel van mariene sedimenten te benutten. Verwacht wordt dat op korte en middellange termijn aanzienlijke hoeveelheden energie gewonnen zullen worden uit het sediment voor allerlei toepassingen. Deze techniek kan leiden tot oxidatie van de ondergrond, hetgeen door de commissie als zeer ingrijpend wordt beschouwd.

## MOGELIJKE EFFECTEN OP DE BODEM TEN GEVOLGE VAN KOUDE- EN WARMTEOPSLAG

Het toepassen van systemen voor koude- en warmteopslag in de bodem heeft naast overwegend positieve effecten voor het milieu, ook negatieve effecten specifiek op de bodem. Hierna wordt een overzicht gegeven van de effecten op de bodem die mogelijk kunnen optreden. Hierbij zijn de volgende hoofdeffecten onderscheiden:

- het doorboren van bodemlagen;
- temperatuurveranderingen in de bodem;
- wijziging van grondwaterstanden, -stijghoogten<sup>6</sup> en -stromingsrichtingen;
- het in de bodem brengen van bodemvreemde stoffen.

De overige effecten zijn hiervan af te leiden. In bijlage 2 is een meer gedetailleerde opsomming van de effecten opgenomen, waarbij ook onderscheid is gemaakt tussen situaties waarbij de aangelegde systemen al dan niet goed functioneren.

## **Doorboren van bodemlagen**

Het doorboren van bodemlagen leidt per definitie tot verstoring van de bodem. Als secundaire effecten van het doorboren van bodemlagen kunnen worden gezien: het verstoren van aardkundige waarden (archeologisch, paleontologisch, geo(hydro)logisch en/ of bodemkundig). Deze effecten treden altijd op ter plaatse van de uitgevoerde boringen ten behoeve van de aanleg van systemen en zijn irreversibel. De uiteindelijke schade hangt af van de aanwezige aardkundige waarden.

Bij het uitvoeren van boringen ontstaan gaten in de aanwezige scheidende lagen tussen de watervoerende pakketten. Indien boormethoden worden gebruikt waarbij de aanwezige bodemlagen niet goed van elkaar kunnen worden onderscheiden en/ of scheidende lagen niet goed worden afgedicht of gaan lekken, bestaat de mogelijkheid dat er kortsluitstroming ontstaat tussen de watervoerende pakketten. Hierdoor wordt systeemvreemd grondwater in een watervoerend pakket geïntroduceerd. Dit houdt bijvoorbeeld in dat zuurstofrijker grondwater in zuurstofarmer grondwater terecht kan komen, zoet water kan verzilten, zout water kan verzoeten en grondwaterverontreiniging zich kan verspreiden.

Deze effecten treden niet op als de juiste boor- en afwerkingsmethode wordt toegepast. Het is mogelijk om de schade aan de scheidende lagen direct te herstellen waardoor de introductie van systeemvreemd water teniet wordt gedaan. Indien ter plaatse van een boring schade is aangericht en niet wordt hersteld, kan het effect van de schade aanzienlijk zijn, zij het op lokale schaal. Indien niet of slecht afdichten veelvuldig binnen een gebied voorkomt, kan dit leiden tot effecten op een meer regionale schaal.

Door de introductie van systeemvreemd grondwater kan het ecosysteem dat in het grondwater aanwezig is, worden beïnvloed. De mogelijke effecten hiervan op het ecosysteem kunnen alleen ter plaatse worden vastgesteld.

## **Temperatuurveranderingen in de bodem**

Ten gevolge van het infiltreren van water in de aquifer dat een warmtewisselaar en eventueel een warmtepomp is gepasseerd en daardoor een hogere of lagere temperatuur heeft dan het oorspronkelijk aanwezige grondwater, wordt de temperatuur van het grondwater in de aquifer beïnvloed. De meeste open systemen in Nederland betreffen zogenaamde laagtemperatuursystemen. Dat wil zeggen dat de temperatuur van het geïnfiltreerde water maar enkele graden hoger of lager is dan de oorspronkelijke grondwatertemperatuur. De invloedssfeer van dergelijk geïnfiltreerd water bedraagt enkele tientallen tot honderden meters. Gesloten systemen beïnvloeden de bodemtemperatuur eveneens, maar de invloedssfeer is beperkt van enkele decimeters tot meters.

Het ecosysteem en de chemische evenwichten in het grondwater worden beïnvloed door de temperatuurwijziging. De effecten op het ecosysteem zijn niet in detail bekend, omdat er nauwelijks studies bekend zijn waarin daadwerkelijk veldmetingen zijn verricht op de grote diepte waarop de systemen aanwezig zijn. De effecten van laagtemperatuursystemen op grondwaterecosystemen worden op basis van theoretische studies als gering ingeschat. De effecten op chemische evenwichten worden eveneens als gering ingeschat, maar kunnen permanent van aard zijn.

---

<sup>6</sup> Stijghoogte = de hoogte tot waar het grondwater opstijgt in een peilbuis die in open verbinding staat met de atmosfeer ten opzichte van een willekeurig referentievlak (plaatshoogte + drukhoogte).

Een enkele keer worden zowel open als gesloten systemen geïnstalleerd waarbij water met hogere temperaturen (30 à 60 of zelfs 90 °C) in de bodem wordt geïnfiltreerd. Deze systemen zullen grotere temperatuurwijzigingen veroorzaken en een grotere invloedssfeer hebben. De effecten op het ecosysteem en verschuiving van chemische evenwichten zullen groter zijn. Ten gevolge van verschuiving van deze evenwichten kunnen geoxideerde metalen zoals ijzer en mangaan reduceren en in oplossing gaan, hetgeen grote consequenties kan hebben. Tevens kunnen er bij het infiltreren van water met een temperatuur van meer dan 40 °C, zettingen optreden in kleilagen. De zettingen in de kleilagen zijn niet reversibel. Ook deze effecten zijn niet in detail bekend.

### **Wijziging van grondwaterstanden, -stijghoogten en –stromingsrichtingen**

In het geval van open systemen wordt grondwater aan de aquifer onttrokken en weer geïnfiltreerd. Dit vindt plaats op grotere diepte (enkele tientallen tot meer dan honderd meter diep). Ten gevolge hiervan kan de stijghoogte, de grondwaterstromingsrichting en -snelheid en mogelijk ook de freatische grondwaterstand worden beïnvloed. Omdat een open systeem uit meerdere bronnen kan bestaan, of er binnen een gebied meerdere open systemen naast elkaar aanwezig kunnen zijn, kunnen de effecten op regionale schaal optreden. Zodra de systemen worden uitgeschakeld, worden de effecten opgeheven. Te grote dalingen van de freatische grondwaterstand kunnen leiden tot zettingen en daarmee tot schade aan gebouwen. Te grote stijging van de freatische grondwaterstand kan er toe leiden dat kelders of kruipruimten vochtig worden. Deze effecten zullen niet veel voorkomen omdat effecten met name dieper in de bodem optreden en freatisch meestal niet of nauwelijks merkbaar zijn. Daling van de stijghoogte in watervoerende pakketten in gebieden met een slappe bodem, zoals klei of veen, kan wel leiden tot zettingen en daardoor tot schade aan bebouwing. Het is mogelijk dat plaatselijk de kwel of infiltratiesituatie wordt beïnvloed. Kwelreductie kan leiden tot aantasting van kwelafhankelijke natuur.

Als de grondwaterstromingsrichting- en/ of snelheid wordt beïnvloed, kan aanwezige grondwaterverontreiniging zich extra verspreiden of zich verspreiden in een richting waarmee geen rekening is gehouden. Dit laatste effect wordt niet direct opgeheven als systemen worden uitgeschakeld.

