



RAPPORT DIEPE ONDERGROND EN BODEMBESCHERMING

DENKEN IN VIER DIMENSIES

RAPPORT
DIEPE ONDERGROND EN BODEMBESCHERMING

Werkgroep "Diepe ondergrond"
redactie: Ria Wijland

TCB R06(1996)

DEN HAAG
januari 1996

Technische commissie bodembescherming, Postbus 30947, 2500 GX Den Haag
telefoonnummer 070 3393034; fax 070 3391342

*"Alle lagen in de ondergrond zijn op de een of andere manier
geschikt te maken voor menselijke activiteiten"*

J.T. Buma, 1986

VOORWOORD

De diepe ondergrond van Nederland wordt geëxploiteerd voor het winnen van fossiele brandstoffen, zout en grondwater. Effecten hiervan, zoals verontreiniging van het grondwater, bodemdaling en het optreden van aardbevingen zijn onderkend. Maar de aandacht gaat tegenwoordig ook naar de diepe ondergrond uit voor andere toepassingen. Tijdelijke opslag van aardgasvoorraden, berging van afvalstoffen, geothermische projecten en berging van grote hoeveelheden kooldioxide zijn in beeld. Deze activiteiten kunnen nadelige effecten hebben op de kwaliteit en de gebruiksmogelijkheden van de ondergrond.

In dit rapport wordt het bestaande juridisch instrumentarium beschreven en de wetenschappelijke kennis over de ondergrond en ondergrondse processen geïnventariseerd. Daarbij komt de wisselwerking tussen activiteiten en natuurlijke processen aan de orde. Doel van het rapport is om een indruk te geven van de aanspraak die op de ondergrond kan worden gemaakt en wat daarvan de mogelijke effecten zijn.

Het rapport maakt duidelijk dat de beschikbare en voor menselijk gebruik geschikte ruimte niet onbeperkt is. Om op verantwoorde wijze van de diepe ondergrond gebruik te maken is een totaal-visie op de bestemming nodig. De bestaande milieuwetgeving en mijnwetgeving zouden, indien het toenemend gebruik, zoals in het rapport wordt voorzien, reëel blijkt te zijn, aangevuld moeten worden met een ruimtelijk ordeningsbeleid van de diepe ondergrond. De commissie merkt hierbij op dat dit vooraf dient te worden gegaan door een meer kwantitatieve inventarisatie van de omvang en uitgestrektheid van activiteiten in de ondergrond.


Op deze plaats wil de commissie haar waardering uitspreken voor de inzet van de werkgroepsleden bij het opstellen van dit rapport. Zij hoopt dat hun product de aanzet zal zijn voor verdere ontwikkeling van het beleid ten aanzien van de diepe ondergrond.

De adjunct secretaris,



Mevr. drs. R. Wijland.

De voorzitter,



Ir. W.C. Reij.

INHOUD

1 INLEIDING	1
Leeswijzer	3
2 DOEL EN PROBLEEMSTELLING	5
Probleemstelling	5
De studie	6
Werkwijze	7
Wat is de diepe ondergrond?	8
3 JURIDISCH INSTRUMENTARIUM	11
De Wet bodembescherming	11
Andere milieu-relevante wetgeving	13
Milieu-effectrapportage (M.E.R.)	14
De mijnwetgeving	14
Relatie tussen milieu- en mijnwetgeving	18
4 WINNING FOSSIELE BRANDSTOFFEN	19
Bodemdaling	19
Seismisch gedrag	22
Invloed op grondwater	26
5 GASOPSLAG	29
Geomechanische processen	30
6 OPSLAG VAN AFVALSTOFFEN	33
Bergingsmogelijkheden	33
Onderzoek in Nederland	38
Interactie met andere activiteiten en natuurlijke processen	39

7 GEOTHERMIE	43
Winning van aardwarmte	43
Warmte- en koude-opslag	46
8 ANDERE ACTIVITEITEN	55
(Her)injectie van vloeistoffen	55
Winning van zout	56
Ondergrondse oxidatie	57
Productieverhoging van winputten	57
Ondergronds ontijzeren	57
CO ₂ -berging	59
Beïnvloeding van de ondergrondse fysische omstandigheden	61
9 ANALYSE VAN ACTIVITEITEN EN GEVOLGEN	63
Risico's van ondergrondse activiteiten	63
Modellering	66
De beschikbare kennis	69
10 BESCHERMING VAN DE DIEPE ONDERGROND	71
Inleiding	71
Beschermingsobjecten	71
Het huidige gebruik van de diepe ondergrond	73
Beoordelen van activiteiten	75
Conclusie	77
REFERENTIES	79
BIJLAGE 1: SAMENSTELLING WERKGROEP "DIEPE ONDERGROND"	
BIJLAGE 2: HOOFDSTUK III UIT DE WET BODEMBESCHERMING	
BIJLAGE 3: ONTWERP-WIJZIGING MIJNREGLEMENT	
BIJLAGE 4: VERKLARENDE WOORDENLIJST	

1 INLEIDING

De bodem vormt de basis voor vele vormen van menselijk handelen. Voor het produceren van voedsel en drinkwater, voor het winnen van grondstoffen, voor het kunnen wonen en voortbewegen en voor een prettig leefmilieu is de mens afhankelijk van de bodem. Het bodembeschermingsbeleid is erop gericht de eigenschappen van de bodem die van belang zijn voor het vervullen van de verschillende functies te behouden. Daartoe worden regels gesteld aan menselijke activiteiten die de bodemkwaliteit (chemisch, fysisch en biologisch) nadelig kunnen beïnvloeden.

Bleef het menselijk ingrijpen gedurende vele eeuwen voornamelijk beperkt tot het oppervlak, met de groeiende techniek en kennis werd het mogelijk steeds verder in de ondergrond door te dringen, voor winning van ondermeer grondwater, fossiele brandstoffen en zout. Hierbij is veel kennis opgedaan over de mogelijke gevolgen voor de bodem. In toenemende mate zal de ondergrond ook voor andere activiteiten gebruikt gaan worden. Zo worden momenteel de mogelijkheden verkend om de diepe ondergrond in te zetten bij het oplossen van de problematiek rond afvalstoffen, klimaatverandering en energiebesparing. Geologische formaties kunnen daarbij dienen als opslagreservoirs voor afvalstoffen, broeikasgassen, aardgas en energie.

Het is duidelijk dat door deze activiteiten fysische, chemische en biologische processen optreden die de functionele eigenschappen van de bodem in de omgeving kunnen beïnvloeden. Over de optredende processen en de gevolgen daarvan bestaan veel onzekerheden. Zowel bij de voorspelling van processen (welke geochemische processen treden op bij de opslag van kooldioxide?) als bij de verklaring van waargenomen fenomenen (kan een waargenomen aardbeving toegeschreven worden aan een gaswinning?) leidt dit soms tot verschillende standpunten. Ook over hoe met deze materie in het bodembeschermingsbeleid moet worden omgegaan bestaat nog geen duidelijk beeld.

De Technische commissie bodembescherming (TCB) adviseert in technische- en wetenschappelijke zin over wet- en regelgeving aangaande de bodembescherming. Daarbij is zij enkele malen ingegaan op voorgenomen activiteiten die zich niet direct in de nabijheid van het aardoppervlak, maar op grotere diepte afspelen, zoals opberging van afvalstoffen in de diepe ondergrond en opberging van kooldioxide in geo-

logische formaties. Ook heeft zij in 1993 gereageerd op een ontwerp-wijziging van het Mijnreglement aangaande het brengen van stoffen in ondergrondse werken. De TCB zal ook in de toekomst betrokken zijn bij het tot stand komen van regelgeving voor activiteiten in de diepe ondergrond. Om zich voor te bereiden op toekomstige adviezen aan de Ministers van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en Economische Zaken heeft de commissie behoefte aan een overzicht van de bestaande wetenschappelijke kennis. Verder wenst zij te verkennen op welke wijze in het bodembeschermingsbeleid met activiteiten in de diepe ondergrond zou kunnen worden omgegaan. Uit gesprekken met leden van het platform "verantwoord gebruik van de Nederlandse ondergrond" kwam naar voren dat over de gevolgen van bijvoorbeeld aardgaswinning door deskundigen niet altijd hetzelfde werd gedacht. Om de diverse standpunten en inzichten te belichten is een discussie tussen verschillende deskundigen van belang. Daarom heeft de commissie besloten om een werkgroep in te stellen.

De opdracht aan deze werkgroep was:

- inzicht geven in de mogelijke gevolgen van menselijk handelen in de diepe ondergrond voor het (diepe) bodemmilieu;
- inzicht geven in de mogelijke samenhang tussen de verschillende activiteiten en natuurlijk optredende processen; en
- ideeën naar voren brengen over eventueel (bodembeschermings)beleid bij menselijke activiteiten in de diepe ondergrond.

Op grond van de informatie die door de werkgroepsleden werd aangedragen is dit rapport opgesteld. Tevens is hierbij gebruik gemaakt van beschikbare onderzoeksrapporten betreffende de verschillende activiteiten die in dit rapport worden besproken. Het rapport gaat in op het bestaande juridische instrumentarium, de gevolgen van menselijk handelen in de diepe ondergrond en de complexe relaties die bestaan tussen het menselijk handelen en de natuurlijke processen die op grote diepte plaatsvinden.

Een belangrijke conclusie van het rapport is dat bij de beoordeling van een activiteit de samenhang met andere activiteiten en natuurlijke processen en de beschikbare ruimte in de ondergrond in beschouwing genomen moet worden. Om activiteiten op hun gevolgen voor het diepe bodemmilieu te kunnen beoordelen is het noodzakelijk dat vastligt wat bodembescherming met betrekking tot de diepe ondergrond dient in

te houden. Bij de vorming van ideeën hierover kan de informatie in dit rapport een rol spelen.

Een tweede conclusie die uit de beschrijving van de verschillende activiteiten kan worden getrokken is dat de diepe ondergrond in principe veel mogelijkheden biedt. Deze mogelijkheden zijn echter niet onbeperkt. Veel activiteiten maken aanspraak op dezelfde (soort) geologische formaties, maar zijn veelal niet te combineren. Een toenemend gebruik van de diepe ondergrond leidt dus tot beperking van de mogelijkheden voor andere activiteiten. Om tot een duurzaam gebruik van de diepe ondergrond te komen lijkt het dan ook zinvol om een totaalvisie te ontwikkelen, waarbij de bestemming van de ondergrondse ruimte wordt aangegeven. Dit idee wordt in dit rapport aangedragen.

Bij de beoordeling van activiteiten in de diepe ondergrond spelen ook maatschappelijke, economische, en ethische aspecten een rol. Nadrukkelijk wordt gesteld dat deze aspecten, hoe belangrijk en interessant dan ook, geen rol hebben gespeeld bij de discussie die in de werkgroep is gevoerd. Het is ook niet de opzet van het rapport om een uitspraak te doen over de toelaatbaarheid van de diverse activiteiten.

LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 wordt de doelstelling van dit rapport toegelicht. Daartoe wordt een afbakening van het onderwerp gemaakt, waarbij wordt uitgelegd wat in het kader van dit rapport wordt bedoeld met de diepe ondergrond en welke activiteiten in beschouwing zullen worden genomen. In hoofdstuk 3 wordt een beeld gegeven van het juridische kader dat momenteel op activiteiten in de diepe ondergrond van toepassing is.

In de hoofdstukken 4 tot en met 8 worden enkele vormen van menselijke ingrepen en de mogelijke gevolgen ervan beschreven. Deze hoofdstukken bevatten informatie die de commissie bij haar adviseringsstaak van dienst kan zijn. De activiteiten die zijn beschreven zijn gekozen op grond van economisch en maatschappelijk belang, de mogelijke bijdrage aan de oplossing van milieuproblemen en/of de grote maatschappelijke belangstelling. De winning van fossiele brandstoffen (hoofdstuk 4) is een belangrijke economische activiteit, die al zeer geruime tijd plaatsvindt. De opslag van aardgas (hoofdstuk 5) is eveneens van economisch en maatschappelijk belang en recentelijk is besloten deze activiteit te starten nabij Langelo en Grijskerk. Bij Alkmaar is een dergelijke activiteit gepland. De opslag van afvalstoffen in de diepe

ondergrond (hoofdstuk 6) vormde in de afgelopen decennia een steeds terugkerend onderwerp van politieke, maatschappelijke en wetenschappelijke discussies. Geothermische projecten, zoals aardwarmtewinning en koude- en warmte-opslag (hoofdstuk 7) kunnen een bijdrage leveren aan de beperking van het gebruik van fossiele brandstoffen en worden in Nederland al op bescheiden schaal toegepast.

Deze activiteiten vormen slechts een deel van alle mogelijkheden die de diepe ondergrond biedt. In hoofdstuk 8 wordt in het kort op nog enkele andere activiteiten ingegaan, waardoor een beter beeld van de omvang en consequenties van menselijk handelen in de diepe ondergrond wordt verkregen.

In hoofdstuk 9 worden de bevindingen voor de verschillende activiteiten samengevoegd tot een algemeen beeld van de gevolgen voor het milieucompartiment bodem van menselijk handelen in de diepe ondergrond. Dit leidt tot een nadere beschrijving van de probleemstelling van hoofdstuk 2. Tevens wordt in dit hoofdstuk kort aangegeven welke kennis beschikbaar is op grond waarvan activiteiten beoordeeld kunnen worden.

Hoofdstuk 10 geeft aan waarom bescherming van de diepe ondergrond van belang is en hoe deze bescherming past binnen het milieubeleid. Verder wordt aangegeven dat een visie op de ordening van de diepe ondergrond noodzakelijk is om het toenemend gebruik van dit milieucompartiment in goede banen te leiden.

Bij het beschrijven van de verschillende activiteiten in de diepe ondergrond zijn soms vaktermen gebruikt. Ter toelichting op deze termen is in bijlage 4 van dit rapport een verklarende woordenlijst opgenomen.

2 DOEL EN PROBLEEMSTELLING

In dit rapport worden de problemen voor het bodemmilieu beschreven die kunnen optreden bij menselijk handelen in de diepe ondergrond. In dit hoofdstuk wordt eerst aangegeven waarom het rapport is geschreven, hoe het tot stand is gekomen en welke vragen worden beantwoord. Omdat activiteiten zich op iedere diepte kunnen afspelen en de gevolgen op ieder niveau, ook aan het oppervlak, merkbaar zijn wordt vervolgens een afbakening van het onderwerp gegeven.

PROBLEEMSTELLING

In Nederland is de ruimte aan het aardoppervlak beperkt. Bij het ordenen van deze ruimte is men dus sterk afhankelijk van de uitbreiding omhoog (flatgebouwen) of omlaag (de ondergrond in). Voor verschillende doeleinden maakt de mens al gebruik van de mogelijkheden en eigenschappen van de diepere ondergrond. Veel lagen in de ondergrond zijn op de één of andere manier geschikt (te maken) voor menselijke activiteiten. Geologische formaties bevatten verschillende grondstoffen die voor de mens van belang kunnen zijn, zoals fossiele brandstoffen, zout, bouwmaterialen en grondwater. Maar de ondergrond is voor de mens niet alleen van belang voor het winnen van daar aanwezige grondstoffen. Ook de hogere temperaturen en drukken in de ondergrond en de isolerende werking van geologische formaties kunnen ten dienste van de mens worden ingezet. Denkbare toepassingen zijn ondermeer aardwarmtewinning, opslag of verwijdering van (niet verwerkbaar) afval, en opslag van buffervoorraden van ondermeer aardolie, aardgas, warmte en andere vormen van energie zoals perslucht.

Als de mens doordringt in de diepe ondergrond kan dat consequenties hebben voor het bodemmilieu. Zo kunnen de bodem en het grondwater verontreinigd raken door boorwerkzaamheden, lekkages of door (vloei)stoffen die in de bodem worden gebracht. Ook indirecte beïnvloeding van de grond- en grondwaterkwaliteit kan plaatsvinden door verandering van de zuurgraad en het intreden van zuurstof op diepte. Verder kunnen ingrepen in de diepe ondergrond tot gevolg hebben dat de (gas)druk op diepte verandert waardoor gesteentemechanische processen kunnen worden opgewekt die tot bodemdaling en aardbevingen leiden. Ook kunnen activiteiten en natuurlijke processen elkaar beïnvloeden, omdat zij in hetzelfde gebied (in dezelfde of in bij el-

kaar voorkomende geologische formaties) plaatsvinden. Er zijn vele mogelijke interacties tussen natuurlijke processen en menselijke activiteiten denkbaar. Veel van deze mogelijke relaties zijn echter in de praktijk (nog) niet aangetoond.

Niet alleen ter plaatse en op het moment van de activiteit treden effecten op. Zo kunnen ook aan het aardoppervlak effecten, zoals bodemdaling en verontreiniging van grondwater, zichtbaar worden, die het gevolg zijn van activiteiten die zich op grote afstand en in de diepte afgespeeld hebben. Bij het bestuderen van de processen is het dus van belang het ruimte- en tijdsaspect¹ in beschouwing te nemen.