### **Het in de bodem brengen van bodemvreemde stoffen**

Bij de aanleg van zowel open als gesloten systemen worden altijd tot op relatief grote diepte bodemvreemde materialen in de bodem gebracht. Het betreft onder andere de buizen zelf en de afdichtingsmaterialen (grind en zwelklei) rond de buizen. Zoals op dit moment gebruikelijk is, zullen deze materialen in de bodem achterblijven als systemen buiten werking worden gesteld. Omdat de buizen uit materiaal bestaan dat weinig tot geen chemische reactie met de bodem aangaat, zal het chemisch effect op de bodem vrijwel nihil zijn. Wel kunnen toekomstige gebruikers van de bodem worden geconfronteerd met de fysieke aanwezigheid van de buizen. Dit geldt zowel voor systemen die nog in bedrijf zijn, als voor systemen die buiten werking zijn gesteld. De buizen kunnen in principe na gebruik uit de bodem worden verwijderd. Er dient dan zorg voor te worden gedragen dat de scheidende lagen worden afgedicht. De kosten voor het verwijderen en afdichten zijn aanzienlijk.

Filters van bronnen van open systemen kunnen verstopten ten gevolge van het neerslaan van stoffen in aanwezigheid van zuurstof of door microbiële slijmvorming. Verstopte filters dienen te worden geregenereerd. Soms kan dit plaatsvinden door een mechanische verwijdering van de ver-

stopping. Indien dit niet het gewenste resultaat oplevert, kan afhankelijk van het type de verstopping gebruik worden gemaakt van chemicaliën, bijvoorbeeld chloorbleekloog of een zuur. Het risico bestaat dat deze chemicaliën in de aquifer achterblijven. Dit kan worden voorkomen door via het filter een grote hoeveelheid water met de daarin achtergebleven verontreiniging op te pompen.

Ter plaatse van gesloten systemen zijn horizontale grondleidingen in de bovengrond aanwezig. Deze leidingen hebben een relatief grote lekkans waardoor de vloeistof (vaak een mengsel van water en glycol) uit de leidingen in de bodem terecht komt. Door middel van systemen voor lekdetectie kunnen dergelijke lekkages snel worden gedetecteerd, maar het is niet mogelijk om de gelekte vloeistof uit de bodem te verwijderen.

## EFFECTEN OP DE ONDERGRONDSE INFRASTRUCTUUR

Zowel open als gesloten systemen delen de ondergrond met reeds aanwezige ondergrondse infrastructuur zoals: drinkwater-, gas- en elektriciteitsleidingen, riolering, glasvezelkabels, kelders, funderingen en heipalen, metrobuizen, drinkwater- en industriële grondwaterwinningen en mogelijk ook met systemen ten behoeve van grondwatersaneringen. Het is van belang rekening te houden met de reeds bestaande ondergrondse infrastructuur en er zorg voor te dragen dat het functioneren ervan niet door systemen voor koude- en warmteopslag wordt belemmerd. Ook dient rekening te worden gehouden met de mogelijkheid dat het in de toekomst wenselijk is om bouwactiviteiten uit te voeren en nieuwe ondergrondse infrastructuur (bijvoorbeeld ten behoeve van afvaltransport) aan te leggen. De aanwezigheid van een open systeem zou bijvoorbeeld restrictief kunnen zijn voor bouwactiviteiten waarbij bemaling noodzakelijk is.

De invloedsgebieden van open systemen kunnen elkaar overlappen. Het is mogelijk dat het rendement van de systemen hierdoor vermindert, omdat bijvoorbeeld de 'warme bron' minder warm wordt door menging met grondwater van de 'koude bron' van het naastgelegen systeem. Ook is het mogelijk dat door onttrekking en infiltratie van grondwater er een ongewenste wijziging in de stijghoogte, stromingsrichting en –snelheid van het grondwater optreedt.

## BEVINDINGEN VAN DE COMMISSIE

De commissie heeft in het verleden al eerder geadviseerd over de milieuhygiënische aspecten van activiteiten in de ondergrond en een rapport uitgebracht over de diepe ondergrond en bodembescherming<sup>7</sup>. Hieruit kwam naar voren dat ook als individuele activiteiten in de ondergrond niet als bezwaarlijk kunnen worden gezien, het milieuhygiënische bezwaar vaak wordt bepaald door het aantal en de dichtheid van de ondergrondse activiteiten in een gebied. Dit pleitte onder andere voor een ruimtelijke ordening voor de ondergrond.

Uit het voorafgaande blijkt dat de negatieve effecten van het toepassen van zowel open als gesloten systemen op de bodem heel verschillend van aard en omvang zijn. De voor- en nadelen van de toepassing van koude- en warmteopslag in de bodem zijn lastig af te wegen omdat de effecten onderling niet goed vergelijkbaar zijn. De commissie staat in beginsel achter de toepassing, daar zij de positieve effecten op de klimaatbeheersing het meest zwaarwegende vindt. Zij acht het echter

---

<sup>7</sup> Advies Ondergronds beluchten, TCB A24(1997); Rapport Diepe ondergrond en bodembescherming, TCB R06(1996).

noodzakelijk om de negatieve effecten op de bodem zoveel mogelijk te beperken. Daarnaast zijn niet alle effecten even ernstig. De mate van ernst is voor een deel afhankelijk van omkeerbaarheid en de schaal waarop de effecten plaats vinden. Een aantal effecten zal alleen optreden in geval van een calamiteit.

De commissie verwacht dat de negatieve effecten van individuele installaties voor koude- en warmteopslag in de bodem zoveel mogelijk voorkomen kunnen worden als voldaan wordt aan een aantal technische eisen bij de aanleg, het onderhoud en bij het buiten gebruik stellen van de installatie, mits de installatie op een geschikte locatie is gesitueerd. De geschiktheid van de locatie heeft enerzijds te maken met de eigenschappen van de bodem ter plekke en anderzijds met de reeds aanwezige of geplande infrastructuur in de bodem en het lokale gebruik van de bodem. De commissie verwacht dat grootschalige toepassing van systemen voor energieopslag in de bodem de meeste problemen zal opleveren door interferentie met andere vormen van bodemgebruik, door de interactie met overige ondergrondse infrastructuur of andere systemen en door onvoorziene effecten in aquifers (ten gevolge van wijziging van temperatuur, grondwaterstroming e.d.).

De commissie acht het dus noodzakelijk om enerzijds eisen te stellen aan de systemen zelf en anderzijds de toepassing van de systemen op te nemen in de ruimtelijke planning, om geschikte locaties te identificeren en negatieve interacties in de ondergrond met andere activiteiten en structuren te voorkomen. Deze aspecten zullen hieronder worden uitgewerkt.

#### **Eisen aan de systemen zelf**

Als is besloten dat, gezien de eigenschappen van de ondergrond en de aanwezigheid van overige infrastructuur, de toepassing van een open of gesloten systeem ter plekke toelaatbaar is, dan dienen naar oordeel van de commissie de volgende aspecten aan de orde te komen.

- In het algemeen vindt de commissie dat open systemen de voorkeur hebben boven gesloten systemen vanwege het geringere aantal benodigde boringen per eenheid vermogen. Daarnaast is de commissie van mening dat men voor zowel open als gesloten systemen terughoudend dient te zijn met de toepassing van hoogtemperatuursystemen, vanwege de onzekerheden ten aanzien van temperatuuffecten in de ondergrond op chemische evenwichten, het ecosysteem en zetting. Dit mede gezien het feit dat hoogtemperatuursystemen op dit moment energetisch minder efficiënt zijn dan laagtemperatuursystemen.
- Boringen dienen te worden uitgevoerd door middel van een boortechniek waarmee de bodemopbouw voldoende nauwkeurig in kaart kan worden gebracht. Direct na het plaatsen van de filters of collectoren dienen aanwezige afsluitende lagen te worden afgedicht.
- Gesloten systemen dienen voorzien te zijn van een lekdetectiesysteem. Bij voorkeur dienen geen antivriesmiddelen te worden toegepast. Indien deze middelen toch worden gebruikt, dienen ze zo min mogelijk toxisch en snel afbreekbaar te zijn in een zuurstofarme en voedselarme omgeving.
- Er dient voor open systemen een waterbalans, en voor zowel open als gesloten systemen, een energiebalans te worden opgesteld. Deze balansen gaan ervan uit dat er net zoveel water of energie wordt onttrokken als toegevoerd aan de aquifer. De energiebalans dient betrekking te hebben op een langjarig gemiddelde.
- Open systemen dienen zodanig te worden ontworpen en afgesteld dat het regenereren van filters tot een minimum beperkt blijft. Indien het noodzakelijk is om filters te regenereren, dient dit bij voorkeur mechanisch te gebeuren.

- Open systemen dienen zodanig te worden aangelegd dat beïnvloeding van reeds bestaande open systemen wordt vermeden. De kans op onderlinge beïnvloeding kan het beste worden geschat met behulp van simulatiemodellen. Ter controle na de aanleg kunnen metingen worden verricht om na te gaan of de van te voren geschatte beïnvloeding overeenkomt met de werkelijkheid. Indien dit niet het geval is, dient het systeem te worden aangepast of dienen compenserende maatregelen te worden getroffen.

Zoals eerder vermeld, blijft bij beide type systemen na buitengebruikstelling bodemvreemd materiaal achter, in de vorm van buizen en omstortingen. Dit geldt overigens voor een groot aantal activiteiten in de bodem. Naar verwachting zal het gebruik van de ondergrond in de toekomst alleen maar toenemen. De commissie beveelt aan te bezien of in het kader van herstellplicht niet moet worden overgegaan tot een algemene verwijderingsplicht van bodemvreemd materiaal, voor zover dat redelijkerwijs mogelijk is en het geen verdere schade aan de bodem veroorzaakt. Daarbij dienen tevens afsluitende lagen te worden hersteld. De commissie denkt hierbij aan verwijdering tot circa 5 meter beneden maaiveld. Bij het uitblijven van deze verplichting zullen toekomstige bodemgebruikers in toenemende mate geconfronteerd worden met achtergebleven bodemvreemd materiaal en eventueel zelf voor de verwijdering daarvan moeten opdraaien.

De geraadpleegde provincies<sup>8</sup> geven aan dat er voor open systemen voldoende wettelijke middelen zijn om de aanleg ervan te sturen. Door middel van een vergunning wordt geregeld dat de juiste technische eisen aan een systeem worden gesteld. Tevens wordt hiermee bewerkstelligd dat de systemen geregistreerd zijn en aan de onderhoud- en herstellplicht wordt voldaan. De commissie acht het noodzakelijk dat er nadere regelgeving komt voor gesloten systemen. Hiermee worden eisen ten aanzien van de wijze van boren, de aanleg, de warmtebalans, het voorkomen en opsporen van lekkage, onderhouds- en herstellplicht en registratie geborgd. De commissie acht het wenselijk dat via de vergunning een kadastrale registratie wordt geregeld, hetgeen ook van belang is voor zowel open als gesloten systemen bij de overdracht naar een nieuwe eigenaar.

Door registratie van alle systemen kan bij de aanleg van een nieuw systeem rekening worden gehouden met de reeds bestaande systemen. Ook na buitengebruikstelling dient geregistreerd te blijven wat er van het systeem in de bodem achter blijft. Dit om bestaande en nieuwe ondergrondse infrastructuur zo optimaal mogelijk te combineren, zowel qua ruimtebeslag als qua functioneren.

Als basis voor technische voorschriften bij de aanleg en controle van systemen zou een opzet kunnen worden gehanteerd die vergelijkbaar is met de Nederlandse Richtlijn Bodembeschermende Voorzieningen (NRB) bij bedrijfsmatige activiteiten en het daaraan verbonden Plan Bodembeschermende Voorzieningen (PBV). Dit laatste is een publiek-privaat samenwerkingsverband waarin de overheid en het bedrijfsleven in overleg inhoud geven aan de zorg voor de bodem. Binnen dit samenwerkingsverband wordt gewerkt aan technische documenten voor ontwerp, realisatie, inspectie en certificatie van voorzieningen.

### **Ruimtelijke planning van de systemen**

De commissie acht het noodzakelijk dat het bevoegd gezag een ruimtelijke planning opstelt voor de toepassing van koude- en warmteopslag in de bodem. Dit om rekening te kunnen houden met de

---

<sup>8</sup> Drenthe, Noord-Brabant en Zuid-Holland.



mogelijke milieuhygiënische gevolgen van de toepassing, het effect van de schaal waarop de systemen worden aangelegd, de aanwezige aardkundige waarden en de mogelijkheid dat de systemen elkaar onderling en andere ondergrondse infrastructuur beïnvloeden. De commissie heeft in een eerder advies gesteld dat bij de ruimtelijke planning de geschiktheid van de bodem voor het gewenste gebruik van essentieel belang is<sup>9</sup>. Veel milieuhygiënische problemen ontstaan doordat activiteiten op en in de bodem niet optimaal worden gecombineerd met de meest geschikte locaties voor deze activiteiten. Voor koude- en warmteopslag systemen geldt meer specifiek dat het functioneren sterk wordt beïnvloed door bodemeigenschappen zodat ongeschikte locaties leiden tot slecht functionerende systemen. Gezien de verstoring en soms aantasting die gepaard gaat met het toepassen van deze systemen, acht de commissie het van groot belang dat de systemen zo worden aangelegd dat ze optimaal functioneren.

Naar aanleiding van de gewenste ontwikkeling van een duurzame energiehuishouding waarin open systemen een belangrijke plaats innemen en er dientengevolge een toenemende vergunning-aanvraag voor open systemen zal zijn, zijn verschillende provincies bezig beleid te ontwikkelen ten aanzien van koude- en warmteopslag in de bodem. Hierbij wordt ook de vraag ten aanzien van geschiktheid voor gebruik gesteld. De provincie Drenthe heeft voor het in ontwikkeling zijnde Provinciaal Omgevingsplan II een onderzoek laten uitvoeren naar de mogelijkheden voor ondergrondse energieopslag<sup>10</sup>. In dit onderzoek is gekeken naar de geschiktheid van de bodem voor de toepassing van koude- en warmteopslag op basis van een aantal selectiecriteria<sup>11</sup>. Daarnaast is een groot aantal gevoelige gebieden onderscheiden waarin koude- en warmteopslag de functie van het gebied kan beïnvloeden (interferentie tussen ondergrondse energieopslag en de functie van het gebied). Op basis van interferentiecategorieën is globaal aangegeven hoe restrictief het bevoegd gezag met de aanleg van koude- en warmteopslag wil omgaan. Het onderzoek richtte zich alleen op het landelijk gebied. De commissie acht de in dit onderzoek gepresenteerde aanpak een goed uitgangspunt voor de ruimtelijke planning van koude- en warmteopslag in de bodem. In het stedelijk gebied zal, naast genoemde aanpak, echter ook meer aandacht nodig zijn voor de effecten op en inpassing in de bestaande ondergrondse infrastructuur. Overigens verbieden de geraadpleegde provincies uit preventief oogpunt thans alle systemen voor koude- en warmteopslag in natuur- en/ of grondwaterbeschermingsgebieden en boringvrije zones. De commissie kan vanuit het oogpunt van bodembescherming met de gemaakte keuze voor deze gebieden instemmen.

## CONCEPT BELEIDSAANBEVELINGEN EN SPECIFIEKE VRAGEN UIT DE ADVIESAANVRAAG

Op basis van de hierboven beschreven bevindingen heeft de commissie naar de concept beleidsaanbevelingen van het project 'Bodem als Energiebron en -Buffer' gekeken. De commissie kan met de meeste aanbevelingen instemmen. Zij wil echter een aantal kanttekeningen plaatsen.

---

<sup>9</sup> Advies Duurzamer bodemgebruik op ecologische grondslag. TCB A33(2003).

<sup>10</sup> Mogelijkheden voor ondergrondse energieopslag in de provincie Drenthe, Royal Haskoning, 2002.

<sup>11</sup> Er wordt gekeken, afhankelijk van het type systeem, naar de ligging van het watervoerend pakket, doorlatend vermogen van het watervoerend pakket, de ijzerconcentratie in het grondwater, de grondwaterstromingssnelheid, de afwezigheid van een zout/zoetgrensvlak in het watervoerend pakket, de hydraulische invloed van onttrekking/infiltratie op freatisch grondwater, de grondwatertrap, zettingsgevoelige lagen, de warmtegeleiding van de voorkomende lagen in de bodem, de aan-/afwezigheid van isolerende toplagen, de grondwaterstroming en de natuurlijke bodemtemperatuur.