Naast chemische en fysische beïnvloeding maakt een activiteit soms aanspraak op een deel van de ondergrondse ruimte zelf. Omdat de ondergrondse ruimte niet onbeperkt is in omvang zal dit ruimtebeslag de toekomstige mogelijkheden van het gebruik van de diepe ondergrond verminderen.

Invloed op het bodemmilieu is bij ondergrondse activiteiten niet te vermijden. De negatieve gevolgen dienen zoveel mogelijk beperkt te worden. Tot op heden is het preventieve bodembeschermingsbeleid voornamelijk gericht geweest op activiteiten aan het aardoppervlak. Bodembescherming voor allerlei handelingen in de diepe ondergrond is een tamelijk nieuw terrein. Het ontwikkelen van beleid voor dit milieucompartiment brengt specifieke problemen met zich mee, zoals de relatieve ontoegankelijkheid voor onderzoek, de onduidelijkheden over te beschermen eigenschappen en objecten en het verschil in tijd en plaats tussen de activiteit en het zichtbaar worden van de gevolgen ervan. Hierdoor kan nog niet altijd volledig rekening gehouden worden met de mogelijk nadelige gevolgen van zich ondergronds afspelende processen.

DE STUDIE

Zoals al is aangegeven verwacht de commissie in de toekomst adviesaanvragen over (nieuwe) activiteiten in de diepe ondergrond. De invalshoeken en problemen die daarbij spelen lijken haar zodanig verschillend van die van bovengrondse activiteiten dat een aparte studie naar de problematiek gewenst is. Omdat de wetenschappe-

¹ Bij bodembescherming spelen niet alleen activiteiten en processen in de bovenste meters van de bodem een rol, maar ook die op grotere diepte. Sommige processen treden snel op, andere uiterst langzaam. Dit uit zich in de tijd waarop de gevolgen van activiteiten in de ondergrond voor de mens zichtbaar of merkbaar worden. Tijd is dan ook van even groot belang als de ruimtelijke dimensies. Met de ondertitel van dit rapport "denken in vier dimensies" wordt het belang van diepte en tijd benadrukt.

lijke en technische kennis aanwezig is bij verschillende onderzoeksinstituten en omdat in haar contacten met diverse deskundigen bleek dat er over gevolgen van menselijk ingrijpen in de diepe ondergrond nog veel onzeker is, heeft de commissie besloten de werkgroep "Diepe ondergrond" in te stellen, die het menselijk ingrijpen in de diepe ondergrond inventariseert. De samenstelling van deze werkgroep is weergegeven in bijlage 1. Het resultaat van activiteiten van de werkgroep is voorliggend rapport, dat een overzicht geeft van de huidige en geplande ingrepen en de processen die daarbij een rol spelen. Het rapport is voornamelijk bedoeld om informatie aan de TCB te geven en om toekomstige adviezen op te baseren.

De overheid heeft nog geen integrale visie op het gebruik van de ondergrond ontwikkeld, zodat het toetsingskader voor de verschillende ingrepen ontbreekt. De invalshoeken van de activiteiten zijn zodanig verschillend dat de discussie over een dergelijk toetsingskader slechts moeizaam tot stand komt. Door de werkgroep "Diepe ondergrond" de opdracht mee te geven ideeën naar voren te brengen over eventueel (bodembeschermings)beleid hoopt de commissie deze discussie op gang te brengen.

WERKWIJZE

De eerste bijeenkomst van de werkgroep vond plaats op 30 juni 1994. Op deze bijeenkomst werd geïnventariseerd welke activiteiten en processen voor de diepe ondergrond van belang zijn, welke wetten en regelgeving op deze activiteiten van toepassing zijn, welke onzekerheden van belang zijn en met welke natuurlijke processen rekening gehouden dient te worden. Op grond van de resultaten van de eerste bijeenkomst en van gesprekken met ieder werkgroepslid afzonderlijk heeft de secretaris van de werkgroep een concept-rapport geschreven. Voor de beschrijving van de diverse activiteiten en processen en het juridisch instrumentarium heeft zij onderzoeksrapporten en beleidsstukken geraadpleegd.

Op 7 februari 1995 is de werkgroep voor de tweede keer bij elkaar gekomen om het concept-rapport te bespreken en op basis daarvan verder te discussiëren over hoe verantwoord gebruik kan worden gemaakt van de diepe ondergrond. Deze discussie leverde extra informatie op en leidde tot een meer logische volgorde van de besproken activiteiten. Tevens werd duidelijk dat voor een goed beleid inzake de activiteiten in de diepe ondergrond een visie op de ordening van dit milieucompartiment nodig is.

Een aangepast concept-rapport is vervolgens in de TCB-vergadering van 15 maart 1995 besproken met het doel om te toetsen of dit rapport aan de verwachting van de commissie, zijnde de primaire gebruiker, voldoet. Vervolgens heeft op grond van het concept-rapport ook overleg plaatsgevonden met beleidsmedewerkers van de Ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en Economische Zaken. Op grond van opmerkingen van de commissie en de beleidsmedewerkers is het rapport aangepast en besproken in de laatste vergadering van de werkgroep op 3 juli 1995.

Voortvloeiend uit de studie is een themanummer van het tijdschrift "Bodem" gewijd aan de diepe ondergrond (augustus 1995). Enkele aspecten die in dit rapport aan de orde komen worden in de artikelen door werkgroepsleden en andere deskundigen besproken.

WAT IS DE DIEPE ONDERGROND?

Het menselijk handelen in de ondergrond blijft niet beperkt tot één diepteniveau of enkele geologische formaties. De bodem moet daarom gezien worden als een continuüm met betrekking tot de diepte waarop de mens doordringt. Gevolgen van de handelingen zullen soms niet beperkt blijven tot de diepte waarop de activiteit plaatsvindt. Voordat een analyse wordt gemaakt van de problemen die kunnen optreden bij menselijk handelen in de diepe ondergrond is het dus van belang vast te stellen wat met het begrip diepe ondergrond bedoeld wordt in het kader van deze studie.

Omdat het in deze studie gaat om de gevolgen van menselijk handelen kan de ondergrens van het begrip 'diepe ondergrond' gelijk worden gesteld aan de economische basis: de diepte tot waar de mens in de bodem doordringt. Door een verdere ontwikkeling van de techniek en uitbreiding van de gebruiksmogelijkheden zal deze grens voor toekomstige generaties dieper kunnen liggen dan nu het geval is.

Het onderscheid tussen diepe en ondiepe ondergrond is op verschillende manieren geformuleerd:

- In het rapport "Erop of eronder?" (Van der Gaag, 1990), een verkenning van mogelijkheden voor het herroepelijk opbergen van chemisch afval in de ondergrond, is voorgesteld dat deel van de ondergrond als diep aan te duiden dat begint op ongeveer 200 meter beneden het maaiveld.

- In het rapport "Onderzoek naar geologische opberging van radioactief afval in Nederland" (Ministerie van Economische Zaken, 1993) wordt onder de diepe ondergrond dat deel van de bodem verstaan dat beneden ca. 500 meter ligt.
- In het rapport "Storten van niet verwerkbaar afval: een verkenning van alternatieven" (VROM, 1987) wordt de diepe ondergrond als volgt onderscheiden van de ondiepe ondergrond:

"De ondiepe ondergrond is dat deel van de ondergrond waarin het grondwater van nature deelneemt aan de hydrologische kringloop van het water. De diepe ondergrond daarentegen is dat deel van de ondergrond, waarin het water niet of vrijwel niet in stroming is en niet deel uitmaakt van de hydrologische kringloop."

Uit de gegeven omschrijvingen blijkt dat het onderscheid tussen diepe en ondiepe ondergrond niet eenduidig vastligt. Het is in ieder geval geen wetenschappelijk vaststaand gegeven. In feite gaat het om een grens tussen twee ondergrondse compartimenten die alleen betekenis heeft binnen de context van een onderzoek of beleidsterrein.

Deze studie is ingegeven door de constatering dat het bodembeschermingsbeleid tot nu toe voornamelijk gericht is geweest op de gevolgen van menselijke ingrijpen in het bovenste deel van de bodem. De afbakening is tot stand gekomen door die activiteiten in beschouwing te nemen die door werkgroepsleden in het kader van deze probleemstelling als relevant naar voren zijn gebracht. Het betreft hier dus activiteiten waarvoor de betrokken deskundigen van mening zijn dat ze vallen onder de categorie "activiteiten in de diepe ondergrond". Voor deze activiteiten blijkt het zetten van boringen noodzakelijk te zijn. Op basis van deze constatering zou de diepe ondergrond dus ook gedefinieerd kunnen worden als dat deel van de ondergrond dat door de mens kan worden bereikt, maar alleen door boorwerkzaamheden of mijnbouw is te ontsluiten. Met deze omschrijving in gedachte is dit rapport geschreven. Daarbij dient opgemerkt te worden dat in principe alleen de diepe ondergrond van het Nederlands Territoir (zoals dat in de mijnwetgeving is omschreven) onderwerp van dit rapport is.

De gevolgen van diepe activiteiten blijven niet beperkt tot het diepe bodemcompartiment en ook niet tot het gebied dat binnen de landsgrenzen van Nederland valt. Voor de effecten zal daarom de gehele ondergrond in beschouwing worden genomen. Gevolgen voor de bodem van de voor ondergrondse activiteiten benodigde bovengrondse gebouwen en infrastructuur vallen buiten de reikwijdte van dit rapport.

3 JURIDISCH INSTRUMENTARIUM

In dit hoofdstuk zal ingegaan worden op de bestaande wet- en regelgeving met betrekking tot de bodembescherming bij activiteiten die op diepte plaatsvinden. De Wet bodembescherming is een voor de hand liggend juridisch instrument. Ook de Grondwaterwet en de Mijnwet kunnen bescherming aan de bodem bieden. Voor sommige activiteiten bestaat een wettelijke plicht tot het maken van een milieu-effectrapport (MER). Een MER kan er toe bijdragen dat bij de beoordeling van ondergrondse activiteiten rekening wordt gehouden met bodembeschermingsaspecten.

DE WET BODEMBESCHERMING

In de Wet bodembescherming (1994) worden de bodem en de bodembescherming als volgt gedefinieerd:

"de bodem = het vaste deel van de aarde met de zich daarin bevindende vloeibare en gasvormige bestanddelen en organismen", en

"het belang van de bescherming van de bodem = het belang van het voorkomen, beperken of ongedaan maken van veranderingen van hoedanigheden van de bodem, die een vermindering of bedreiging betekenen van de functionele eigenschappen die de bodem voor mens, plant of dier heeft."

Omdat de Wet bodembescherming zich richt op handelingen op en in de bodem gaat deze Wet even diep als het menselijk handelen gaat. De diepe ondergrond maakt dus onderdeel uit van de reikwijdte van de Wet. Bij de uitwerking van het bodembeschermingsbeleid is tot nu toe voornamelijk prioriteit gegeven aan de gevolgen van menselijk ingrijpen in het bovenste deel van de bodem. Enkele activiteiten die zich dieper onder het aardoppervlak afspelen zijn geregeld in het Lozingenbesluit (1990) en het Infiltratiebesluit (1993).

Lozingenbesluit bodembescherming

Het Lozingenbesluit stelt nadere regels aan het definitief in de bodem brengen van huishoudelijk afvalwater, koelwater en overige vloeistoffen. Voor dergelijke lozingen zijn veelal een vergunning (lozingen vanuit inrichtingen) of ontheffing (lozing van buiten inrichtingen) vereist, te verlenen door het bevoegd gezag (veelal Burge-

meester en Wethouders van de betreffende gemeente) waarin regels zijn opgenomen volgens het besluit. Het komt erop neer dat lozing van vloeistoffen in principe verboden is, tenzij, bij huishoudelijk afvalwater, andere afvoerwegen niet goed mogelijk zijn of, in het geval van koelwater en overige vloeistoffen, indien er geen gevaar voor verontreiniging van de bodem aanwezig is. Regelmatig onderzoek naar de hoedanigheid van de bodem is verplicht. Een eventuele verontreiniging dient ongedaan gemaakt te worden. In milieubeschermingsgebieden kunnen extra voorschriften aan een vergunning worden gekoppeld.

Het merendeel van de lozingen van vloeistoffen vindt plaats in het bovenste deel van de bodem, door middel van infiltratie vanuit ondermeer zakputten, afgedamde sloten en greppels. Maar in enkele gevallen vinden lozingen ook via pijpen of buizen, eventueel onder opgelegde druk, op grote diepte plaats. Deze gevallen zijn in het Lozingenbesluit niet apart onderscheiden.

Infiltratiebesluit bodembescherming

Het Infiltratiebesluit is uitsluitend van toepassing op het infiltreren van water, afkomstig uit oppervlaktewater, ten behoeve van de grondwateronttrekking. Als voorwaarde is gesteld dat deze infiltraties geen gevaar voor verontreiniging van de bodem, in dit geval het grondwater, mogen opleveren. Het bevoegd gezag (Gedeputeerde Staten van de betreffende provincie) dient bij een vergunningverlening op grond van de Grondwaterwet regels op te stellen conform het Infiltratiebesluit. Deze regels betreffen voorschriften ten aanzien van de kwaliteit van het te infiltreren water en de beheersing van de hydrologische situatie (het geïnfilterde water dient grotendeels weer onttrokken te worden in grondwaterwinputten).

Infiltratie van oppervlaktewater ten behoeve van de grondwateronttrekking vindt al sinds de jaren vijftig plaats door infiltratie via vijvers of kanalen. De laatste jaren is daar ook de infiltratie op diepte bijgekomen, waarbij door middel van putten het oppervlaktewater in diepere grondlagen wordt gebracht. Beide infiltratievormen vallen binnen de werkingssfeer van het Infiltratiebesluit. Infiltratie van andere vloeistoffen dan oppervlaktewater voor de aanvulling van het grondwater (bijvoorbeeld regenwater) vallen niet binnen het Infiltratiebesluit.

Reikwijdte Wet bodembescherming

De Wet bodembescherming (Wbb) biedt ruimte voor het opstellen van nog andere preventief werkende Algemene Maatregelen van Bestuur (AMvB's) die in principe ook van toepassing kunnen zijn op activiteiten in de diepe ondergrond. Op grond van artikel 6 in het Wbb kan bijvoorbeeld een AMvB worden opgesteld voor het in de bodem brengen van afvalstoffen en op grond van artikel 7 kunnen in een AMvB regels worden opgenomen met betrekking tot het in de bodem brengen van stoffen om de structuur of de kwaliteit van de bodem te beïnvloeden.

In het kader van de Wet bodembescherming wordt geen specifieke aandacht besteed aan de diepe delfstofwinning. In het Voorlopig Indicatief Meerjaren Programma Bodem (V-IMP) 1984-1988 (VROM, 1983) werd dit als volgt beargumenteerd:

" [...] Vanuit een oogpunt van bodembescherming is gezien de omvang en beslag op de bodem in eerste instantie de winning van oppervlakedelfstoffen van belang. De diepe delfstofwinning die in Nederland plaatsvindt, met name van aardgas, aardolie en zout, blijft hier [in het V-IMP] dan ook buiten beschouwing."

ANDERE MILIEU-RELEVANTE WETGEVING

De Grondwaterwet (1984) biedt het bevoegd gezag (Gedeputeerde Staten van de betreffende provincie) de mogelijkheid aan grondwaterwinvergunningen voorschriften te verbinden in het belang van de bodembescherming. Sinds de inwerkingtreding in 1984 kunnen op grond van de wet voorwaarden worden gesteld aan de omvang van het te onttrekken water en aan de omvang en kwaliteit van het water dat geïnfiltrerd wordt om het grondwater aan te vullen. De criteria hiervoor zijn terug te vinden in het eerder genoemde Infiltratiebesluit bodembescherming.

Verder zijn nog de Wet milieubeheer (waarin de Wet chemische afvalstoffen uit 1976 en de Afvalstoffenwet uit 1977 zijn ingebouwd) en de Kernenergiewet (Staatsblad 82, 1963) van belang. Op grond van deze wetten is een vergunning vereist voor het zich ontdoen van buiten een inrichting afkomstige afvalstoffen dan wel gevaarlijke afvalstoffen respectievelijk radioactieve stoffen in het belang van de bescherming van het milieu. Dit kunnen dus ook activiteiten betreffen waarbij afvalstoffen ter berging of opslag in de ondergrond worden gebracht.

MILIEU-EFFECTRAPPORTAGE (M.E.R.)

Naast de bodemgerichte milieu(-relevante) wetten is het instrument van de milieu-effectrapportage van belang voor het beoordelen van activiteiten in de diepe ondergrond. In het Besluit milieu-effectrapportage (Staatsblad 540, 1994) is een lijst aangegeven van activiteiten waarvoor het maken van een MER verplicht is (Bijlage C van het besluit). Een aantal activiteiten in de diepe ondergrond valt hieronder:

- grondwateronttrekking en infiltratie (C 15.2);
- winning van fossiele brandstoffen en diepboringen (C 17.1, 17.2 en 17.3);
- verwijdering van afvalstoffen (C 18.1 en 18.3);
- opslag van water en gassen ten behoeve van de electriciteitsvoorziening (C 22.8);
- verwijdering van radioactief afval (C 23.1);
- opslag van aardgas anders dan in oude gasvelden (C 25.2);
- steenkoolvergassing (C 26).