Hieronder worden alleen de beleidsaanbevelingen genoemd die door de commissie van een kanttekening worden voorzien. De commissie meent dat met de bespreking van de beleidsaanbevelingen ook antwoord wordt gegeven op specifieke vragen bij de adviesaanvraag, op de eerste vraag na (zie bijlage 1). Deze zal aan het slot van deze paragraaf worden beantwoord.

Ten aanzien van de beleidsaanbeveling *Een nationaal beleid formuleren ten aanzien van de ontwikkeling van bodemenergie, het te dien aanzien te hanteren beoordelingskader en het noodzakelijke instrumentarium* beveelt de commissie aan om te bezien in hoeverre bestaand beleid en instrumentarium al voldoende sturingsmogelijkheden geeft. Daarnaast meent zij dat het hierbij noodzakelijk is onderscheid te maken tussen een lokale en regionale schaal. Bij de lokale schaal gaat het om de beoordeling van individuele installaties, op regionale schaal gaat het om de geschiktheid van de bodem voor de aanleg, de onderlinge beïnvloeding en de beïnvloeding van andere vormen van bodemgebruik. Voor de uitwerking van de beoordeling op regionale schaal heeft de commissie een voorstel gedaan. Daarbij meent zij dat de uitwerking met betrekking tot de ruimtelijke ordening (regionale schaal) voor zowel bebouwd als landelijk gebied moet plaats vinden.

Met betrekking tot de beleidsaanbeveling *Indien de overheid haar Duurzame Energiedoelstelling ten aanzien van bodemenergie wenst te realiseren dan dient de toepassing van de bodemenergiesystemen krachtiger te worden gestimuleerd. Vanuit de bescherming van de bodemwaarden wordt, indien er keuzemogelijkheden zijn, er een voorkeur uitgesproken voor de toepassing van grote collectieve grondwatersystemen boven individuele kleine systemen met bodemwarmtewisselaars* wijst de commissie er hierbij op dat vergeleken met andere duurzame energievormen, bodemenergiesystemen met name fysiek een grote versturende invloed op de bodem hebben. Dit bezwaar geldt bijvoorbeeld niet voor zonne-energie of windenergie, hoewel de laatste vorm van duurzame energie tot andere ongewenste effecten op de omgeving leidt. De commissie vindt dat bij de keuze voor duurzame energie in het algemeen gekozen moet worden voor de minst milieuaantastende systemen. Hierbij dient voor iedere locatie naar de optimale combinatie te worden gezocht tussen de energievorm met het hoogste rendement en de minste milieuschade.

Daarnaast vindt de commissie, zoals zij hiervoor al heeft aangegeven, dat er om milieuhygiënische redenen een terughoudend beleid gevoerd dient te worden ten aanzien van gesloten systemen. Zij vindt de beleidsaanbeveling in dit opzicht te vrijblijvend.

De commissie is het eens met de beleidsaanbeveling *Om het optreden van milieueffecten bij bodemenergiesystemen zoveel mogelijk te voorkomen wordt aanbevolen bodemenergiesystemen te voorzien van lekdetectie. Vanuit oogpunt van duurzaam bodembeheer wordt bovendien aanbevolen om bij het zetten van boringen de boorgaten gecontroleerd af te dichten indien water-scheidende lagen worden doorboord. Voor de bepaling van de meest geschikte afdichtingstechniek bij de verschillende boortechnieken dient nadere afstemming plaats te vinden tussen overheid en marktpartijen. De keuze uit de verschillende boortechnieken hangt nauw samen met de vraag of deze generiek dan wel locatiespecifiek dient te zijn en dus met de wijze waarop hieraan in wet- en regelgeving uitwerking aan wordt gegeven (hieraan wordt nog afzonderlijk in juridische aanbevelingen aandacht besteed). Wel vindt zij dat er hierbij ten onrechte geen aandacht wordt besteed aan eventuele herstelplicht na het buiten gebruik stellen van het systeem. De ondergrond zal in de toekomst steeds intensiever gebruikt gaan worden, en de commissie vindt dat een gebruiker de verplichting heeft enerzijds reeds aanwezig materiaal in de bodem zoveel mogelijk te hergebruiken, en anderzijds buiten gebruik gesteld materiaal uit de bodem (deels) te verwijderen met afdichting van afsluitende lagen, voor zover dat redelijkerwijs mogelijk is.*

Ten aanzien van de beleidsaanbeveling *Vanuit oogpunt van duurzaam beheer van de bodem en optimale toepassing van bodemenergiesystemen wordt aanbevolen aan het Bevoegd Gezag samen met de marktpartijen richtlijnen op te stellen voor de aan ontwerp, uitvoering en beheer van bodemenergiesystemen te stellen kwaliteitseisen en deze waar nodig dwingend voor te schrijven. De reeds door marktpartijen ontwikkelde instrumenten vormen een goede basis* merkt de commissie op dat hier een goed voorbeeld is te vinden in de ontwikkeling van richtlijnen voor vloestofdichte vloeren.

Met betrekking tot de beleidsaanbeveling *Om de belemmering inzake de toepassing van bodemenergiesystemen weg te nemen wordt de rijksoverheid aanbevolen de bestaande kennisleemten weg te nemen door onderzoek te laten verrichten in samenwerking met marktpartijen* heeft de commissie aanvullend nog een aantal andere kennisleemten gesignaleerd die weg genomen dienen te worden. Deze betreffen: effecten op diepe grondwaterecosystemen en wijziging chemische evenwichten door temperatuurwijzigingen op basis van veldwaarnemingen, effecten op bodemkundige en geologische waarden, effecten van grondwatersystemen die binnen elkaars invloedssfeer liggen op elkaar, op de hydrologie en op voorgenomen bouwprojecten.

Ten aanzien van de specifieke vraag uit de bijlage van de adviesaanvraag (*Acht de commissie de wijze waarop in de concept beleidsaanbevelingen aansluiting is gevonden bij de maatregelen en voorzieningen conform artikel 8.10 en 8.11 van de Wet milieubeheer, voldoende uitgewerkt?*) merkt de commissie het volgende op. Door aanbevelingen te doen ten aanzien van technische eisen voor ondergrondse energieopslagsystemen en technische eisen aan de aanleg (inclusief interferentie met andere systemen) en buiten gebruik stelling van deze systemen, geeft de commissie een aanzet tot een regeling die uitgaat van de 'best beschikbare technieken'. Daarnaast stelt de commissie voor om op regionale schaal een beoordelingskader te ontwikkelen voor de mogelijkheden voor de aanleg van systemen, waarbij geschiktheid voor gebruik en interferentie met andere vormen van bodemgebruik de voornaamste leidraad zijn. Hiermee kunnen nadelige effecten op het milieu zoveel mogelijk voorkomen. De commissie vindt dat er zoveel mogelijk gebruik moet worden gemaakt van bestaande regelgeving en instrumenten. Deze zijn echter met name onvoldoende om de aanleg van gesloten systemen in goede banen te leiden. Het is aan het bevoegd gezag om de wettelijke basis voor verdere regelgeving en instrumenten te kiezen.

## SAMENVATTING VAN CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De commissie staat in beginsel achter de toepassing van koude- en warmteopslag in de bodem daar zij de positieve effecten op klimaatbeheersing zwaarder vindt wegen dan de negatieve effecten op bodem. De commissie vindt echter wel dat bij de keuze voor duurzame energie in het algemeen gekozen moet worden voor de minst milieuaantastende systemen. Hierbij dient voor iedere locatie naar de optimale combinatie te worden gezocht tussen de energievorm met het hoogste rendement en de minste milieuschade.