Ook als er geen wettelijke plicht is tot het uitvoeren van een milieu-effectrapportage bestaat, kan een MER een goed hulpmiddel zijn om de gevolgen van activiteiten voor de diepe ondergrond in beeld te brengen.

DE MIJNWETGEVING

Delfstofwinning

De Mijnwet is de enige wet die specifiek is geschreven voor de diepe ondergrond. De mijnwetgeving is beschreven in twee delen, te weten het deel voor het Nederlands territorium (Mijnwetgeving Nederlands territorium, editie Schuurman & Jordens, 1989) en het deel voor het Continentaal plat (Mijnwetgeving Continentaal plat, editie Schuurman & Jordens, 1989). De Mijnwet voor het Continentaal plat dateert uit 1965 en is verschenen in het Staatsblad no. 28. In het onderhavige rapport wordt verder niet ingegaan op activiteiten die plaatsvinden op het Continentaal plat. De Mijnwet voor het Nederlands gebied dateert al uit 1810 en deze Franstalige wet verscheen in het Bulletin des Lois no. 285. In het Staatsblad no. 73 van 1903 verscheen een belangrijke aanvulling op de Mijnwet van 1810. In deze aanvulling is de basis gelegd voor het stellen van voorschriften met betrekking tot de bescherming van de delfstoffen zelf en het milieu. Deze voorschriften zijn neergelegd in het Mijnreglement 1964, dat herhaaldelijk is aangepast en in de toekomst ook zal worden aangepast aan nieuwe situaties.

Voor het opsporen (onderzoek naar de aanwezigheid) van delfstoffen door middel van exploratieboringen is een vergunning vereist van de Minister van Economische Zaken, op grond van de Wet opsporing delfstoffen 1967 (Mijnwetgeving Nederlands territorium, editie Schuurman en Jordens, 1989). Aan deze vergunning kunnen de noodzakelijke en gewenste beperkingen en voorschriften worden verbonden.

Voor het winnen van delfstoffen in een mijn is een door de Kroon te verlenen concessie nodig. Hierbij wordt de mijn (de nog niet ontgonnen delfstof) eigendom van de concessiehouder. Daarvoor berust het eigendom van de zich onder de grond bevindende delfstoffen bij de eigenaar van de bovengrond. Een grondeigenaar mag de zich onder zijn terrein bevindende mijn echter niet ontginnen zonder concessie. De grondeigenaar heeft geen voorkeursrecht bij het verlenen van een concessie, wel heeft hij recht op een (geringe) schadeloosstelling afhankelijk van de grootte van het grondoppervlak.

Verder is een vergunning nodig op grond van het Mijnreglement. In het reglement zijn bij Algemene Maatregel van Bestuur voorschriften gegeven voor de winning van delfstoffen en alle daarmee samenhangende activiteiten in het belang van de veiligheid, de gezondheid van mens en dier, de bescherming van de delfstoffen zelf en het gebruik van de grond (ruimtelijke ordening). Ten aanzien van de bescherming van de delfstoffen is in artikel 30 bepaald dat bij een diepboring 'doelmatige' maatregelen moeten worden genomen ter voorkoming van een onnodig verloren gaan van delfstoffen en ter vermindering van het binnendringen van vloeistoffen of gassen in geologische formaties, waardoor de winning van delfstoffen zou kunnen worden geschaad.

In de loop van de tijd is de inhoud van de concessies en vergunningen gewijzigd. Sinds 1963 zijn er nieuwe voorschriften bijgekomen, zoals:

- uitsluiting van bepaalde gedeelten van het concessie terrein;
- mededelingsplicht (gegevens aan de Rijks Geologische Dienst overleggen);
- planologisch overleg;
- treffen van voorzorgsmaatregelen ter voorkoming van verontreiniging van bodem en oppervlaktewater.

Het toezicht op de naleving van de aan de vergunning en concessie verbonden voorschriften berust bij het Staatstoezicht op de Mijnen.

Opslagactiviteiten

Voor het opslaan en bergen van stoffen in de ondergrond bestaan nog geen specifieke regels. De mijnwetgeving bevat alleen algemene regels die ook op het in de ondergrond brengen van stoffen zouden kunnen worden toegepast. Om in de toekomst ongewenste situaties te voorkomen is besloten de regels voor opslag en opberging van stoffen in bij mijnen behorende ondergrondse werken, neer te leggen in het Mijnreglement. Momenteel is een wijziging van het Mijnreglement in voorbereiding (ontwerp-wijziging Mijnreglement, 1995, zie bijlage 3). Volgens deze wijziging wordt het brengen van stoffen in bij mijnen behorende ondergrondse werken vergunningplichtig. Aan de vergunning kunnen voorwaarden worden verbonden die nodig zijn in het belang van de bescherming van het milieu. De vergunning zal worden verleend door de Minister van Economische Zaken in overeenstemming met de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Van de vergunningplicht zijn uitgezonderd water en stoffen die noodzakelijk zijn in het kader van het mijnbedrijf, hemelwater dat op de locatie is gevallen en stoffen die uit delfstofvoorkomens afkomstig zijn en in een zelfde soort voorkomen worden teruggevoerd.

De vergunning kan worden verleend als de aanvrager aannemelijk heeft gemaakt dat de gevolgen voor het milieu aanvaardbaar zijn (en de veiligheid in voldoende mate zal zijn verzekerd). Door de bewijslast bij de aanvrager te leggen wordt bereikt dat een vergunning niet alleen kan worden geweigerd als duidelijk is dat het milieu wordt geschaad, maar ook in gevallen waarbij hierover nog onduidelijkheid bestaat. Om te beoordelen of een activiteit uit milieuoogpunt aanvaardbaar is zal ondermeer het ALARA-principe (*As Low As Reasonably Achievable*) als richtlijn dienen. Er mogen dus niet meer verontreinigende stoffen in de ondergrond terecht komen dan redelijkerwijs kan worden vermeden.

Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen opslag en opberging. Het kan dus gaan om het tijdelijk in de ondergrond opslaan van aardgas, maar ook om het definitief in de ondergrond opbergen van afval. De wijziging van het Mijnreglement maakt de weg niet vrij voor opslag in de diepe ondergrond, maar vormt de juridische basis voor regelgeving als in de toekomst tot dergelijke activiteiten wordt overgegaan.

Indien voor het 'opvullen' van de oude holten van mijnen nieuwe boringen noodzakelijk zijn, is het de vraag of die werkzaamheden aan de mijnwetgeving moeten voldoen. In feite worden die activiteiten niet meer met het oogmerk van winning uitge-

voerd en vallen zij daarom niet onder de mijnwetgeving. In een brief van 14 november 1988 (Ministerie van Economische Zaken, 1988) aan de voorzitter van de Tweede Kamer werd door de Minister van Economische Zaken als uitgangspunten voor de berging van afvalstoffen in de ondergrond genoemd: de veiligheid, bescherming van delfstoffen en het milieu. Samenwerking tussen mijnwetgeving en milieuwetgeving is daarbij nodig.

Schaderegeling bij steenkoolmijnen

Door het instorten van mijngangen en -schachten kan schade aan het oppervlak optreden. In de Mijnwet van 1810 is gesteld dat de mijneigenaar, de concessiehouder, verplicht is de schade te betalen aan de landeigenaren op wiens land de mijnactiviteiten plaatshebben. De bewijslast werd aan de kant van de concessiehouder gelegd. Deze diende dus te bewijzen dat de schade niet veroorzaakt is door de mijnoperatie om vrijgesteld te worden van de verplichting tot schadevergoeding. Na het sluiten van de mijnen bestonden er geen concessiehouders meer die verantwoordelijk konden worden gesteld voor de schade veroorzaakt door ingestorte verlaten mijnen. Daarom werd de Stichting Mijnschade voorziening opgericht, waarbij alle mijnbedrijven waren aangesloten. Deze werd in de zeventiger jaren vervangen door de Beoordelingscommissie Mijnschade, omdat de oude mijnbedrijven niet meer over de expertise beschikten om de vele schadegevallen te behandelen (Roggenkamp, 1991).

Schaderegeling bij olie- en gaswinningen

Bij het winnen van olie en gas uit de ondergrond bestaat het risico van bodemdaling. Hierdoor kan ook schade ontstaan aan het oppervlak. Dit probleem werd in de tijd van de eerste concessies nog niet gezien, zodat er nog geen clauses in de concessie waren opgenomen. In latere concessies werd het monitoren van de bodemdaling gedurende de mijnactiviteiten verplicht gesteld. Indien de resultaten wijzen op bodemdaling kan de concessiehouder verplicht worden tot het nemen van maatregelen en het betalen van schadevergoedingen². De ontginning van het Groningen gasveld, het grootste gasveld van Nederland, dateert van voor deze tijd (begin zestiger jaren). Voor het Groningen veld is de concessiehouder met verschillende partijen, die schade konden gaan ondervinden, een schaderegeling overeengekomen.

² Gaswinning kan ook gepaard gaan met lichte aardbevingen. Voor eventueel lichte schade door dergelijke aardbevingen zijn ook schaderegelingen in ontwikkeling.

RELATIE TUSSEN MILIEU- EN MIJNWETGEVING

De verantwoordelijkheid voor het ondergrondse milieu als er geen sprake is van delfstoffen (mijnen), mijngroeven of steengroeven en de mijnwetgeving dus niet geldt, ligt bij de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (Witberg, 1989). De Wet bodembescherming en de Wet milieubeheer (indien het gaat om inrichtingen) geven hiervoor het juridische kader. Voor zover de mijnwetgeving wel van toepassing is op ondergrondse activiteiten treedt een aantal milieuwetten of milieurelevante wetten terug en is de Minister van Economische Zaken de eerstverantwoordelijke bewindspersoon. De Mijnraad is voor deze activiteiten het geëigende adviesorgaan.

De Wet bodembescherming treedt terug op grond van artikel 99, doch in een AMvB op grond van de Wet bodembescherming kan uitdrukkelijk worden bepaald dat de AMvB ook op mijninrichtingen van toepassing is. Tot de inwerkingtreding van het gewijzigde Mijnreglement vallen lozingen in de bodem bij mijnbouwactiviteiten onder het Lozingenbesluit bodembescherming. Lozingen in het kader van mijnbouwkundige onderzoeken zullen ook na inwerkingtreding van het gewijzigde Mijnreglement onder het Lozingenbesluit blijven vallen.

Het oppompen van water uit bodemlagen dieper dan 500 meter -N.A.P. dat plaatsvindt in het kader van een mijnontginning valt buiten de reikwijdte van de Grondwaterwet. Hierop is de mijnwetgeving dus van toepassing.

De Wet milieubeheer (vergunning voor ondergrondse inrichtingen) treedt niet terug als het gaat om gevaarlijke afvalstoffen en van buiten de inrichting afkomstige afvalstoffen (artikel 22.1, tweede lid). In dat geval geldt dus een dubbel regime, waarbij zowel een vergunning ex Mijnwet en een vergunning ex Wet milieubeheer noodzakelijk is. Indien sprake is van activiteiten die vallen binnen het terrein van de Kernenergiewet treedt het Mijnreglement terug.

4 WINNING FOSSIELE BRANDSTOFFEN

De mijnactiviteiten zijn in Nederland begonnen met de domaniale kolenmijnen (eigendom van de Staat) in Kerkrade. Rond 1900 was de winning van steenkool van groot economisch belang. In 1959 werd het grote aardgasveld in Slochteren aangeboord (de Groningen-concessie). De winning van aardolie en aardgas werd economisch gezien steeds belangrijker. De steenkoolmijnen die daardoor niet meer rendabel waren, zijn tussen 1965 en 1974 gesloten.

In Tabel 1 is aangegeven hoe de produktie van aardgas zich sinds 1960 heeft ontwikkeld. Tot 1995 was op het vaste land van Nederland in totaal ongeveer 1760 miljard m³ aardgas gewonnen, terwijl er nog ongeveer 1660 miljard m³ aardgas als resterende reserve werd verwacht (waarvan 1360 miljard m³ in het Groningen gasveld). Aardolie wordt in Nederland slechts op bescheiden schaal gewonnen, met momenteel ongeveer 4 miljoen m³ per jaar. In totaal is op ongeveer 53% van het vaste land van Nederland een boorvergunning of concessie van toepassing. Het Staatstoezicht op de Mijnen controleert of bij de delfstofwinning de Mijnwetgeving wordt nageleefd.

Tabel 1. Ontwikkeling van de produktie van aardgas in miljard m³ (Taverne, 1993; Ministerie van Economische Zaken, 1993 en 1994)

Jaar	1960	1970	1980	1985	1986	1988	1991	1993	1994
Vaste land	0,4	33,4	78,2	64,5	58,5	49,1	63,7	66,1	54,9
Continentaal Plat	-	-	12,1	16,1	15,5	17,6	18,7	17,9	23,6
Nederland	0,4	33,4	90,3	80,6	74,0	66,7	82,4	84,0	78,5

BODEMDALING

Bij de winning van fossiele brandstoffen kan onderscheid gemaakt worden tussen het weghalen van vast materiaal (kolenlagen) en het verwijderen van gas of vloeistof dat zich in de poriën van gesteente bevindt (aardgas en aardolie). In beide gevallen wordt de druk in de ondergrond verlaagd. Deze in geologische tijd gezien plotselinge drukverlagingen zullen gesteentemechanische processen op gang brengen. Verlaten kolenwinningsgebieden zullen na verloop van tijd instorten en (gedeeltelijk) lege

gas- en olievelden zullen compacteren. Deze processen op diepte zijn aan het aardoppervlak merkbaar, omdat het bodemdaling tot gevolg heeft³.

Lokaal optredende bodemdaling door ingestorte kolenwinningsgebieden werd voor het eerst waargenomen in het begin van deze eeuw in Zuid-Limburg (Pöttgens, 1990). Aan de hand van daar opgetreden verzakkingen kon empirisch worden bepaald wat de relatie is tussen de afmeting van de ontginning en de bewegingen aan het aardoppervlak. Door volumetoename van het bovenliggende gesteente en door het ontstaan van breuken zal een instorting op diepte pas na enige tijd als bodemdaling zichtbaar zijn en zal de maximale bodemdaling aan het oppervlak niet zo groot zijn als de hoogte van de ondergrondse mijnruimte.

Voor het exploiteren van kolenlagen op diepte moet grondwater worden weggepompt. Als na de exploitatie van een kolenmijn het pompen van grondwater wordt beëindigd, lopen de ondergrondse ruimten vol met water. Als gevolg hiervan kan aan het aardoppervlak een lichte bodemstijging merkbaar zijn.

In de provincie Groningen daalt de bodem ten gevolge van gaswinning jaarlijks met enkele millimeters. Prognoses, gemaakt door de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM), gaan ervan uit dat bodemdaling in 2050 tussen de 34 en 45 centimeter zal bedragen met een meest waarschijnlijke waarde van 38 centimeter (NAM, 1995a). In tegenstelling tot de lokale verzakkingen bij steenkoolmijnen vindt hier de daling schotelvormig over een groot gebied plaats. Bodemdaling kan schade aan gebouwen, wegen, waterstaatkundige kunstwerken (zoals dijken, en bruggen) en ondergrondse leidingen veroorzaken. In gebieden waar de daling schotelvormig is, zal één en ander beperkt zijn. Zoals het geval is bij het Groningen gasveld, waar de daling van circa 38 centimeter wordt verdeeld over een afstand van 10 kilometer. Bij deze grootschalige schotelvormige dalingsgebieden kan wel de loop van rivieren en ander oppervlaktewater worden beïnvloed. Verder noodzaakt de dalende bodem tot extra pompen en verder beheersen van het oppervlaktewater om schade aan landbouw te voorkomen. Verwacht wordt dat eventuele gaswinning in de Waddenzee door bodemdaling en de daardoor veranderende stroming kustafslag langs de Friese kust tot gevolg zal hebben. Door sedimentatie in het actieve Waddenzeegebied zal de bodemdaling waarschijnlijk gecompenseerd worden (Oost & Dijkema, 1993), zodat verwacht mag worden dat de ecologische effecten (verdwijnen van Waddenplaten

³ Een extreem voorbeeld van bodemdaling ten gevolge van onttrekking van olie is het olieveld Long Beach in Californië (VS), waar de bodem tot 10 meter is gedaald (Pöttgens, 1990).

met ecologische waarde) beperkt zullen blijven. De bodemdaling die op Ameland bij de gaswinning aldaar is opgetreden is op het wad niet terug te vinden. Dit is een aanwijzing dat sedimentatie de bodemdaling kan compenseren.

Het merendeel van de gevolgen van bodemdaling is technisch goed beheersbaar (polderpeilverlaging, verhogen van dijken, enzovoorts). Er is een fonds ingesteld om eventueel voorkomende schade ten gevolge van bodemdaling in Groningen te vergoeden. Voor de toekomstige planologie en infrastructuur is een goede voorspelling van de te verwachten uiteindelijke bodemdaling onmisbaar. Voor het voorspellen van de bodemdaling bij gas- en oliewinning wordt gebruik gemaakt van geomechanische modelberekeningen. Hiervoor is kennis nodig over het gesteentemechanische gedrag van het gas- of oliereservoir en het omringende gesteente.