Om te bewerkstelligen dat de negatieve effecten van koude- en warmteopslag tot een minimum worden beperkt en de efficiency van de systemen wordt gewaarborgd, stelt de commissie enerzijds eisen aan de systemen voor koude- en warmteopslag zelf en anderzijds beveelt zij aan de systemen op te nemen als onderdeel van de ruimtelijke planning. De commissie spreekt een voorkeur uit voor open ten opzichte van gesloten systemen en vindt dat men op dit moment terughoudend dient

te zijn in de toepassing van hoogtemperatuursystemen. Doorboorde afsluitende lagen dienen altijd te worden afgedicht. In de voor open systemen benodigde vergunning in het kader van de Grondwaterwet dienen alle noodzakelijke technische eisen te worden gesteld. Gesloten systemen dienen bij voorkeur geen antivries te bevatten of in ieder geval te zijn voorzien van lekdetectie. Aanbevolen wordt om voor gesloten systemen nadere regelgeving op te stellen. Kadastrale registratie van open en gesloten systemen acht de commissie wenselijk.

In de ruimtelijke planning dient rekening te worden gehouden met systemen voor koude- en warmteopslag zodat wordt voorkomen dat systemen worden aangelegd in gebieden die te kwetsbaar zijn. Ook dient rekening te worden gehouden met de geschiktheid van de bodem, de beïnvloeding van systemen onderling en met de aanwezigheid van overige ondergrondse infrastructuur.

Aanbevolen wordt aanvullend onderzoek te verrichten naar de effecten van grote en kleine temperatuurveranderingen in het diepe grondwater op chemische evenwichten, ecosystemen en zetting. Het aanvullend onderzoek dient te worden gebaseerd op veldmetingen. Er dienen instrumenten te worden ontwikkeld voor de inpassing van systemen voor koude- en warmteopslag in de ruimtelijke ordening.

Een afschrift van deze brief heb ik verzonden aan uw ambtgenoot, de Minister van Economische Zaken en het Interprovinciaal Overleg.

Met de meeste hoogachting,  
de voorzitter van de  
Technische commissie bodembescherming,

Het origineel van dit advies is gestuurd aan de verantwoordelijke bewindspersoon/personen.
--

Ir. L.E. Stolker-Nanninga.



De Voorzitter van de Technische Commissie  
Bodembescherming  
mevrouw ir. L.E. Stolker - Nanninga  
Postbus 30947  
2500 GX DEN HAAG

**Advies inzake concept-beleidsaanbevelingen van het project "Bodem als Energiebron en -Buffer".**

Datum

29 SEP. 2003

Kenmerk

BWL/2003087275

Bijlage(n)

- concept aanbevelingen en onderbouwende rapporten  
- aan TCB voorgelegde vragen en tekst Wm

Geachte mevrouw Stolker - Nanninga,

Hierbij verzoek ik u, mede namens het ministerie van Economische Zaken en het IPO, een advies op te stellen over de concept-beleidsaanbevelingen die zijn opgesteld in het kader van het project Bodem als Energiebron en -Buffer (BEB). Met het oog op de afronding van dit project en de vaststelling in de ambtelijke Stuurgroep Bodem van de in het BEB-project geformuleerde beleidsaanbevelingen verzoek ik u uw advies - indien mogelijk - in de eerste week van november 2003 af te ronden.

Het BEB-project is conform het in 2001 - door de Stuurgroep Bodem - vastgestelde projectplan gericht op "Het formuleren van beleidsaanbevelingen voor bodembescherming bij de toepassing van Energie Opslag Systemen (EOS) en Warmte Pomp Systemen (WPS) in de gebouwde omgeving en het creëren van een bestuurlijk draagvlak en acceptatie bij de markt daarvoor."

Het begrip "Energie Opslag Systemen" staat hier voor technologie die de bodem gebruikt als medium voor het opslaan/bufferen van laagwaardige thermische energie in de bodem. Het begrip "Warmte Pomp Systemen" staat voor technologie die wordt gebruikt om laagwaardige thermische omgevingsenergie aan de bodem te onttrekken.

De grootschalige toepassing van beide technologieën dient bij te dragen aan een verminderd gebruik van (niet duurzame) energie, die wordt opgewekt met de verbranding van fossiele energiedragers. Hierbij verwijs ik naar het - mede door mijn voorganger ondertekende - Convenant Warmtepompen (2000). Conform dit convenant draagt de grootschalige introductie van energieopslag- en warmtepompsystemen alleen al bij aan de duurzame energievoorziening van 8 PëtaJoule (10 tot de 15e Joule), te bereiken in 2020. Dit zou moeten overeenkomen met de toepassing van warmtepompsystemen in circa 615.000 wooneenheden.

In de Derde Energienota (1995) wordt gesteld dat in het jaar 2020 10% van de landelijke energiebehoefte, 270 PëtaJoule, opgewekt dient te worden door alternatieve vormen van energieproductie. Hierbij is een onderverdeling gemaakt in energie uit biomassa, waterkracht, wind-, zonne- en bodemenergie. Ongeveer

**VROM**

by Lage 1

Directoraat-Generaal Milieu  
Bodem Water Landelijk gebied  
Bodembescherming

Interne postcode 625

De Voorzitter van de Technische Commissie  
Bodembescherming  
mevrouw ir. L.E. Stolker - Nanninga  
Postbus 30947  
2500 GX DEN HAAG

ir. J.W. Conter  
www.vrom.nl

**Advies inzake concept-beleidsaanbevelingen van het project "Bodem als  
Energiebron en -Buffer".**

Datum

29 SEP. 2003

Kenmerk

BWL/2003087275

Bijlage(n)

- concept aanbevelingen en onderbouwende rapporten  
- aan TCB voorgelegde vragen en tekst Wm

Geachte mevrouw Stolker - Nanninga,

Hierbij verzoek ik u, mede namens het ministerie van Economische Zaken en het IPO, een advies op te stellen over de concept-beleidsaanbevelingen die zijn opgesteld in het kader van het project Bodem als Energiebron en -Buffer (BEB). Met het oog op de afronding van dit project en de vaststelling in de ambtelijke Stuurgroep Bodem van de in het BEB-project geformuleerde beleidsaanbevelingen verzoek ik u uw advies - indien mogelijk - in de eerste week van november 2003 af te ronden.

Het BEB-project is conform het in 2001 - door de Stuurgroep Bodem - vastgestelde projectplan gericht op "Het formuleren van beleidsaanbevelingen voor bodembescherming bij de toepassing van Energie Opslag Systemen (EOS) en Warmte Pomp Systemen (WPS) in de gebouwde omgeving en het creëren van een bestuurlijk draagvlak en acceptatie bij de markt daarvoor."

Het begrip "Energie Opslag Systemen" staat hier voor technologie die de bodem gebruikt als medium voor het opslaan/bufferen van laagwaardige thermische energie in de bodem. Het begrip "Warmte Pomp Systemen" staat voor technologie die wordt gebruikt om laagwaardige thermische omgevingsenergie aan de bodem te onttrekken.

De grootschalige toepassing van beide technologieën dient bij te dragen aan een verminderd gebruik van (niet duurzame) energie, die wordt opgewekt met de verbranding van fossiele energiedragers. Hierbij verwijs ik naar het - mede door mijn voorganger ondertekende - Convenant Warmtepompen (2000). Conform dit convenant draagt de grootschalige introductie van energieopslag- en warmtepompsystemen alleen al bij aan de duurzame energievoorziening van 8 PetaJoule (10 tot de 15e Joule), te bereiken in 2020. Dit zou moeten overeenkomen met de toepassing van warmtepompsystemen in circa 615.000 wooneenheden.

In de Derde Energienota (1995) wordt gesteld dat in het jaar 2020 10% van de landelijke energiebehoefte, 270 PetaJoule, opgewekt dient te worden door alternatieve vormen van energieproductie. Hierbij is een onderverdeling gemaakt in energie uit biomassa, waterkracht, wind-, zonne- en bodemenergie. Ongeveer



30% van deze alternatieve energie kan volgens berekeningen worden vervangen door gebruik te maken van EOS en WPS.