Een belangrijke invoerparameter voor deze modellen is de compactiecoëfficiënt van het reservoirgesteente, c_m . Deze compactiecoëfficiënt kan worden bepaald met behulp van laboratoriummetingen op boormonsters. Hierbij kunnen problemen optreden ten aanzien van de representativiteit van het monster en de eventueel veranderde compactie-eigenschappen gedurende de monstername, het transport en de voorbehandeling. De compactiecoëfficiënt kan ook *in-situ* worden bepaald. *In-situ* reservoircompactie metingen zijn uitgevoerd in het gasveld van Groningen vanaf 1974. De techniek is gebaseerd op het regelmatig meten van de afstand tussen radioactieve markeringspunten (kogels), die vanuit het boorgat op regelmatige afstand van elkaar in het reservoir zijn geschoten. De veranderende afstand tussen deze kogels is een maat voor de compactie. De methode heeft enkele nadelen:

- de compactie in het Groningenveld is gelijk aan de meetresolutie (1 millimeter per 10 centimeter) (Mobach & Gussinklo, 1994);
- de informatie komt pas ter beschikking als het veld al grotendeels is leeggepompt (Van Hasselt, 1990); en
- de compactie kan slechts worden bepaald op de plaats van de boorbuis. Er staan veelal niet genoeg buizen om een goede indruk te krijgen van de compactie van het hele gas- of olieveld.

Om de met modellen berekende bodemdaling te verifiëren is een nauwkeurige meting nodig. Ook kan aan de hand van waargenomen vervormingen van het aardoppervlak met behulp van geofysische modellen bepaald worden welke ondergrondse fysische verandering deze oppervlakteverschijnselen teweeg heeft gebracht (Schemeta *et al.*, 1994). Momenteel worden voor metingen van vervorming van het aardoppervlak

voornamelijk waterpassingen uitgevoerd, die een nauwkeurigheid hebben van ongeveer 1 centimeter per 100 kilometer (Brouwer, 1990). Met behulp van nieuwe technieken kunnen sneller en nauwkeuriger metingen worden verricht. Voorbeelden hiervan zijn te vinden in de satelliettechnologie: GPS (Global Positioning System) en ALS (Airborn Laser System) (NAM, 1995a; Fourmaintraix *et al.*, 1994). GPS wordt door de NAM sinds 1994 toegepast bij het bepalen van de bodemdaling in Groningen (NAM, 1995a).

SEISMISCH GEDRAG

Bodemdaling is het gevolg van a-seismische, zonder schokken gepaard gaande, gesteentemechanische processen. In het geval van mijngangen kunnen plotselinge inzakkingen gepaard gaan met kleine aardbevingen (*rockburst*). Bij ertswinning in Zuid-Afrika is een correlatie waargenomen tussen de hoeveelheid gewonnen erts en het optreden van *rockbursts* (Roest & Kuilman, 1993).

Ook bij het exploiteren van gas- en olievelden treden seismische gebeurtenissen op. Door de daling van de druk in het reservoir zakt het bovenliggende materiaal terwijl het onderliggende gesteente, voornamelijk bij kleine velden, enigszins omhoog kan komen. Omdat het gesteente aan weerszijden van het reservoir niet compacteert kan langs bestaande breuken beweging optreden. Als de breuk als het ware 'blijft hangen op een ruw stuk' dan wordt er spanning opgebouwd die zich uiteindelijk ontleedt in de vorm van een schok. Op deze wijze kunnen aardbevingen optreden in gebieden die voordien als a-seismisch bekend stonden. Dergelijke bevingen, waarbij de energie die vrijkomt voornamelijk wordt bepaald door menselijk ingrijpen in de ondergrond, worden geïnduceerde bevingen genoemd. Breuken aan de rand van gasvelden zijn de zwakke plekken voor het optreden van geïnduceerde schokken. Ook ondiepe breuken die zich boven een gasveld bevinden kunnen geactiveerd worden. Omdat de aardschokken dan relatief ondiep optreden kunnen ze een relatief grote uitwerking (intensiteit) hebben op een klein gebied aan de oppervlakte. Een beving ten gevolge van gaswinning zal sterker zijn als er al grote, natuurlijke schuifspanningen op de breuk aanwezig zijn. Bevingen, waarbij de energie die vrijkomt voornamelijk wordt bepaald door natuurlijke processen, worden getriggerde bevingen genoemd.

De haarden van deze bevingen kunnen ook tot op enkele kilometers van het gasveld verwijderd voorkomen. Dit hangt af van de eigenschappen van het omringende gesteente. Gasvelden in Noord-Nederland komen veelal voor nabij steenzoutformaties. Door de eigenschappen van zout - plastisch en relatief lage soortelijke dichtheid -

beweegt het op sommige plaatsen omhoog (halokinese). Dit gaat gepaard met breukvorming in de bovenliggende gesteentelagen. Bij voortzettende beweging naar boven kan een schuifspanning langs deze breuken worden opgebouwd die zich uiteindelijk ontladend in de vorm van een aardstok. De breuken met opgebouwde spanning kunnen naar verwachting, relatief gemakkelijk door menselijke activiteiten, zoals gaswinning, gereactiveerd worden (Roest, 1995).

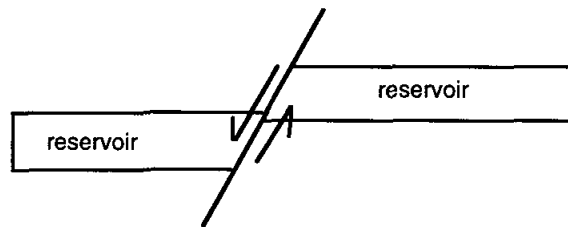
In het eindrapport van de Begeleidingscommissie Onderzoek Aardbevingen (BOA) (KNMI, 1993) wordt een onderzoek beschreven naar de relatie tussen gaswinning en het optreden van aardbevingen in Noord-Nederland. Een conclusie van het uitgevoerde onderzoek was dat de relatie tussen gaswinning en het optreden van aardbevingen in algemene zin aannemelijk is. Argumenten die deze conclusie kracht bijzetten zijn:

- alle bevingen in Noord-Nederland doen zich voor in of in de nabijheid van gasvelden;
- het begin van de aardbevingsserie doet zich voor ongeveer 20 jaar na het begin van de gaswinning; de aardbevingen vormen een significant contrast met het a-seismische verleden.
- door modelberekeningen kan worden aangetoond dat door gasonttrekking schuifspanningen de kritische grens voor verschuivingen langs breuken bereiken.

Voor de lichte, breukgebonden aardstokken in het gasveld Eleveld op 3300-3400 meter diepte is de relatie tussen gaswinning en aardstokken op grond van seismische waarnemingen, modelberekeningen en geologische informatie daadwerkelijk aangetoond (Roest & Kuilman, 1993). Vrijwel zeker zijn de twee recente aardbevingen in Alkmaar (6 augustus en 21 september, 1994) ook voorbeelden van bevingen die gerelateerd zijn aan de gaswinning in het Bergermeer gasveld (KNMI, 1994). Ook tektonische spanningen kunnen bij deze bevingen een rol gespeeld hebben. Voorbeelden van getriggerde bevingen zijn waarschijnlijk de geregistreerde aardbevingen in Assen (1986) en Hooghalen (1987) (KNMI, 1993).

De vraag is of er een verband bestaat tussen de onttrekkingsnelheid van gas en het optreden van aardstokken. Deze relatie is tot op heden nog niet onderzocht. De schuinstand en de geometrie van breuken waarlangs beweging plaatsvindt blijkt een grote invloed te hebben op de gevoeligheid voor lokale breukactivering. Volgens Roest & Kuilman (1993) treedt de maximale verschuiving op door tegengestelde bewegingen op hetzelfde niveau aan weerszijden van een breuk (Figuur 1), zodat dit een

van de belangrijke mechanismen is voor het ontstaan van aardbevingen. De bevingen bij Alkmaar hadden een dergelijk haardmechanisme.



Figuur 1. Tegengestelde beweging op hetzelfde niveau aan weerszijden van een breuk (naar: Roest & Kuilman, 1993).

Registratie van bevingen

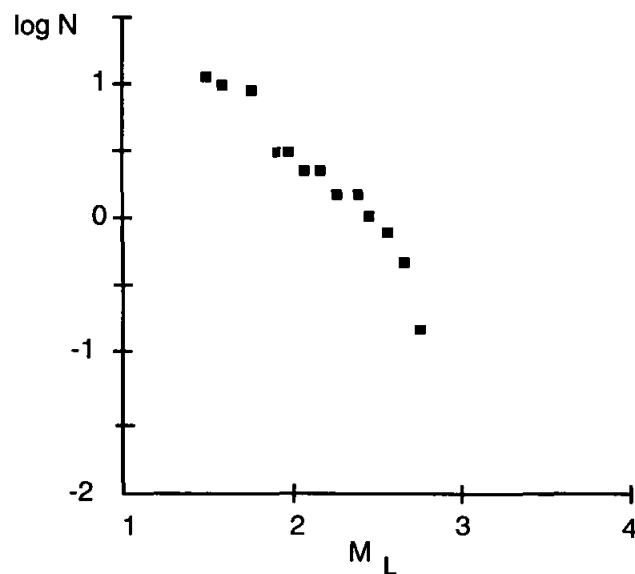
Aardbevingen worden geregistreerd met seismometers of geofoons (dit zijn kleine seismometers). Met deze instrumenten kan informatie worden verkregen over het hypocentrum (de plaats van de haard van de beving), het tijdstip van de beving in het hypocentrum, de kracht en het ontstaansmechanisme van de beving. Het aantal seismometers bepaalt hoe gedetailleerd de informatie is die kan worden verkregen. In Noord-Nederland (Groningen en Drenthe) en Noord-Holland zijn respectievelijk zeven en drie seismische stations ingericht. De metingen moeten meer inzicht geven in het verband tussen de aardbevingen die zich in deze gebieden voordoen en de aardgaswinning. Op elk station wordt in een boorgat een kabel met seismometers aangebracht. Door de seismometers in een boorgat te plaatsen op een diepte van 200 tot 300 meter wordt de ruis, die het gevolg is van verkeer en industriële activiteit aan het aardoppervlak, effectief onderdrukt (Haak, 1990). Hierdoor kunnen bevingen met een lagere magnitude gedetecteerd worden dan met seismometers aan het oppervlak mogelijk is. Bij grotere bevingen kunnen waarnemingen van de beving door de bevolking en meldingen van schade (macroseismische gegevens) extra informatie leveren over de beving.

De hoeveelheid energie die vrijkomt bij een beving is afhankelijk van de grootte van de verschuiving langs de breuk, het verschoven oppervlak en de elasticiteit van het gesteente. De kracht van de beving wordt weergegeven op een logaritmische schaal; de schaal van Richter. Bij een beving met een lokale magnitude (M_L) van 4 komt ongeveer dertig keer zoveel energie vrij als bij een beving met $M_L=3$ (Bath, 1966). De mate waarop de beving gevoeld wordt aan het aardoppervlak en de optredende schade (de intensiteit van de beving) is niet zondermeer af te leiden van de magni-

tude van de beving. De intensiteit hangt namelijk ook af van de diepte en de lokale geologie (dikte en aard van de bovenste lagen). Bij een geringe diepte van het hypocentrum en bij minder geconsolideerd en waterrijk gesteente zullen de bevingen gekarakteriseerd worden door een grotere intensiteit.

Maximale magnitudes

In het BOA-rapport (KNMI, 1993) is op basis van 24 bevingen in Noord-Nederland (met magnitudes van 1,4 tot 2,8) statistisch bepaald dat de maximaal mogelijke magnitude van door gaswinning veroorzaakte bevingen 3,3 op de schaal van Richter bedraagt (Figuur 2). De twee bevingen in Alkmaar op 6 augustus en 21 september 1994 (respectievelijk 3,0 en 3,2 op de schaal van Richter) maakten aannemelijk dat de maximaal mogelijke magnitude hoger zal liggen. De te verwachten maximale magnitude bij deze waarschijnlijk getriggerde bevingen is niet alleen te relateren aan de compactie van het reservoir, maar met name ook aan de spanningen die opgebouwd zijn door natuurlijke geologische processen. Voor deze bevingen verloopt de cumulatieve frequentie - magnitude relatie hoogstwaarschijnlijk anders dan in Figuur 2 voor Noord-Nederland is aangegeven.



Figuur 2. Cumulatief jaarlijks aantal aardbevingen (N) als functie van de lokale magnitude (M_L) voor deelgebieden in Nederland (naar: KNMI, 1993).

Onlangs is op grond van 56 opgetreden aardbevingen de maximale magnitude opnieuw op statistische wijze bepaald (Crook *et al.*, 1995). Hierbij was het mogelijk een onderscheid te maken tussen verschillende regio's. Voor het Groningen gasveld werd een maximale magnitude van 3,3 voorspeld en voor de gasvelden rond Alkmaar een maximale magnitude van 3,6. Dit lijkt een klein verschil met 3,3 die eerder was bepaald, maar gezien het logaritmische karakter van de schaal van Richter betekent een verschil van 0,3 een aanmerkelijke toename van de vrijkomende energie. Bij de intensiteit van een beving die in de omgeving van Alkmaar maximaal wordt verwacht, is schade aan gebouwen niet uit te sluiten (Crook *et al.*, 1995). Er worden steeds meer bevingen geregistreerd, dus de bepaling van de maximaal mogelijke magnitude is steeds nauwkeuriger te maken.

Naast deze statistische bepaling is het ook mogelijk de maximaal mogelijke magnitude te schatten door gebruik te maken van de kennis over het mechanisme en kennis over het gedrag in andere (buitenlandse) gasvelden. Bij onderzoek aan het Eleveld gasreservoir is geconstateerd dat de komende jaren de drukdaling in dit gebied slechts een fractie zal zijn van de drukdaling tot nu toe. De verwachting is dat in het gebied van Eleveld de mogelijke magnitude van een eventuele toekomstige aardbeving niet veel hoger zal worden (Roest & Kuilman, 1994).

Het tijdstip waarop een aardbeving zal optreden is niet te voorspellen. Hiervoor is gedetailleerde kennis over de ondergrond en het mechanisme nodig die vrijwel nooit beschikbaar is.

INVLOED OP GRONDWATER

Door het doorboren van slecht doorlatende pakketten voor de opsporing en exploitatie van delfstofvoorkomens kan de geohydrologische situatie veranderen. Deze lagen vormen de afscheiding tussen de verschillende aquifers. Een doorbaak van zo'n laag kan tot gevolg hebben dat zout water uit een dieper aquifer in een zoetwater pakket terecht komt. Ook kan eventuele verontreiniging van de bovengrond langs het boorgat naar het diepere grondwater worden verspreid. Met het voorkomen van dergelijke lekkages is al veel ervaring opgedaan en tegen dit probleem kunnen voldoende technische maatregelen worden getroffen.

Indien een watervoerend pakket in contact staat met een gas- of olieveld dan zal het water uit de aquifer de poriën in het veld opvullen. Hierbij kunnen zich twee situaties voordoen. In het geval dat de aquifer relatief (veel) groter is dan het geëxploi-

teerde veld dan zal het opdringende water voornamelijk tot gevolg hebben dat de druk in het reservoir niet veel afneemt. In het geval dat de aquifer kleiner is dan het gas- of olieveld dan zal bij exploitatie van het gas of de olie de druk in de aquifer afnemen. Deze processen kunnen van invloed zijn op de uiteindelijke mate van bodemdaling en op de omvang van het gebied waarbinnen bodemdaling plaatsvindt (Doornhof, 1990). Boven de aquifer die aan het Groningen gasveld grenst, vindt bodemdaling plaats doordat de druk in de aquifer iets afneemt door het hierboven beschreven proces (NAM, 1995a). De verwachting is dat deze daling zeer langzaam zal verlopen gedurende enkele honderden jaren.

De kwaliteit van het grondwater kan bij de winning van gas en olie worden beïnvloed. Bij winningsactiviteiten worden formatievreemde vloeistoffen, zoals boorvloeistoffen, in de bodem gebracht. Na afscheiding van gas of olie wordt dit water weer geïnjecteerd in nog producerende olievelden of uitgeputte gasvelden. Ook wordt met het oog op de instandhouding van de oorspronkelijke reservoirdruk gebruik gemaakt van waterinjectie. In het Schoonebeek-olieveld en in het Coevorden-Oost gasveld wordt voor dit doel al geruime tijd water geïnjecteerd. Volgens het MER Waterinjectie in Zuidoost-Drenthe (NAM, 1991) is aan de oppervlakte geen significante bodemstijging door de injectieactiviteit te verwachten. Het opgepompte formatiewater verandert echter van samenstelling door chemische processen zoals neerslag- of oplossingsreacties, oxidatie- of reductiereacties, kationuitwisseling en gasuitwisseling met lucht bij herinjectie. Na het productieproces is veelal het calciumgehalte sterk gedaald en is het water rijker aan organische verbindingen zoals glycol en benzeen (NAM, 1991). Het geïnjecteerde water kan de kwaliteit van het grondwater op diepte dus beïnvloeden. Ook kunnen door herinjectie van dit proceswater bacteriën naar de diepte worden meegevoerd.