Uitgaande van de voorgenomen grootschalige toepassing van EOS en WPS vraag ik u te adviseren over de in het BEB-project geformuleerde beleidsaanbevelingen inzake mogelijke milieuhygiënische maatregelen en voorzieningen, gericht op de beperking van de nadelige gevolgen van de grootschalige toepassing van EOS en WPS voor de bodem.

Bijgaand vindt u een afschrift van de concept-beleidsaanbevelingen. Tevens gaat hierbij een overzicht van enkele dezerzijds levende vragen waarop de TCB in haar advies zou kunnen ingaan.

Hoogachtend,

Pieter van Geel  
Staatssecretaris voor Milieu en Duurzaamheid



- Gegeven de aard van de voortliggende beleidsaanbevelingen zal bij de implementatie in regelgeving mogelijk moeten worden teruggevallen op de artikelen 8.10 en 8.11 van de Wm. Acht de TCB de wijze waarop in de concept-beleidsaanbevelingen aansluiting is gevonden bij de maatregelen en voorzieningen conform artikel 8.10 en 8.11 van de Wet milieubeheer, voldoende uitgewerkt?

Ter toelichting.

Het tweede lid van artikel 8.10 van de vigerende Wm verwijst naar artikel 8.8, derde lid, en daarmee weer naar artikel 5.2. In artikel 5.2 wordt weer verwezen naar locatiespecifieke milieukwaliteitseisen.

In artikel 8.11, derde lid, wordt verwezen naar generieke maatregelen en voorzieningen die het karakter hebben van een technische/economische inspanningsverplichting en die zijn gebaseerd op het ALARA-principe. Het gaat hier - in principe - om generieke maatregelen en voorzieningen die bekend staan als de "best bestaande technieken". Zie bijgaande tekst van de Wet milieubeheer.

In het verlengde hiervan kan ook worden verwezen naar het concept-wetsvoorstel tot wijziging van de Wet Milieubeheer (beginselen; verduidelijking in verband met de EG-richtlijn inzake geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging; vergunning op hoofdzaken / vergunning op maat).

In dit kader wordt het tweede lid van artikel 8.10 vervangen door:

"De vergunning wordt in ieder geval geweigerd indien:

- a) door verlening daarvan niet kan worden bereikt dat in de inrichting ten minste de voor de inrichting in aanmerking komende "best beschikbare technieken" worden toegepast;
- b) verlening daarvan niet in overeenstemming zou zijn met hetgeen overeenkomstig artikel 8.8, derde lid, door het bevoegd gezag in acht moet worden genomen;
- c) door verlening daarvan strijd zou ontstaan met regels als bedoeld in artikel 8.9."

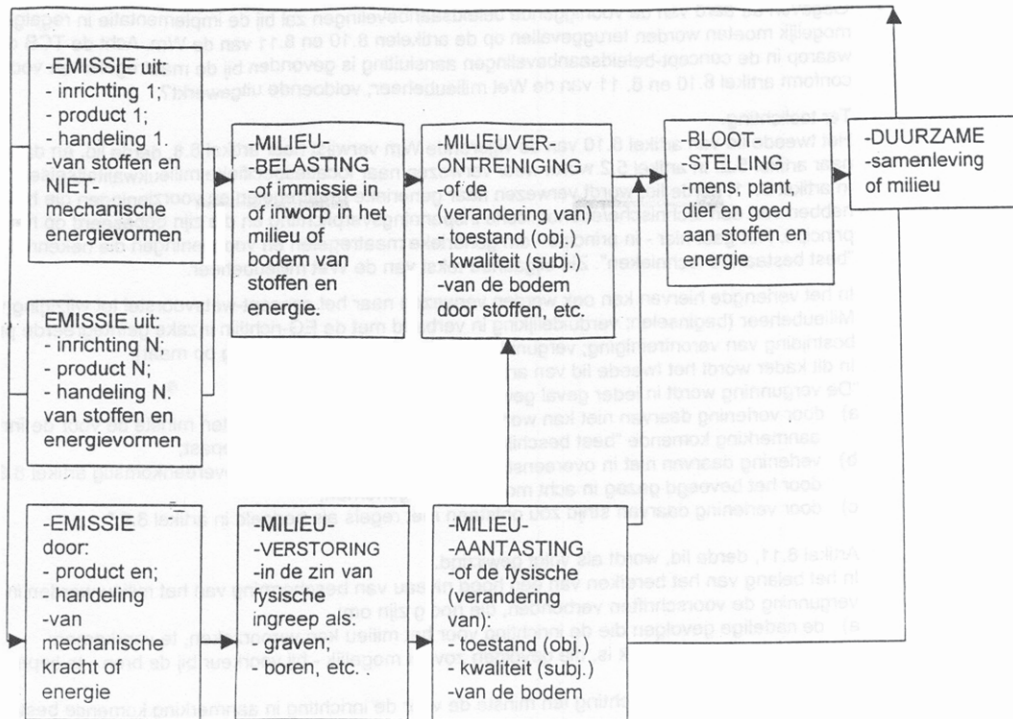
Artikel 8.11, derde lid, wordt als volgt gewijzigd.

In het belang van het bereiken van een hoog niveau van bescherming van het milieu worden in de vergunning de voorschriften verbonden, die nodig zijn om:

- a) de nadelige gevolgen die de inrichting voor het milieu kan veroorzaken, te voorkomen;
- b) indien dat niet mogelijk is, die gevolgen zoveel mogelijk - bij voorkeur bij de bron - te beperken en ongedaan te maken;
- c) te bereiken dat de inrichting ten minste de voor de inrichting in aanmerking komende beste beschikbare technieken worden toegepast.

- De nagestreefde grootschalige toepassing van bodemwarmte heeft gevolgen voor het milieu die zijn te beschouwen als fasen in een oorzaak/gevolg keten. Acht de TCB de wijze waarop in de concept-beleidsaanbevelingen relaties zijn gelegd tussen deze milieuhygiënische relevante fasen voldoende eenduidig ter onderbouwing van nadere regelgeving?  
(Zie voor een visie op deze processen, bijgaand schematisch overzicht.)
- Kleinschalige toepassing van de bodemwarmte-technologie voor de verwarming van woonhuizen lijkt het dilemma in zich te dragen dat deze vorm van energiewinning - in een nationale context gezien - aanleiding geeft tot een weliswaar relatief kleine milieubelasting en milieuverontreiniging maar een relatief grote milieuverstoring en milieuaantasting. Ondersteunt de TCB de visie dat het wenselijk is om - daar waar de gelegenheid zich voordoet - de toepassing van bodemwarmte technologie grootschalig dient te worden toegepast om onnodige bodemaantasting te voorkomen?
- Kan de TCB zich vinden in de wijze waarop in de concept beleidsaanbevelingen invulling is gegeven aan de herstelplicht, daar waar er sprake is van milieuverontreiniging en milieuaantasting?

Schematische visie op de relaties tussen de milieuhygiënisch relevant te achten processen.



# BIJLAGE 2 SYSTEMEN VOOR ENERGIE OPSLAG IN DE BODEM EN MOGELIJKE EFFECTEN OP DE BODEM

## WERKINGSMECHANISME

De temperatuur van de bovenste meters van de bodem is onderhevig aan seizoensinvloeden en is in de zomerperiode enkele graden hoger dan in de winterperiode. Naar de diepte toe neemt de bodemtemperatuur met circa 3,5 °C per 100 m toe. Vanaf enkele meters tot 100 à 150 m diep heeft de bodem een vrij constante temperatuur van circa 10 à 12 °C. De bodemtemperatuur is in de winterperiode hoger dan de temperatuur van de buitenlucht en in de zomerperiode lager. Het temperatuurverschil tussen bodem en lucht kan worden benut om gebouwen te verwarmen of juist te koelen. Bodemwarmte kan ook worden benut voor het verwarmen van tapwater. Hierna volgt een beschrijving van een aantal mogelijke systemen.