5 GASOPSLAG

De Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) en de Gasunie voorzien dat in de komende jaren de gasleverantie op koude dagen in gevaar komt. Dit is hoofdzakelijk het gevolg van het feit dat de druk in het Groningenveld (Slochteren), waar een groot deel van het aardgas vandaan komt, sinds het begin van de exploitatie ongeveer is gehalveerd. De druk in het gasveld wordt daardoor te laag om bij een grote vraag naar gas gedurende koude dagen, voldoende snel gas te winnen. Er bestaat dus behoefte aan een makkelijk en snel toegankelijke voorraad aardgas. Wereldwijd bestaan honderden ondergrondse gasopslagfaciliteiten in oude gasvelden en in aangebrachte holten in gesteenten (Lindblom, 1994).

In 1986 hebben de NAM en de Gasunie de mogelijkheden verkend om gas ondergronds op te slaan in holten in zoutpijlers die speciaal voor dat doel zouden worden uitgeoogd. Het bleek echter dat voor voldoende capaciteit zeer veel cavernes nodig zijn. Verder levert het verwijderde zout een afvalprobleem op, tenzij het verwerkt kan worden. Bovendien lag het gebruik van zoutpijlers maatschappelijk en politiek gezien erg gevoelig, vanwege de discussies rond het opbergen van hoog-toxisch of radioactief afval. Op dit moment komen zoutpijlers mede niet ter sprake gezien de tijd die erover heen gaat voordat opslagcapaciteit kan worden gecreëerd.

Daarna is men overgaan tot het bestuderen van de mogelijkheid gas op te slaan in oude gasvelden. Er zijn een zestal locaties onderzocht op technische geschiktheid. Een gasveld dat voor gasopslag geschikt is kan grote injectie- en onttrekkingsnelheden verwerken (de doorlatendheid moet groot genoeg zijn), heeft een volume dat groter is dan driemaal de benodigde gashoeveelheid bij piekvraag (ondermeer omdat de druk in het veld niet teveel mag terugvallen) en beschikt over een afsluitende laag (het meest gunstig is een dikke laag steenzout).

In 1994 is besloten tot een gasopslag in het gasveld Norg bij Langelo (Tweede Kamer, 1994a en b). Uit een vergelijking van verschillende oude gasvelden kwam dit gasveld als het meest geschikte naar voren; de geologische structuur is gunstig, het gewenste opslagvolume is aanwezig en de permeabiliteit van het gesteente garandeert een snelle productie (Tweede Kamer, 1994b).

GEOMECHANISCHE PROCESSEN

Bij gasopslag zal in de zomer gas in het oude gasveld worden geïnjecteerd om het er gedurende de winterperiode weer uit terug te winnen. Er zijn duidelijke verschillen met de reguliere gaswinning. Het gesteente krijgt met relatief snelle gasdrukveranderingen te maken, waarbij een afwisseling van drukafname en druktoename plaatsvindt. Verder zal er lokaal, in de nabijheid van de injectieput, een relatief grote druk worden opgebouwd. Tot slot is de doorlatendheid van het gasveld door compactie verminderd. Deze verschillen met de reguliere gaswinning kunnen van invloed zijn op gesteentemechanische processen. Het is niet zo dat door gasinjectie in een gedeeltelijk leeg gasveld de opgetreden compactie van het reservoirgesteente geheel wordt gecompenseerd door toename van de gasdruk.

Als het belangrijkste risico van ondergrondse gasopslag wordt gezien dat door de drukveranderingen in het gasveld aardbevingen optreden. De Begeleidingscommissie Onderzoek Aardbevingen (BOA) verwacht dat de kans op aardbevingen bij gasinjectie in een leeg veld iets groter is dan bij gaswinning alleen (Tweede Kamer, 1994a). Bij injectie in een gedeeltelijk leeg veld is dit verschil minder voorspelbaar. De kans op aardbevingen hangt waarschijnlijk af van de compactie die al is opgetreden op het moment dat wordt geïnjecteerd. De eerste cyclus van drukopbouw, waarbij de piekdruk bijna wordt bereikt, geeft de grootste kans op het optreden van (kleine) seismische gebeurtenissen (mondelinge mededeling van de heer J.P.A. Roest, TU-Delft).

Zoals al opgemerkt leidt het injecteren van gas tot een lokale spanningstoename, waardoor breukvorming eventueel kan optreden. De verspreiding van het geïnjecteerde gas zal via deze door het gas zelf gecreëerde breuken kunnen plaatsvinden, waardoor grotere injectiesnelheden mogelijk zijn. Bij putten die geruime tijd als injectieput voor water zijn gebruikt is gebleken dat de breuken zich niet meer geheel te sluiten, ook als de activiteit wordt beëindigd (Paige & Murray, 1994). De breuken kunnen in het ergste geval dus tot gevolg hebben dat afsluitende lagen hun barrièrefunctie verliezen waardoor ongewenste stroombanen kunnen ontstaan. De aanwezigheid van een dikke laag zout als afsluitende laag is dus gunstig.

Tot nu toe is nog geen fundamenteel onderzoek verricht naar het verschil in optredende geomechanische processen van gaswinning en gasinjectie. Hoe groot het aardbevingsrisico is, is wetenschappelijk gezien dus nog onzeker. Omdat het onder-

grondse opslaan van aardgas een methode is die in het buitenland al gedurende lange tijd wordt toegepast, kunnen de ervaringen die daar zijn opgedaan bijdragen aan een vergroting van de kennis.

De geologische situatie in de omgeving van het gasveld Norg, waar opslag van aardgas zal gaan plaatsvinden, is zodanig dat het aardbevingsrisico hoogstwaarschijnlijk beperkt zal zijn. Het optreden van enkele lichte, ondiepe schokken kan evenwel niet worden uitgesloten. Op andere locaties kan de kans op aardbevingen en de intensiteit ervan groter zijn. Dit is ondermeer afhankelijk van de diepte van het gasreservoir en van de geologische spanning in de omgeving (in verband met getriggerde bevingen). In Noord-Nederland is een tweede locatie, Grijskerk, aangewezen als opslagplaats voor hoog calorisch gas. In West-Nederland is gezocht naar een derde locatie voor gasopslag. De omgeving van Alkmaar is daarbij in beeld (Tweede Kamer, 1994b). In een studie naar de mogelijkheden alhier werd de kans op waarneembare seismische activiteit ten gevolge van een piekgasinstallatie in het gasveld van Alkmaar gering geacht (Logan *et al.*, 1994).

6 OPSLAG VAN AFVALSTOFFEN

Het afvalstoffenbeleid in Nederland is gericht op maximale preventie en hergebruik. Ondanks dat kan niet worden voorkomen dat een deel van het geproduceerde afval niet-verwerkbaar of ongeschikt voor hergebruik is. De afgelopen decennia zijn in Nederland verschillende opbergscenario's van hoog-toxisch afval, in het bijzonder radio-actief afval, besproken. De ondergrond als opbergmedium werd daarbij als één van de opties genoemd.

In het Nationaal Milieubeleidsplan (NMP) (VROM, 1990) is actie 62 geformuleerd: "Een standpunt wordt voorbereid over de vraag of en zo ja onder welke voorwaarden de diepe ondergrond mag en kan worden gebruikt voor het opbergen van afval".

Het kabinetsstandpunt naar aanleiding van NMP-actie 62 verscheen op 14 mei 1993 (Tweede Kamer, 1993). De conclusie is dat berging van hoog-toxisch afval (zowel chemisch als radioactief), alleen toelaatbaar is als dit gebeurt onder de voorwaarde dat het afval terugneembaar is.

Om een indruk te krijgen van de risico's die aan de verschillende opbergconcepten verbonden zijn, is onderzoek naar de wetenschappelijke en technische aspecten van opbergscenario's nodig. In dit hoofdstuk worden de bevindingen van de verschillende studies over het opbergen van hoog-toxisch afval op een rij gezet. Alleen de huidige kennis over wetenschappelijke en technische aspecten bij opslag in de diepe ondergrond worden beschreven. In dit rapport wordt dus niet, op wetenschappelijke grond, een pleidooi vóór of tégen de opslag in de diepe ondergrond gehouden.

BERGINGSMOGELIJKHEDEN

In het voorlopig IMP bodem 1984-1988 (VROM, 1983) is geformuleerd dat alle opslag van afvalstoffen moet voldoen aan de IBC-criteria (Isoleren, Beheersen en Controleren). Omdat transport via grondwater een belangrijke verspreidingsroute van verontreiniging is, zal het voldoen aan het isolatiecriterium betekenen dat er in principe geen uitwisseling mag plaatsvinden tussen de opgeslagen afvalstoffen en het grondwater. Een slechte doorlatendheid van het gastgesteente en de afwezigheid van breuken waarlangs water in de deponie kan dringen zijn dus belangrijke randvoorwaarden. Ook dient voor het selecteren van een geschikte formatie aandacht te

worden besteed aan processen, zoals aardbevingen, die de isolerende eigenschappen van de geologische formatie kunnen beïnvloeden. Inzicht in het gesteente-mechanisch gedrag en de geologische eigenschappen van het gastgesteente is dus van belang: sterkteparameters, vloeiparameters, geometrie, homogeniteit, continuïteit, ondoordringbaarheid voor grondwater en het adsorptievermogen.

Ook van belang bij het kiezen van de geschikte formatie zijn de doorlatendheid, de adsorptie en de stabiliteit van de boven de formatie liggende gesteenten. Uit veiligheidsstudies (Prij, 1993) is echter gebleken dat de huidige opbouw en samenstelling van de bovenste paar honderd meter van het afdekpakket bij opberging in zout geen veiligheidsrelevante kenmerken zijn. Het moment waarop dit deel van het afdekpakket als barrière wordt aangesproken ligt namelijk heel ver in de toekomst. De dan aanwezige eigenschappen zijn door het optreden van ondermeer ijstijden anders dan de huidige, en met de bestaande kennis niet te voorspellen. Het huidige afdekpakket is echter wel van belang voor de mijnbouwkundige bereikbaarheid van het gastgesteente.

Bestaande holten als opbergmogelijkheden

Als gezocht wordt naar een locatie om afvalstoffen op diepte te bergen, komen reeds aanwezige en door de mens aangebrachte holten voor bestudering in aanmerking. De in principe bestaande mogelijkheden in Nederland zijn: verlaten kolenmijnen, zoutmijnen en mergelgangen. Reeds eerder zijn deze holten op de veiligheid voor het bergen van hoog-toxisch afval beoordeeld (Van der Gaag, 1990). De aanwezigheid van water in de holten en de te grote permeabiliteit of het onzekere gedrag van het omringende gesteente maken dat bestaande holten, zoals oude steenkool- en zoutmijnen en mergelgangen, weinig perspectief bieden voor het veilig opbergen van hoog-toxisch afval. Verder onderzoek naar deze opbergvarianten is in Nederland dan ook niet uitgevoerd.

Geologische formaties als gastgesteente

Wanneer in Nederland de mogelijkheid wordt bekeken om afval op te slaan in geologische formaties, dan komen in principe zout en klei daarvoor in aanmerking. Beide materialen hebben een zeer lage doorlatendheid, waardoor het transport van verontreinigende stoffen met het grondwater sterk wordt beperkt. Verder is zowel zout als klei plastisch zodat eventueel gevormde breuken weer dichtvloeien. Dit vormt echter een nadeel voor de blijvende bereikbaarheid van het afval, omdat de

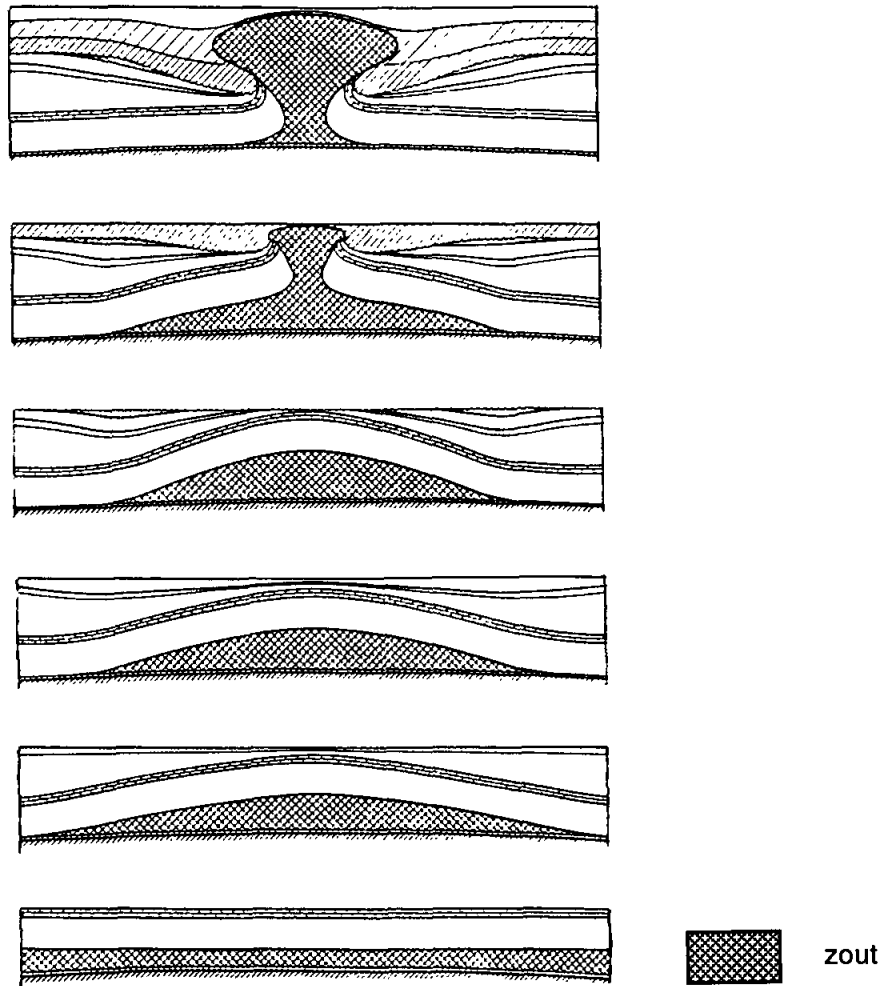
opslagruimte na verloop van tijd dichtvloeit. Voor de gewenste terugneembaarheid van het afval is dit dichtvloeien een probleem, maar niet een onoverkomelijk probleem, omdat er een ondersteunende constructie kan worden aangelegd of in een later stadium opnieuw kan worden geboord om het afval weer te bereiken. Technisch gezien is het in zowel zoutlagen als in kleiformaties mogelijk opberggalerijen te construeren. Een goede verkenning van de formatie moet uitwijzen of de continuïteit en homogeniteit van de formatie een goede isolatie waarborgen.

In verschillende landen zijn geologische materialen onderzocht op de geschiktheid voor het opslaan van (radioactieve) afvalstoffen. Tuf-gesteente in de Verenigde Staten; kristallijn gesteente in Finland, Zweden, Spanje, Verenigd Koninkrijk, Canada, de Verenigde Staten en Zwitserland; klei in België, Zwitserland en Spanje; steenzout in Duitsland, Spanje en de Verenigde Staten; een verlaten ijzermijn, de Konradmijn, in Duitsland (Detilleux *et al.*, 1994; Vira, 1994; Brennecke *et al.*, 1994; Bjurström, 1994; Beceiro, 1994; Holmes, 1994; Issler & Ammann, 1994; Allan, 1994; Czyscinski & Danker 1994). In sommige landen worden formaties daadwerkelijk ingezet bij de afvalberging. Zo vindt in een verlaten zoutmijn bij Morsleben in Duitsland berging van laag en middel radioactief afval plaats (berging werd in 1991 tijdelijk gestopt). In Herfa-Neurode in Duitsland is een kalizoutmijn gebruikt voor het opslaan van hoog-toxisch chemisch afval.

Steenzout

Omdat zout lichter is dan het omringende gesteente dringt het zich soms omhoog (halokinese), waarbij in het bovenliggende gesteente breukvorming optreedt. In Figuur 3 is schematisch weergegeven hoe op deze wijze een zoutpijler ontstaat. De breuken in het omringende gesteente verminderen de isolerende werking als het afval eenmaal uit het zout is getreden.

Steenzout komt in Nederland voor in twee geologische formaties. Ten eerste is dat de Zechsteinformatie. Deze formatie is sterk aan halokinese onderhevig geweest, zodat zoutkussens en -pijlers van het Zechsteinzout voorkomen. Lokaal kunnen de zoutpijlers minder dan 500 meter diep liggen (de top van de pijler bij Schoonlo ligt zelfs op 140 meter-N.A.P. De andere formatie waarin zoutlagen voorkomen is de Rötformatie. Hierin komt het zout voornamelijk in lagen voor. De zoutformaties die bereikbaar zijn voor de opslag van afval komen voornamelijk in Noordoost-Nederland voor.



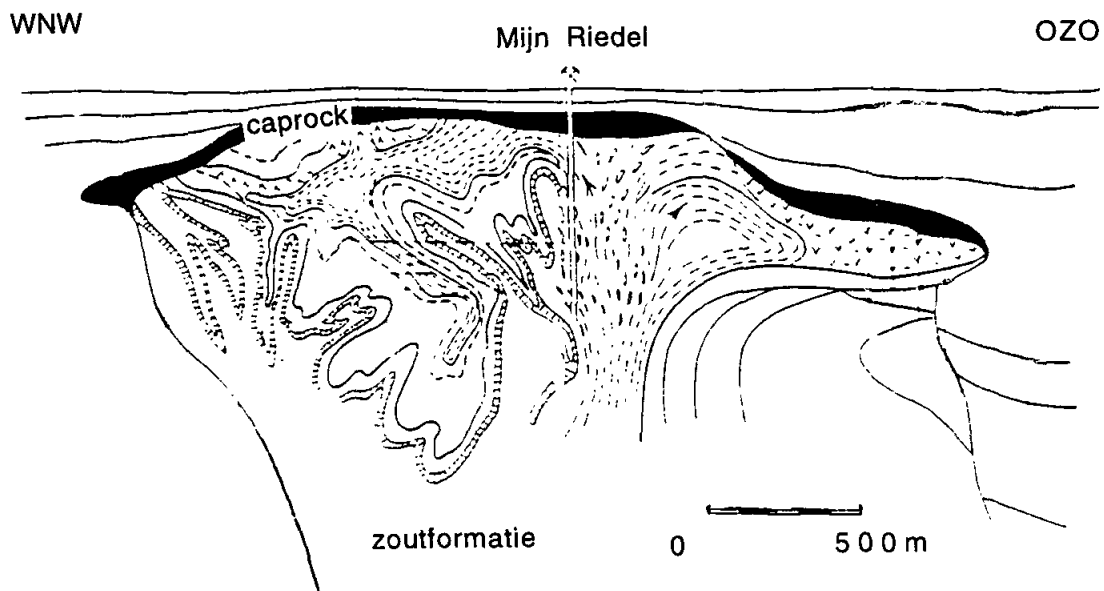
Figuur 3. Schematisch overzicht van halokinese. Een zoutlaag ontwikkelt zich tot zoutkussen en vervolgens tot zoutpijl (Van der Gaag, 1990).

De zoutformaties bestaan niet alleen uit steenzout. Tijdens de vorming zijn ook anhydrietlagen afgezet. Langs anhydrietlagen is waterinstroming mogelijk. In zoutpijlers, waar anhydrietlagen niet horizontaal liggen, levert dit een groter gevaar op voor het vrijkomen van het geborgen afval, dan in zoutlagen en -kussens. Door scheefstelling van de lagen in een zoutpijl kan een aanwezige anhydrietlaag voor kortsluiting zorgen tussen afval en de boven de koepel gelegen aquifers. Figuur 4 laat zien dat de structuur van een zoutpijl erg complex kan zijn. De anhydrietlagen zijn moeilijk te lokaliseren (Van der Gaag, 1990).

Als een zoutstructuur in contact komt met grondwater in een watervoerende laag lossen de makkelijk oplosbare bestanddelen het eerste op: subrosie. Hierbij blijven minder oplosbare zouten achter. Hierdoor ontstaat er aan de bovenkant van zoutstructuren een *caprock* bestaande uit calciumsulfaten, gips en/of anhydriet. Deze caprock

varieert sterk in dikte. Het gedrag van caprock, met name wat betreft de doorlatendheid, is niet goed bekend.

Steenzout is in principe een goed isolerend gesteente. Hierboven is echter aangegeven dat deze isolatie niet altijd even groot is. Om het risico op het vrijkomen van het afval in een specifieke zoutlaag of zoutstructuur te bepalen is locatiespecifiek onderzoek nodig.



Figuur 4. Weergave van de complexe structuur van een zoutpijler. Te zien is dat de *caprock* niet continu is en dikteverschil vertoont (Van der Gaag, 1990).

Kleiformaties

Klei komt in de ondergrond van Nederland in verschillende tertiaire en kwartaire formaties voor:

- klei van Boom in de Achterhoek en bij Bergen op Zoom op een diepte minder dan 150 meter;
- klei van Asse in Zuid- en Noord-Nederland op 50 tot 500 meter diepte;
- klei van Ieper op 50 tot 500 meter diepte;
- Potklei (Peelo-formatie) op 0 tot 60 meter diepte; en
- de Eem/Drenthe-eenheid van 15 tot 80 meter diep.

In Mol in België is veel onderzoek verricht naar de opberging van radioactief afval in de Boomse klei. In Nederland is tot op heden de aandacht voor klei als mogelijk gastgesteente voor afval beperkt gebleven.

De homogeniteit en continuïteit van kleiformaties zijn niet overal even groot. De doorlatendheid van kleilagen wordt beïnvloed door de aanwezigheid van zandlagen en zandige kleien. Locatiespecifiek onderzoek moet uitwijzen of een kleiformatie op een bepaalde locatie geschikt is voor berging van afval.

ONDERZOEK IN NEDERLAND

Ten aanzien van het bergen van radioactief afval is in 1981 door de Ministers van Economische Zaken en van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, de Begeleidingscommissie Integraal Landelijk Onderzoek Nucleair Afval (ILONA) ingesteld. Deze commissie heeft een studie opgestart, gericht op berging in steenzoutformaties: OPberging te LAnd (OPLA). Fase 1 van deze studie vormde een (locatie-onafhankelijk) onderzoek naar de technische haalbaarheid en veiligheid van opberging van radioactief afval in zoutvoorkomens (Ministerie van Economische Zaken, 1989 en 1993). Fase 2 (een verkennend (veld)onderzoek) en fase 3 (een uitgebreid locatieonderzoek) van het OPLA-onderzoek zijn nog niet opgestart.

In fase 1 zijn veiligheidsstudies uitgevoerd, waarin de kans op verspreiding van radioactieve stoffen naar de biosfeer werd berekend voor verschillende opbergscenario's. De gezondheidsrisico's werden op conservatieve wijze berekend, dat wil zeggen met voor de veiligheid ongunstige keuzen van omstandigheden waardoor de risico's in het algemeen kunnen zijn overschat. In 1989 verschenen de conclusies van fase 1 waarin werd aangegeven dat een opbergfaciliteit in Nederland technisch haalbaar is, maar dat aanvullend onderzoek naar ondermeer de veiligheid nog nodig is.

Het aanvullende onderzoek heeft plaatsgevonden in fase 1^a van het OPLA-onderzoek (Ministerie van Economische Zaken, 1993). In fase 1^a is voor een aantal scenario's - een combinatie van verschijnselen, gebeurtenissen en processen - op probabilistische wijze de kans bepaald dat radionucliden in de leefwereld van de mens terecht zouden komen (PROSA, PRobabilistisch Onderzoek aan de veiligheid van in Steenzout opgeborggen radioactief Afval, Prij, 1993). Hierbij wordt op systematische wijze rekening gehouden met de waarschijnlijkheid van processen en gegevens. Daardoor zijn de berekende risico's beter onderbouwd en voor de verschillende scenario's beter vergelijkbaar. De spreiding in het berekende risico is groot vanwege de grote variatie in nuclidetransport in de zoutformatie, het afdekpakket en de biosfeer, maar is volgens de uitgevoerde berekeningen in ieder geval kleiner dan 10^{-6} extra sterftekans per jaar.

Het onderzoek naar berging van het afval in steenzout is tot nu toe gericht geweest op niet-terugneembare eindberging. Er zal nu, gezien het kabinetsstandpunt over NMP-actie 62, meer onderzoek worden verricht naar bergingsmethoden die voldoen aan de voorwaarden voor terugneembaarheid van het afval en omkeerbaarheid van het bergingsproces. In het ILONA-bulletin van januari 1994 worden voor zout twee mogelijkheden genoemd om aan het kabinetstandpunt te voldoen.

1. De opbergmijn blijft in bedrijf en dus toegankelijk gedurende de hele periode dat het afval terugneembaar moet zijn.
2. De schachten worden na afvalberging opgevuld. Terugnemen kan dan alleen door een nieuwe mijn aan te leggen.

Zoals eerder is opgemerkt is terugneembaar opbergen technisch haalbaar (Ministerie van Economische Zaken, 1993). Dit blijkt tevens uit andere studies (Heijdra, 1995 en NEA, 1995). Er zijn evenwel nog slechts weinig ontwerpen gedetailleerd uitgewerkt. De consequenties van het terugneembaar maken voor de veiligheid van de berging zijn momenteel nog onvoldoende onderzocht.

INTERACTIE MET ANDERE ACTIVITEITEN EN NATUURLIJKE PROCESSEN

Uit de verschillende studies die zijn verricht is gebleken dat de veiligheid van een opberging van hoog-toxisch afval beïnvloed kan worden door menselijke handelingen en natuurlijke gebeurtenissen. Sommige gebeurtenissen vinden plaats op zeer lange termijn, en zullen daarom vooral van belang zijn voor de veiligheid van permanente eindberging. Ook de scenario's van verschijnselen, gebeurtenissen en processen uit het PROSA-project gaan uit van de interactie van verschillende processen met het gedrag van opgeborgen radioactief materiaal in zoutpijlers. Hieronder worden ter illustratie in het kort enkele processen en gebeurtenissen beschreven die de veiligheid van een afvalberging in de diepe ondergrond beïnvloeden.

Zeespiegelrijzing

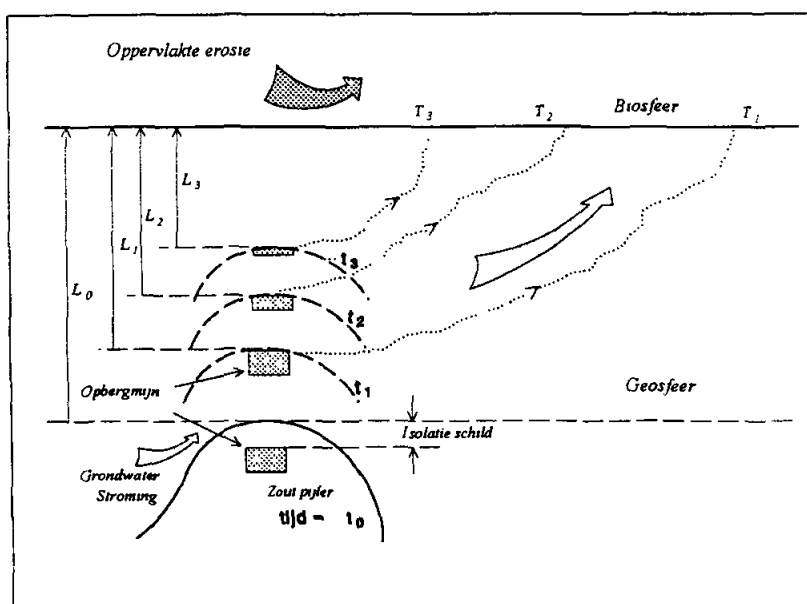
Door de wereldwijde stijging van de zeespiegel verandert de grondwaterstroming. Dit levert voornamelijk een gevaar op voor bovengrondse stortplaatsen met het oog op overstroming. Welke invloed bijvoorbeeld waterintrusie via de toegangsschachten op ondergrondse opslagdepots kan hebben is niet bekend. Indien radionucliden reeds uit de bergingslocatie zijn vrijgekomen, kan de veranderde grondwaterstroming verder van invloed zijn op het transport van radionucliden naar de biosfeer.

Aardbevingen

Uit ervaring is gebleken dat bij aardbevingen de schade aan mijnen ondergronds geringer is dan de schade aan het aardoppervlak, tenminste als het hypocentrum zich op enige afstand van de mijn bevindt. Aardbevingen ten gevolge van seismische ontlasting van tektonische spanning in Zuid-Nederland kunnen echter wel leiden tot extra breukvorming in de diepe ondergrond, waardoor transportpaden voor verontreinigende stoffen ontstaan.

Zoutvloei, erosie en subrosie

Bij stijgende zoutstructuren kan door erosie en subrosie uiteindelijk de opberglocatie aan de oppervlakte komen of in contact komen met stromend grondwater (Figuur 5). Door subrosie wordt in vele gevallen caprock gevormd, waarvan het gedrag nog niet geheel bekend is. Door subrosie kunnen oploscholten ontstaan, en als deze instorten kunnen breuken naar boven toe worden veroorzaakt. De gemiddelde stijging van zoutpijlers in Nederland is minder dan enkele millimeters per jaar. Op korte termijn kan zoutstijging dan ook geen invloed hebben op het vrijkomen van verontreinigende stoffen.



Figuur 5. Schematische weergave van de stijging van een zoutpijler en de daarbij optredende subrosie en oppervlakte erosie (Prijs, 1993).

Ijstijden

Door het voortschuiven van landijs wordt het aan het oppervlak liggend bodemmateriaal voortgestuwd. Een ijstong in Nederland kan dus tot gevolg hebben dat het afdekpakket boven een opberglocatie wordt weggenomen, waardoor het afval na het wegtrekken van het ijs aan de oppervlakte ligt. Dit is een lange termijn invloed die voor een terugneembare afvalberging niet van belang hoeft te zijn.

Gaswinning

Door gaswinning kunnen geomechanische processen, zoals bodemdaling en aardbevingen, optreden. Hierdoor kan de isolatie van het gesteente, waarin is opgeborgen, en het bovenliggende gesteentepakket beïnvloed worden. Tevens kan door compactie van het gesteente waarin gaswinning plaatsvindt het grondwaterstromingspatroon veranderen. Indien het gasveld zich onder een zoutstructuur bevindt, kan hierdoor de subsosie aan de top van de zoutpijler worden beïnvloed.

Hydrologie en grondwaterwinning

De hydrologie heeft als randvoorwaarde gediend bij de modellering van de opslag van radioactief afval in zoutpijlers. De hydrologie bleek weinig invloed te hebben op de termijn waarbinnen radionucliden de biosfeer bereiken. Een drinkwaterwinning, waardoor de hydrologie verandert, zal dus weinig invloed hebben. Als het afval eenmaal is vrijgekomen uit het gastgesteente kunnen diepwaterputten voor winning van grondwater, aardwarmte en bronwater voor kuuroorden relatief snel verontreinigd raken. In het geval van opberging in zout is dan al zoveel zout opgelost dat hoogstwaarschijnlijk de toepassingsmogelijkheden van diep grondwater al door zout zijn beperkt.

Menselijke indringing

Bij een eindberging kan op den duur de kennis over de aanwezigheid van de berging verloren gaan. Het is dan mogelijk dat nieuwe boringen worden gezet voor zoutwinning of andere toepassingen van de diepe ondergrond nabij het opgeborgen afval. De kans dat de mens in de ondergrondse berging doordringt is niet goed te voorspellen. Wel zullen de gevolgen voor de veiligheid groot zijn. Dieper opbergen van het afval lijkt de kans op menselijke indringing te verkleinen. Ook het verminderen van het

horizontale ruimtebeslag van de opbergfaciliteit vermindert de kans dat het afval (onbedoeld) wordt aangeboord.

De verschillende scenario's

Voor de volgende scenario's is in het PROSA-project het risico voor de mens bepaald:

- subrosie en zoutstijging;
- waterinbreuk in de berging via scheuren of waterdoorlatende lagen;
- menselijke indringing.

De risico's van een ijstijd zijn nog niet doorgerekend. Uit berekeningen bleek dat de diepte van afvalberging en de snelheid waarmee de bergingslocatie door zoutstijging omhoog komt van groot belang zijn voor het uiteindelijk bepaalde risico voor de mens.

7 GEOTHERMIE

In de steenkoolmijnen ondervonden de mijnbouwwerkers het aan den lijve. Met de diepte neemt de temperatuur van de aarde toe. Van deze temperatuurstijging kan gebruik worden gemaakt in aardwarmtewinningsprojecten. De ondergrond vormt tevens een goede isolatie van thermische energie, omdat warmte en koude, als het niet door grondwaterstroming wordt afgevoerd, niet snel aan de buitenlucht wordt afgegeven. Deze eigenschap wordt aangewend in warmte- en koude-opslagprojecten. Aardwarmtewinning vindt in principe op grotere diepte plaats dan de opslag van thermische energie.

Zowel aardwarmtewinning als opslag van thermische energie wordt in Nederland onderzocht met het oog op besparing van fossiele brandstoffen en beperking van het gebruik ervan. In 1979 is het Nationaal Onderzoeksprogramma aardwarmte en warmte-opslag (NOA I) gestart (Mot (ed.), 1984), met een vervolgonderzoek in 1985: het Nationaal Onderzoeksprogramma Aardwarmte en energie-opslag in Aquifers (NOAA). Het doel was te inventariseren wat de mogelijkheden in Nederland zijn voor de toepassing van aardwarmte en grootschalige opslag van warmte in de diepere ondergrond. Geconcludeerd werd dat tot op 500 meter warmte-opslag in aquifers op vele plaatsen in Nederland mogelijk is en dat voor diepe aquifers ongeveer 500 aardwarmteprojecten haalbaar zijn. Hiermee kan in 4 tot 8% van de ruimteverwarming worden voorzien gedurende 100 jaar (Mot (ed.), 1984).