## OPEN- OF GRONDWATERSYSTEMEN

Grondwater wordt rechtstreeks opgepompt uit het watervoerend pakket (op een diepte van enkele tientallen tot meer dan 100 m) en wordt benut om gebouwen te koelen en/of te verwarmen. Het grondwater wordt via een filter opgepompt naar de warmtewisselaar en eventueel de warmtepomp. De apparatuur bevindt zich in het gebouw en zorgt voor afgifte van koude of warmte aan het airconditioningsysteem of het verwarmingsysteem in het gebouw. Na passage van de warmtewisselaar en eventueel de warmtepomp wordt het water via een tweede filter weer in de aquifer geïnfiltreerd. Er is dus géén sprake van een gesloten systeem van buizen in de grond. Het bovengrondse deel van het systeem wordt op overdruk gehouden, onder andere om te voorkomen dat de samenstelling van het grondwater verandert en er bijvoorbeeld zuurstof in komt. Open systemen hebben een relatief grote capaciteit en worden gebruikt voor het koelen en/of verwarmen van bijvoorbeeld grote kantoorpanden, woonwijken, flats, winkelcentra, universiteitsgebouwen en ziekenhuizen. Het vermogen van open systemen bedraagt honderden tot duizenden kW. In Nederland waren anno 2002 circa 150 van dergelijke systemen in bedrijf.

### **Opslagsysteem**

Bij een zogenaamd opslagsysteem is er sprake van een relatief warme en een relatief koude bron. 's Zomers wordt grondwater uit de koude bron onttrokken, de kou wordt benut om het gebouw te koelen en het via de warmtewisselaar opgewarmde water wordt in de warme bron geïnfiltreerd. 's

Winters wordt de stromingsrichting omgekeerd. Het eerste jaar dat een systeem in werking is worden de bronnen opgeladen.

### **Recirculatiesysteem**

Bij een zogenaamd recirculatiesysteem wordt grondwater steeds op dezelfde plaats onttrokken en geïnfiltrerd. De stromingsrichting blijft gedurende het gehele jaar hetzelfde. Het verschil in temperatuur tussen het grondwater en de buitenlucht wordt benut om 's zomers te koelen en 's winters te verwarmen.

### **Bronnen**

Doublet: de onttrekkings- en infiltratiebron bevinden zich horizontaal gezien op enige afstand van elkaar.

Monobron: de onttrekkings- en infiltratiebron bevinden zich horizontaal gezien op dezelfde plaats maar op een ander diepteniveau.

### **GESLOTEN- OF WARMTEPOMPSYSTEMEN**

In de bodem bevindt zich een gesloten circuit dat wordt gevuld met water of met een mengsel van water en een antivriesmiddel (meestal glycol, voorheen monoethyleenglycol (halfwaardetijd 15 à 18 dagen), tegenwoordig monopropyleenglycol dat minder milieubelastend is). Het circuit bestaat uit horizontale en verticale lussen. De verticale U-vormige lussen van polyethyleen (PE) (ook wel collectoren genoemd) worden verticaal in een boorgat geplaatst (tot een diepte van 30 à 50 m of nog dieper) en onderling verbonden door middel van horizontale slangen. Deze zogenaamde grondleidingen zijn van flexibeler materiaal en bevinden zich in de bovenste meter van de bodem. De vloeistof in de verticale lussen neemt de temperatuur van de bodem aan en wordt gebruikt om via een warmtewisselaar en eventueel via een warmtepomp koude of warmte aan een gebouw te leveren. De opgewarmde of gekoelde vloeistof wordt terug in de verticale lussen gepompt om in de bodem af te koelen respectievelijk op te warmen.

De collectoren en horizontale slangen bevinden zich in de bodem buiten de begrenzing van bebouwing. De vloeistof in het circuit wordt op overdruk gehouden. Lekdetectie vindt plaats door middel van het controleren van deze druk. Als de druk te laag is, is er sprake van een lekkage. Lekkage wordt hiermee dus niet voorkomen, alleen gedetecteerd. Als er lekkage optreedt is dat over het algemeen niet in de verticale lussen maar in de horizontale grondleidingen daar die van kwetsbaarder materiaal zijn gemaakt.

De capaciteit van gesloten systemen is niet te regelen. Als de capaciteit in de praktijk onvoldoende blijkt te zijn, dienen er lussen bij te worden geplaatst of bij een te grote capaciteit worden er lussen ontkoppeld. Een collector heeft een invloedssfeer van 1 à 2 m waarbinnen de bodemtemperatuur enkele graden kan dalen of stijgen.

Gesloten systemen hebben over het algemeen een relatief klein vermogen van 15 à 25 kW. Per collector is het vermogen circa 2,5 kW. Voor een vrijstaande woning zijn gemiddeld 3 verticale lussen nodig.

## LEVENSDUUR EN TERUGNEEMBAARHEID

Warmtewisselaars hebben een levensduur van circa 20 jaar. Warmtewisselaars die in gebouwen of in ieder geval boven maaiveld zijn geplaatst, kunnen eenvoudig worden vervangen.

Verticale bronnen ten behoeve van het oppompen en infiltreren van grondwater in open systemen hebben over het algemeen een langere levensduur. Als de warmtewisselaar wordt vervangen kan de bron in stand blijven. Indien filters van bronnen verstopt raken, kunnen ze worden ontstopt door middel van doorpompen. Hierbij wordt in sommige gevallen chloorbleekloog of een zuur gebruikt.

De levensduur van de collectoren van PE is 50 à 100 jaar. Wanneer het systeem buiten gebruik wordt gesteld blijven de filters of collectoren en grondleidingen in de bodem achter.

## TOEGEPASTE TEMPERATUREN EN INVLOEDSSFEER

In Nederland zijn wat betreft de open systemen met name laagtemperatuur systemen toegepast. Bij deze systemen wordt water teruggebracht in de bodem dat na afkoelen circa 6 à 8 °C is en na opwarmen circa 16 à 18 °C. Water dat wordt teruggepompt mag niet warmer dan 25 °C zijn.

Er zijn een aantal systemen waarbij water van hogere temperaturen in de aquifer wordt teruggepompt (45 °C, 60 °C en zelfs 90 °C). Deze systemen worden in Nederland nog niet veel toegepast en zijn met name bedoeld om onderzoek te plegen naar de te behalen rendementen. Tot nu toe lijken de laagtemperatuursystemen een hoger rendement te hebben.

Bij open systemen is in de meeste gevallen sprake van koude en warme bronnen. Deze bronnen zijn enkele tientallen tot honderden meters uit elkaar gesitueerd. Qua temperatuur bedraagt de invloedssfeer van een bron (ook na 20 jaar) enkele tientallen tot honderden meters. Gedurende de eerste jaren dat een systeem in werking is, neemt de invloedssfeer van de bronnen nog geleidelijk toe. Systemen die naast elkaar worden aangelegd, bijvoorbeeld ten behoeve van twee naast elkaar gelegen kantoorpanden, kunnen binnen elkaars invloedssfeer komen. Dit heeft niet tot gevolg dat de systemen niet meer werken, maar dat de rendementen lager worden. Het verdient dan ook aanbeveling om bij de aanleg van systemen rekening te houden met reeds aanwezige systemen. Provincies die vergunning verlenen in het kader van de Grondwaterwet dienen hier eveneens rekening mee te houden.

## EFFECTEN VAN TEMPERATUURWIJZIGING IN DE BODEM OP HET ECOSYSTEEM

Wat betreft de thermische effecten van koude- en warmteopslag op het bodemecosysteem blijkt nagenoeg alleen literatuur beschikbaar te zijn betreffende theoretische beschouwingen en experimenten op laboratoriumschaal.