WINNING VAN AARDWARMTE

Met het toenemen van de diepte wordt de aarde warmer. Dit is zowel de warmte die aanwezig was bij het ontstaan van de aarde, als de warmte die vrijkomt bij het verval van radioactieve elementen.

Er zijn drie soorten aardwarmtewinningen (Van Montfrans & Mot, 1984):

1. Hoge temperatuur aardwarmte: heet water en stoom tot een temperatuur van ongeveer 350 °C wordt gewonnen op betrekkelijk geringe diepte (vulkanische gebieden).
2. Lage temperatuur aardwarmte: warm of heet water (tot 125 à 150 °C) wordt gewonnen tot op enige kilometers diep in gebieden met sedimentair gesteente.

3. Hot-Dry-Rock: hoge temperaturen in formaties met een uiterst geringe permeabiliteit, waarin aardwarmte alleen gewonnen kan worden als kunstmatig scheuren en spleten worden aangebracht ten behoeve van de watercirculatie.

Voor Nederland, waar de ondergrond voornamelijk bestaat uit sedimentair gesteente, komt alleen lage temperatuur aardwarmte in aanmerking⁴. Bij iedere 100 meter diepte stijgt de temperatuur met 3 tot 4 °C. De gemiddelde geothermische gradiënt in Nederland is 35 °C/km, wat gunstig is voor de winning van aardwarmte ten opzichte van diverse andere Europese landen. Op diepten van twee- tot drieduizend meter onder het maaiveld komen in grote delen van Nederland watervoerende lagen voor waar een temperatuur van 70 tot 100 °C heerst. Daar is dus warm grondwater te winnen. Dit warme water kan worden aangewend voor het verwarmen van ondermeer gebouwen.

In Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk zijn in de zeventiger en tachtiger jaren in totaal ongeveer 20 lage temperatuur aardwarmteprojecten opgestart. Winning van aardwarmte geschiedt door diepboringen volgens technieken die vergelijkbaar zijn met die van de gas- en oliewinningen. Lage temperatuur aardwarmte winning is in feite grondwaterwinning van grote diepte, de diepte waarop ook fossiele brandstoffen worden gewonnen.

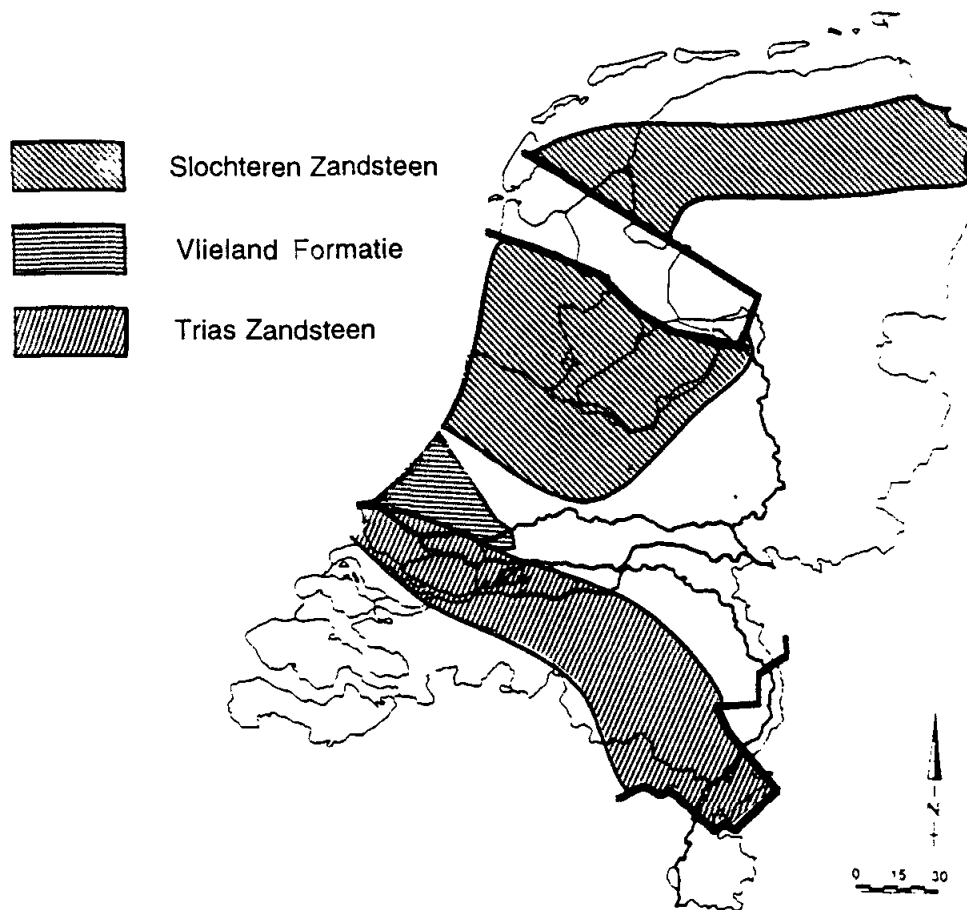
In Frankrijk, waar voornamelijk in het Bekken van Parijs aardwarmte winningsprojecten zijn gerealiseerd, is het concept van het aardwarmte-doublet ontwikkeld. Hierin wordt het warme water onttrokken in een productieput, waarna het water waaraan de warmte is onttrokken weer wordt geïnjecteerd in een injectieput. Dit heeft als voordeel dat de druk in het watervoerende pakket niet terugloopt en het eventuele zoute water in principe niet in het bovengrondse milieu terecht komt. De afstand tussen beide putten in een doublet is afhankelijk van de diepte en de scheefheid van de beide boringen (als er wordt geboord vanaf één locatie). De afstand mag niet te klein zijn omdat dan het afgekoelde water te snel de productieput bereikt.

Europese geothermische onderzoeksprogramma's sinds 1975 hebben geothermische atlassen van Europa opgeleverd:

⁴ Vermoedelijk ligt onder de Peelhorst een intrusief lichaam, waar potentieel een hoge thermische gradiënt aanwezig had kunnen zijn. Onderzoek heeft echter aangetoond dat het lichaam dermate oud is dat het grotendeels is afgekoeld (Bredewout, 1984).

- "Atlas of Subsurface Temperatures in the European Community, 1980";
- "Atlas of Geothermal Resources in the European Community, Austria and Switzerland, 1988".

In het kader van het in Nederland in 1979 gestarte Nationaal Onderzoeksprogramma Aardwarmte vond een uitgebreide inventarisatie plaats van het Nederlands geothermisch potentieel (Mot, 1984). De resultaten hiervan werden opgenomen in de EG-atlassen.



Figuur 6. De voorkomens van de drie diepe reservoirs die mogelijk voor aardwarmte winning in aanmerking komen (naar: Montfrans & Mot, 1984).

Locaties voor lage temperatuur aardwarmtewinning moeten voldoen aan geschiktheidseisen ten aanzien van de diepte, de dikte, de doorlatendheid en de continuïteit van het warmwatervoerend pakket. Zandstenen in de diepe ondergrond zijn daarom uitermate geschikt. De carbonaatgesteenten in Nederland zijn te weinig doorlatend. Om in het geval van thermische opslag te grote warmteverliezen te vermijden, dient

de opslag op voldoende grote diepte plaats te vinden. Echter op een te grote diepte is de doorlatendheid veelal slecht en zullen de boorkosten hoog zijn. De beste diepte is 50 tot 1000 meter (Van Doorn, 1984). De aquifer dient aan de boven- en onderzijde afgesloten te zijn door een slecht doorlatende en thermisch afsluitende (klei)laag. Ook de nabijheid van een afnemer is van belang om de aardwarmtewinning rendabel te laten zijn.

Door Walter (1992) zijn de volgende formaties genoemd die eventueel voor aardwarmtewinning in aanmerking komen:

- Slochteren Zandsteen in Groningen, Friesland en Noord-Holland;
- Trias Zandsteen tussen Rotterdam en Nederweert;
- Vlieland-formatie ten zuiden van Delft en Schiedam.

In Figuur 6 is aangegeven waar deze formaties in Nederland zijn te vinden.

Bodembeschermingsaspecten

Bij warmwaterwinningen wordt diep fossiel grondwater gewonnen. Het diepe grondwater heeft een hoog gehalte aan opgeloste stoffen. Indien er gebruik wordt gemaakt van een doublet zal geen emissie van deze stoffen en opgeloste gassen (kooldioxide, methaan, H₂S, ammoniak, stikstof, waterstof en ook benzeen, kwik, radon, borium, zouten en zware metalen) naar lucht, oppervlaktewater en bodem optreden. Wel kan door 'crossflow' en door een veranderd stromingspatroon menging van verschillende grondwater typen optreden. Door een doublet wordt tevens voorkomen dat bodemdaling optreedt door oppompen alleen. Plaatselijk verandert de druk echter wel. Het optreden van kleine geïnduceerde bevingen, voornamelijk bij het injectieproces, zijn niet uit te sluiten (OECD, 1988).

Doordat het water waaraan warmte is onttrokken weer in de diepe ondergrond wordt geïnjecteerd bij een doublet zal de temperatuur in de ondergrond dalen, waardoor verbindingen kunnen neerslaan of juist in oplossing gaan. Kwantitatieve uitspraken over deze milieugevolgen van aardwarmtewinningsprojecten zijn nog niet goed mogelijk.

WARMTE- EN KOUDE-OPSLAG

Met het oog op continue levering van energie en energiebesparing zijn manieren bedacht om tijdelijk energie op te kunnen slaan. Het gebruik van de ondergrond als opslagmedium is daarbij een goede mogelijkheid. Zo kan gewonnen aardgas in gedeel-

telijk lege aardgasvelden geïnjecteerd worden om in een tijd met een grote vraag naar gas in de behoefte te kunnen blijven voorzien (hoofdstuk 5). Ook kan grondwater verwarmd of juist afgekoeld worden, zodat dit grondwater later gebruikt kan worden voor respectievelijk verwarming of koeling.

Mogelijkheden

Om het grondwater snel op te kunnen pompen of te injecteren is een doorlatendheid van de aquifer nodig van 1 tot 30 meter per dag (Dufour, 1990). De stroomsnelheid moet echter niet te hoog zijn om te voorkomen dat het opgeslagen warme of koude water wegstroomt. Ook kan een hogere stroomsnelheid de aanvoer van nutriënten, en daardoor de microbiologische groei doen toenemen. De aquifer dient verder door een slechtdoorlatende laag afgesloten te zijn, zodat de warmte of koude niet verloren kan gaan. Grote delen van de ondergrond in Nederland voldoen aan deze voorwaarden. De watervoerende pakketten zijn over het algemeen afgescheiden door slecht doorlatende lagen en de stroomsnelheid is niet te hoog. In principe kan dus bijna overal waar een aquifer aanwezig is koude- of warmte-opslag worden toegepast.

In Nederland zijn meerdere koude- en warmte-opslagprojecten gerealiseerd of in uitvoering (IWACO, 1994). In Tabel 2 zijn deze projecten weergegeven. Het ligt in de verwachting dat in ieder geval het aantal koude-opslagprojecten zal toenemen.

Tabel 2 In Nederland gerealiseerde of in uitvoering zijnde projecten met koude of warmte-opslag in aquifers (naar: IWACO, 1994). T_w is de temperatuur van het relatief warme water, T_k is de temperatuur van het koude water.

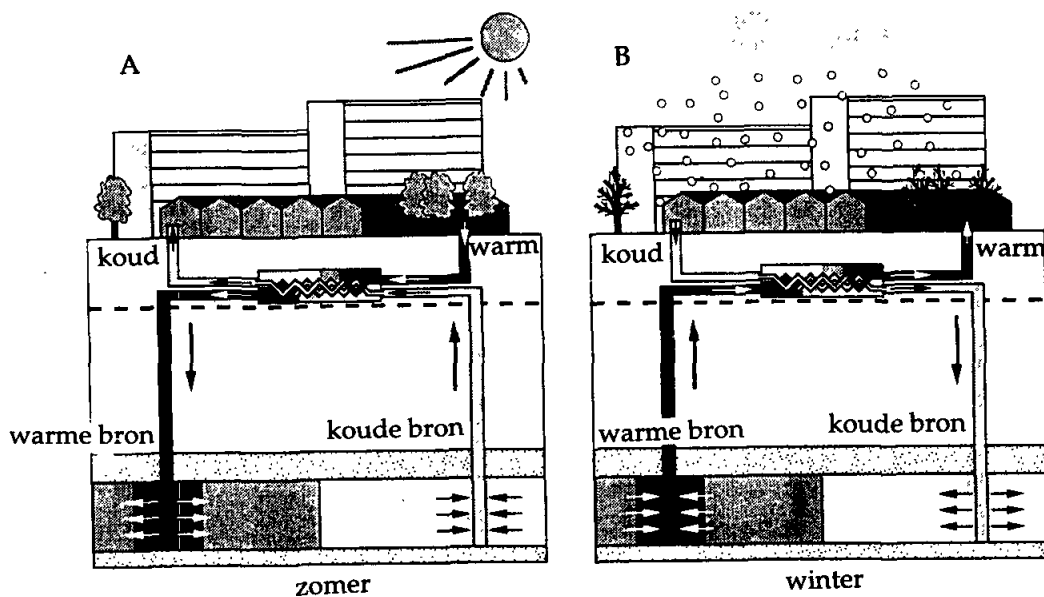
Project	Locatie	Jaar realisatie	T_w °C	T_k °C	Opslaggrootte m ³ /seizoen	vergunning Grondwaterwet
Perscombinatie	Amsterdam	1992	14	9	220.000	ja
BAM kantoor	Bunnik	1993 ^{*)}	16	6	15.000	ja
RUU	Utrecht	1989	90	40	100.000	proefperiode
Provinciehuis	Zwolle	1985	20	9	70.000	ja
kantorenhuis	Schiedam	1992	15	6	20.000	ja
ziekenhuis	Gouda	1992	15	8	40.000	ja
Heuvelgalerie	Eindhoven	1992	32	18	200.000	proefperiode
IBM-kantoor	Zoetermeer	1993	15	5	150.000	ja
Hederakwekerij	Luttelgeest	1993	17	5	40.000	proefperiode
Fresiakwekerij	Gameren	1993	14	8	80.000	proefperiode
Jaarbeurs	Utrecht	1993	14	7	70.000	ja
Museonder	Hoge Veluwe	1993	16	4	5.000	melding

^{*)} In 1993 gewijzigd van warmte- in koudeopslag

Principe van warmte- en koude-opslag

Bij warmte-opslag wordt een overschot aan geproduceerde warmte via een warmtewisselaar aan het opgepompte grondwater afgegeven. Dit warme water wordt weer geïnjecteerd in de bodem, waar het bij behoefte aan warmte weer uit wordt opgepompt. Een warmte-opslag wordt Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) genoemd. Bij koude-opslag wordt de in de winter beschikbare koude (buitenluchttemperatuur) overgebracht op grondwater in de bodem dat als koelwater kan worden gebruikt in de zomerperiode. In Figuur 7 wordt het principe van een warmte- en koude-opslag in de zomer- (Figuur 7A) en wintersituatie (Figuur 7B) schematisch weergegeven.

Veelal zal gebruik gemaakt worden van een warmtewisselaar die het grondwater en het proceswater scheidt. Het grondwater bevindt zich dus in een gesloten systeem en komt alleen in aanraking met de aquifer en de leidingen van de injectie- en onttrekkingsput. Alleen door lekkage kunnen ongewenste stoffen in het grondwater terecht komen.



Figuur 7. Principe van warmte-opslag in aquifers (Dufour, 1990).

Bodembeschermingsaspecten

Met het oog op eventuele landelijke regelgeving en/of sturing is in opdracht van het Ministerie van VROM in 1994 een inventarisatie gemaakt van de bodembeschermingsaspecten van koude-opslag (IWACO, 1994). In deze paragraaf is gebruik gemaakt van de bevindingen van deze studie.

Aantasting of verstopping van leidingen en putfilters

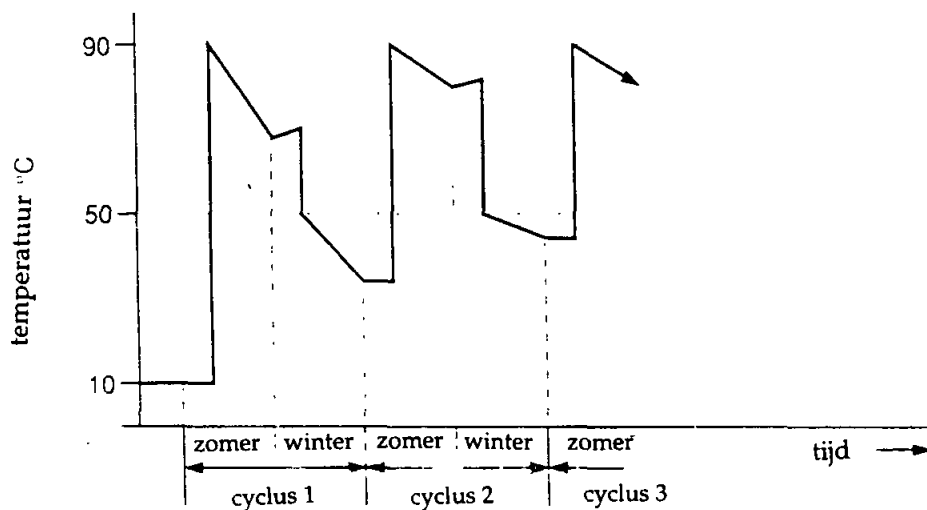
In principe kan door het grondwater (pH en Eh) het leidingmateriaal worden aange-tast. Bij warm water zal dit eerder optreden dan bij koud water. Het materiaal van het leidingsysteem kan daardoor met het infiltratiewater in de bodem terecht komen. Door resistent materiaal te gebruiken, zuurstof niet te laten intreden en geen stoffen aan het grondwater toe te voegen kan dit probleem grotendeels worden voor-komen. Omdat veelal gebruik wordt gemaakt van een warmtewisselaar, zodat het grondwater en het proceswater van elkaar gescheiden zijn, zal deze aantasting nau-welijks optreden.