Het ecosysteem dat zich in de bovenste meters van de bodem bevindt, is aangepast aan de jaarlijks optredende variatie in temperatuur. Het ecosysteem dat zich dieper in de bodem bevindt, is aangepast aan de zeer constante temperatuur van 10 à 12 °C. Onder deskundigen op het gebied van de aanleg van koude- en warmteopslagsystemen heerst de algemene mening dat het bodemecosysteem geen negatieve effecten ondervindt van de temperatuurverschillen van

zogenaamde laagtemperatuursystemen. Ecologen zijn van mening dat effecten van temperatuurverandering sterk afhankelijk zijn van aanwezige organische stof en daarmee van bodemtype en grondwaterstromsnelheden. De omstandigheden in de bodem bepalen welke micro-organismen aanwezig zijn en deze zijn niet allemaal even gevoelig voor temperatuurwijzigingen. Voedselschaarste voor micro-organismen op grotere diepte is veelal de beperkende factor, zodat er geen effect van temperatuurwijziging is waar te nemen. Er zijn ook ecologen die verwachten dat bodemecosystemen juist omdat ze zijn aangepast aan zeer constante temperaturen wel worden beïnvloed door de temperatuurverschillen. Ervan uitgaande dat de basistemperatuur 10 °C is, zullen processen bij een toename van de temperatuur van 10 °C 2 à 3 maal sneller verlopen. Als de temperatuur daalt zullen processen langzamer verlopen.

Daar er nagenoeg geen veldonderzoek is uitgevoerd naar de effecten van temperatuurwijzigingen op het bodemecosysteem is door NOVEM in 2003 een project opgestart om veldmetingen te verrichten naar de effecten van temperatuurveranderingen op het ecosysteem in de diepere ondergrond. De metingen worden uitgevoerd in de Eemvallei en in Eindhoven. De resultaten zouden eind 2004 beschikbaar moeten zijn. Tevens wordt over dit onderwerp reeds bestaande, veelal Engelstalige, literatuur geïnventariseerd en wordt een Nederlandstalige samenvatting opgesteld.

## EFFECTEN VAN TEMPERATUURWIJZIGING IN DE BODEM OP DE GEOCHEMIE

Temperatuurverandering in de bodem ten gevolge van laagtemperatuursystemen hebben, voor zover bekend, geen meetbare effecten op geochemische evenwichten. De eventuele verschuivingen zijn zo gering dat ze binnen de natuurlijke variatie vallen en daardoor niet door middel van veldmetingen kunnen worden waargenomen.

## AANTAL SYSTEMEN

Begin 2002 waren er in Nederland ruim 150 projecten operationeel waarbij koudeopslag of de combinatie van koudeopslag met laagtemperatuur warmteopslag in open systemen is toegepast. Deze techniek is sinds 15 à 20 jaar in ontwikkeling. De toepassing van gesloten systemen is kleinschaliger, maar er zijn tientallen systemen operationeel.

## INSTELLEN VAN SYSTEMEN

Door de opgedane ervaring met koude- en warmteopslag in de bodem gedurende de laatste 15 à 20 jaar kunnen systemen steeds beter worden gedimensioneerd en ingesteld. Er zit nog steeds veel ontwikkeling in de systemen. Door combinatie met andere energiebronnen (bijvoorbeeld met zonnecollectoren) worden steeds hogere rendementen behaald.

## BENODIGDE VERGUNNINGEN

Voor koude en warmte opslag in aquifers middels zogenaamde open systemen is een vergunning nodig in het kader van de Grondwaterwet. In een dergelijke vergunning wordt onder andere vastgelegd: de omvang van de systemen, de thermische invloedssfeer, grondmechanische effecten (zettingen), hydrologische effecten, pompcapaciteit, energiebalans en eventuele effecten op de drinkwaterwinning.

Voor de aanleg van gesloten systemen is op dit moment geen vergunning nodig. Bij de toepassing van deze systemen wordt geen water uit de aquifer gehaald of erin geïnfiltrerd en de systemen zijn kleinschalig. Deze systemen worden meestal aangelegd door een boorfirma in combinatie met een installatiebedrijf. Er zijn relatief veel problemen met de dimensionering en instelling.

## OVERZICHT VAN MOGELIJKE EFFECTEN

### **Positieve effecten**

Koude- en warmteopslag wordt door onder andere NOVEM beschouwd als een duurzame energiebron. Toepassing leidt tot een beperking van het gebruik van fossiele brandstof en vermindering van uitstoot van CO<sub>2</sub>, zwavel en NO<sub>x</sub>. Een toename van de zogenaamde broeikasgassen (met name CO<sub>2</sub>) in de atmosfeer leidt tot klimaatveranderingen die de veiligheid en gezondheid van mensen, alsmede de stabiliteit, diversiteit en het voortbestaan van natuurlijke ecosystemen bedreigen. Het benutten van de bodem voor de opslag en winning van energie wordt de vierde duurzame bron van energiewinning genoemd, naast zon, wind en water.

### **Negatieve effecten**

Koude- en warmteopslagsystemen hebben ook negatieve effecten op de bodem. Er zijn negatieve effecten die altijd optreden of alleen in specifieke situaties.

#### *Bij zowel goed functionerende open als gesloten systemen:*

- verstoren aardkundige waarden
- archeologisch
  - paleontologisch
  - geo(hydro)logisch en/of bodemkundig
- permanent inbrengen van milieuvreemde (verontreinigende) stoffen in de bodem (buizen, zwelklei)
- het doorboren van scheidende lagen
- temperatuurverhoging van grondwater ten gevolge van warmte
  - gevolg: verhoging van biologische activiteit van bodemorganismen
  - mogelijk gevolg: verandering van chemische evenwichten in de bodem
  - bij extreme temperatuurverhoging (40 °C) kan convectorie optreden
- temperatuurverlaging van grondwater ten gevolge van infiltratie koude
  - gevolg: verlaging van biologische activiteit van bodemorganismen
  - mogelijk gevolg: verandering van chemische evenwichten in de bodem

#### *Bij goed functionerende open systemen*

- wijziging van grondwaterstromingsrichting (horizontaal en vertikaal, op lokale schaal)
- wijziging van grondwaterstromingssnelheid (op lokale schaal)
- wijziging stijghoogte (op lokale schaal) en daarmee mogelijke wijziging kwel- of infiltratiesituatie
- bodemdaling

***Bij goed functionerende gesloten systemen:***

- bevriezing rond bodemwarmtewisselaar
  - effect op de bodemstructuur bovenste meter van de bodem
  - effect op biologische activiteit in de bodem bovenste meter van de bodem
- na gebruik van het systeem blijft er veel bodemvreemd materiaal in de bodem aanwezig

***Bij slecht functionerende of defecte open systemen***

- introductie van systeemvreemd grondwater in grondwaterpakketten
- introductie van zuurstofrijker water in zuurstofarmere pakketten
- chloorbleekloog of zuur in grondwater na reinigen van verstopte bronnen
- wijziging verspreidingspatroon grondwaterverontreinigingen die zich bevinden in de invloedssfeer van het open systeem
- verlaging rendement door onderlinge beïnvloeding van systemen, met name door het kruislings plaatsen van bronnen als preventie ten aanzien van hydrologisch effecten
- grote open systemen die zich in elkaars invloedssfeer bevinden kunnen elkaar versterkende effecten hebben ten aanzien van geohydrologie, bodemdaling, chemische evenwichten en bodemecosystemen

***Bij slecht functionerende of defecte gesloten systemen***

- lekkage van bodemlussen
  - gevolg: introductie van milieuvreemde stoffen in het grondwater

***Bij zowel slecht functionerende of defecte open- als gesloten systemen***

- doorboren en niet of slecht afdichten/herstellen van afsluitende lagen
  - gevolg: kortsluitstromen tussen watervoerende pakketten,
    - met als gevolg wijziging kwel- of infiltratiesituatie
    - met als mogelijk gevolg effecten op ecosysteem
  - gevolg: verzilting van zoet water of verzoeting van zilt water
  - verspreiding van grondwaterverontreiniging
- verspreiding van verontreiniging vanaf het maaiveld door lekkage, bijvoorbeeld ten gevolge van lekkage ter plaatse van de warmtewisselaar (in geval van open systemen kan de verontreiniging de grond in worden gepompt)
- energieonbalans door meer warmte of koude onttrekken dan toevoegen
  - op termijn vermindert het rendement van het systeem
- interactie met ondergrondse infrastructuur met negatieve gevolgen
- significant negatief effect op bodemecosystemen en ecosystemen aan het maaiveld
- significante en/of irreversibele effecten op chemische evenwichten in de bodem