Door temperatuurstijging, drukdaling en beluchting kunnen in de leidingen carbona-ten en ijzer- en mangaan(hydr)oxiden uit het grondwater neerslaan. Deze neerslag vermindert de werking van de warmtewisselaar en verstopt de filters in injectie- en onttrekkingsput. Dit heeft gevolgen voor de werking van het (ATES-)systeem in zijn geheel. Deze problemen zijn op te lossen door mechanische reiniging, zoals borstelen en spuiten, waarbij de grondwaterkwaliteit niet wezenlijk verandert, omdat er geen extra stoffen worden toegevoegd.

Chemische reiniging beïnvloedt de kwaliteit van het grondwater wel. Chemische behandeling kan bestaan uit het laten neerslaan van calciet en ijzer- en man-gaan(hydr)oxiden door toevoeging van andere stoffen, zoals natriumhydroxide. Voor de bodembescherming is het van belang dat de vloeistof na het verhelpen van het verstoppingsprobleem weer wordt opgepompt om verontreiniging van het grond-water te voorkomen. Het gevormde calciet kan ook door aanzuren worden opgelost. Door het oplossen van calciet neemt echter de concentratie Ca en CO₃ nog meer toe, waardoor nog meer aanzuring nodig is om neerslag te voorkomen en er dus een voort-schrijdend proces van oplossing ontstaat.

Temperatuursveranderingen in de aquifer

Het grondwater dat geïnfiltrerd wordt bij warmte-opslag heeft in het begin het grootste temperatuursverschil met het grondwater in de aquifer. Na verloop van tijd is de aquifer echter opgewarmd en is het temperatuursverschil tussen het geïnjecteerde grondwater en het al aanwezige grondwater kleiner geworden. Figuur 8 laat zien hoe de temperatuur van het grondwater verandert.



Figuur 8. Temperatuurverloop van het grondwater bij warmte-opslag (Dufour, 1990).

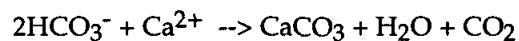
Bij koude-opslag wordt in de winter grondwater afgekoeld tot ongeveer 5 °C. Het afgekoelde water zal op weg door de bodem nauwelijks in temperatuur stijgen. In de zomerperiode stijgt de temperatuur bij de toepassing als koelvloeistof tot 15 à 25 °C. Dit warme water wordt weer in de bodem geïnfiltrerd. De diepte waarop dit gebeurt is veelal beperkt tot enkele tientallen meters, waar het grondwater van nature een temperatuur van ongeveer 12 °C heeft.

Een belangrijk aspect bij warmte- en koude-opslag is dat de temperatuur in de bodem verandert. De aquifer is geen gesloten systeem, zodat thermische verliezen naar het omliggende grondwater of sediment optreden. Rond het eigenlijke opslaggebied bevindt zich een mengzone, waarin de opslagtemperatuur overgaat naar de natuurlijke grondwatertemperatuur. Door temperatuursveranderingen veranderen chemische evenwichten, zodat mineralen kunnen neerslaan of juist in oplossing gaan. Neerslag

van mineralen kan de permeabiliteit van de aquifer doen afnemen. Oplossen kan de permeabiliteit juist vergroten.

Mineralenevenwichten

De oplosbaarheid van mineralen hangt af van de temperatuur. Naarmate de temperatuursveranderingen groter zijn, zal de hydrochemie van het grondwater sterker worden beïnvloed. Daarom treden bij warmte-opslag met een temperatuurstijging van ongeveer 50 °C grotere veranderingen op dan bij koude-opslag met temperatuursveranderingen van ongeveer 10 °C. Een belangrijk proces in het grondwater in Nederland, dat vrijwel altijd bijna verzadigd is aan calcië, is het neerslaan van calcië bij temperatuursverhoging:



Als CO₂ kan ontsnappen uit het systeem dan stijgt de pH met als gevolg dat nog meer CaCO₃ neerslaat. Bij hele hoge temperaturen (meer dan 100 °C) lossen silicaten in de aquifer op. Als de temperatuur dan weer daalt slaan deze silicaten weer neer. Verstopping door silicaatneerslag is nog geen probleem gebleken bij de ATES-projecten (Jenne, 1990).

Kationuitwisseling

Als natriumrijk (Na) water wordt geïnjecteerd in een aquifer zal het calcium (Ca), dat is vastgelegd aan het bodemmateriaal, worden uitgewisseld met het Na. Dit heeft tot gevolg dat het grondwater verrijkt wordt met Ca, waardoor meer calcië (CaCO₃) zal neerslaan. Ca-Na uitwisseling heeft verder tot gevolg dat de klei, waaraan de vastlegging plaatsvindt, uitzet waarbij de permeabiliteit van de aquifer afneemt. Dit gebeurt echter slechts bij zeer grote natrium-concentraties.

Redoxreacties

Grondwater dat rijk is aan opgelost ijzer en mangaan kan bestaan onder reducerende omstandigheden. Als dit water echter in aanraking komt met zuurstofrijk water dan slaan ijzer en mangaan(hydr)oxiden neer. Als in een warmte- of koude-opslagsysteem het grondwater in contact komt met de lucht zal dit neerslag van ijzer en mangaan(hydr)oxiden tot gevolg hebben.

Microbiologische processen

Door een toename van de temperatuur zullen bacteriën sneller groeien. Indien andere omstandigheden zoals nutriëntenaanbod niet limiterend zijn, kan dit ertoe leiden dat de hoeveelheid biomassa groter wordt (slijmvorming). De temperatuursafhankelijkheid van de microbiële activiteit kan veelal worden beschreven door de Arrhenius-vergelijking (Commandeur 1994). Volgens deze vergelijking neemt de microbiële activiteit binnen een bepaald traject exponentieel toe met een toename van de absolute temperatuur. Als vuistregel kan worden aangehouden dat de microbiologische activiteit met een factor 2 toeneemt bij een temperatuurstijging van 10 °C (mondelinge mededeling van de heer Prins, Rijksuniversiteit Groningen).

Boven een bepaalde temperatuur treedt geen groei meer op. Voor warmteminnende bacteriën ligt dit niveau hoger dan voor koudminnende bacteriën. Bij warmte-opslag is slijmvorming daarom te verwachten. De temperatuursveranderingen bij koude-opslag is normaal gesproken gering zodat er geen sterke temperatuursbeïnvloeding van de microbiële activiteit is te verwachten (IWACO, 1994). Toch kan ook bij koude-opslagprojecten slijmvorming gesignaleerd worden als bacteriegroei wordt versterkt door een groter aanbod van voedsel, door een grotere toestroming bij de injectieput. Dit speelt voornamelijk een rol in met nutriënten vervuilde aquifers.

Effecten op de waterhuishouding

Bij koude- en warmte-opslag wordt gebruik gemaakt van een deel van een aquifer. Hierdoor veranderen het grondwaterstromingspatroon en de stroomsnelheden in de directe omgeving. De effecten van deze veranderingen zijn vergelijkbaar met de effecten van grondwaterwinning (verspreiding van verontreinigingen, zetting, verandering van de landbouwopbrengst en gevolgen voor natte natuurgebieden). Hiermee is in Nederland grote ervaring opgedaan. Het verschil met grondwaterwinning is dat ook infiltratie plaatsvindt, maar de processen die leiden tot effecten zijn hetzelfde. Grondwaterwinning in de omgeving van een warmte- of koude-opslagproject zal ertoe leiden dat veel warmte of koude verloren gaat door toestroming naar het grondwateronttrekkingspunt. Het effect op de grondwaterstand is lokaal aanwezig (verhogingen en verlagingen bij respectievelijk injectie- en onttrekkingsput).

Omdat warmte- en koude-opslagprojecten in bijna alle gevallen gesitueerd zijn in stedelijke en industriële gebieden (een project zal dicht bij de afnemer liggen) zal de

overlap met drinkwateronttrekking, die veelal juist niet in deze gebieden liggen, niet vaak optreden.

Menging van grondwater

Grondwatervoorkomens in de ondergrond verschillen in samenstelling. Koude- en warmte-opslag kunnen menging van deze typen grondwater veroorzaken door de grondwaterstroming die wordt opgewekt, of door een verschil in kwaliteit tussen het onttrekkingspunt en het infiltratiepunt. Menging van niet verontreinigd grondwater met een aanwezige grondwaterverontreiniging is ongewenst. Het ingebrachte water heeft ook een andere samenstelling en een temperatuur die hoger is dan de omgeving. Dit betekent een daling van de pH, verlaging van de redoxpotentiaal, toename van de CO₂-spanning, stijging van het Si-gehalte, lichte stijging van Na⁺, K⁺ en NH₄⁺-gehalten en lichte daling van het Mg²⁺-gehalte. Terugkeren naar de oorspronkelijke situatie na afloop van het project duurt lang.

Menging van zoet en brak water in een pakket dat ook voor drinkwatervoorziening gebruikt wordt, of kan worden gebruikt, is ongewenst. Hiermee dient vooral in het westen van Nederland rekening te worden gehouden, omdat hier het zoete grondwater op geringe diepte overgaat in zout grondwater. De voorraad zoet grondwater is hier dan ook erg kwetsbaar voor veranderende grondwaterstromingen. In de rest van Nederland ligt de zoet-zout-grens veel dieper, en op deze diepte zal meestal geen grondwater worden gewonnen.

Het is dan ook belangrijk om beïnvloeding van drinkwaterbronnen door warmte- en koude-opslagprojecten te vermijden. In de stad Utrecht is een mooi voorbeeld te vinden van de manier waarop deze verschillende activiteiten in een relatief klein gebied naast elkaar kunnen plaatsvinden. Hier wordt grondwater gewonnen in het tweede watervoerend pakket op een diepte van 70 tot 140 meter. Bij de Jaarbeurs in Utrecht zal in de winter koude worden opgeslagen om in de zomer gebruikt te worden voor gebouwkoeling. Hiervoor wordt het eerste watervoerende pakket gebruikt op een diepte van ongeveer 40 meter. Op het Universiteitscomplex in Utrecht vindt ook nog een warmte-opslag plaats. Hierbij wordt warmte onttrokken aan het derde watervoerende pakket dat dieper ligt dan 250 meter. De verschillende activiteiten in Utrecht waarbij gebruik wordt gemaakt van het grondwater vinden dus in verschillende watervoerende pakketten plaats.

Onzekerheden

Er zijn grote onzekerheden omtrent de chemische processen die in de diepte optreden bij warmte- en koude-opslag. Vergroten van de kennis over de gevolgen voor de bodem bij praktijktoepassingen is mogelijk bij reeds gerealiseerde projecten.

Meer inzicht over de optredende geochemische processen kan worden verkregen met behulp van geochemische modellen. In combinatie met transportmodellen kunnen veranderingen in de bodem- en grondwaterkwaliteit worden gesimuleerd. Een geochemisch model berekent de concentratie in water als mineralen oplossen of neerslaan, als er stoffen worden toegevoegd en als de temperatuur of de druk wordt veranderd (Appelo, 1990). De berekeningsresultaten hangen af van de thermodynamische constanten die als invoergegevens dienen. Deze waarden gelden voor goed-gedefinieerde mineralen onder laboratoriumomstandigheden. De veldsituatie is hier meestal niet mee vergelijkbaar. Zo blijkt calciet in het veld in mindere mate neer te slaan dan met thermodynamische evenwichtsberekeningen kon worden voorspeld (Griffioen, 1990).

8 ANDERE ACTIVITEITEN

Naast de in de vorige hoofdstukken besproken activiteiten zijn er nog andere activiteiten die in de diepe ondergrond plaatsvinden of worden bestudeerd en die van invloed kunnen zijn op de kwaliteit van het bodemmilieu. In dit hoofdstuk wordt een beknopte beschrijving gegeven van enkele van deze activiteiten. De relevante processen zijn grotendeels gelijk aan de processen die in de vorige hoofdstukken aan de orde zijn gekomen.

(HER)INJECTIE VAN VLOEISTOFFEN

Afvalwater en andere vloeibare afvalstoffen mogen niet op het oppervlaktewater worden geloosd. Lozing van deze vloeistoffen in de diepe ondergrond ("deep-well"-lozingen) is vanuit het oogpunt van bodembescherming eveneens ongewenst. De stoffen in het afvalwater kunnen zich verspreiden en de beheersbaarheid en de controle op de verspreiding is zeer beperkt. Een uitzondering wordt gemaakt voor het grondwater dat bijvoorbeeld bij bemalingen voor mijn- en bouwactiviteiten aan de ondergrond wordt onttrokken. Dit water mag in principe in dezelfde formatie, als waar het aan is onttrokken, worden geïnjecteerd. Het water zal echter niet dezelfde samenstelling hebben, bijvoorbeeld omdat zouten en oxiden zijn neergeslagen of de temperatuur is gedaald. Herinjectie in de formatie heeft tot gevolg dat er chemische reacties optreden.

Behalve chemische reacties heeft injectie van vloeistoffen in de diepte ook fysische processen tot gevolg. Het injecteren van vloeistof leidt tot een lokale spanningstoename, waardoor breukvorming kan optreden. De maximale injectiedruk, waarbij nog geen breukvorming optreedt kan worden bepaald (Abou-Sayed *et al.*, 1994). In een van nature seismisch gebied is het voorstelbaar dat injectie van water leidt tot een toename van de aardbevingsgevoeligheid (Turuntaev, 1994). Een toename van de aardbevingsgevoeligheid, kan in seismische gebieden tot gevolg hebben dat het verlopen van breukspanningen voorkomen wordt doordat de breuken vroegtijdig tot ontlading komen. In theorie kan injectie van een vloeistof in de ondergrond dan ook ingezet worden om hiermee het gevaar van een grote beving te verminderen. Deze methode bevindt zich in een experimenteel stadium in Zuid-Afrika (mondelijke mededeling Roest, TU-Delft).

Vanwege de breukvorming vindt de verspreiding van het geïnjecteerde water veelal plaats via door het water zelf gecreëerde breuken, in plaats van volgens radiale stroming. Bij putten die voor geruime tijd als injectieput zijn gebruikt, blijken de breuken zich niet meer geheel te sluiten, ook als de activiteit wordt beëindigd (Paige & Murray, 1994). Deze breuken hebben het voordeel dat grotere injectiesnelheden kunnen worden gebruikt, maar zorgen ervoor dat barrières worden doorbroken en dat dus ongewenste stroombanen kunnen ontstaan.

WINNING VAN ZOUT

In Noord- en Oost-Nederland komen in de ondergrond (steen)zoutlagen voor. Op verschillende locaties wordt en werd dit zout gewonnen. Een veel gebruikte winningsmethode is het zout in de diepte met water op te lossen en de pekkel vervolgens naar de oppervlakte te halen. Het resultaat van de zoutwinning is het ontstaan van grote holten. Door de druk van de gesteentekolom worden deze gaten op den duur dichtgedrukt. De snelheid waarmee een caverne dichtvloeit is ondermeer afhankelijk van de viscositeit van het zoutgesteente. Bij steenzout (natriumzout) gaat dit langzamer dan bij het relatief vloeibare magnesiumzout. De ontstane ruimte is stabiel als de holte door een dikke laag zout blijft afgedekt. Tegenwoordig wordt de eis gesteld dat er boven de zoutcavernes minstens 150 meter zoutdak aanwezig blijft.

Bij zoutwinning kan aan de oppervlakte dus bodemdaling optreden. Dit is bij bestaande zoutwinningslocaties bij Hengelo en Winschoten ook aangetoond. Bij een nieuwe locatie in Noord-Friesland (concessie Barradeel is verleend op 25 oktober 1994) is gerekend met een daling van 20 tot 30 centimeter over een periode van ongeveer 30 jaar. Het zout bevindt zich hier op grote diepte; de top van de Zechsteinformatie ligt op 2100 meter.

Verondersteld werd dat bodemdaling kan worden voorkomen door in de zoutcaverne pekkel achter te laten. Deze vloeistofvolumes worden echter niet permanent in het zout ingesloten (Fokker, 1995). De vloeistof in de caverne zal bij het cavernek dak een overdruk hebben ten opzichte van het omringende zoutgesteente. Dit resulteert in het weglekken van pekkel in opwaartse richting. Zeker bij cavernes met een grote hoogte zal dit proces van belang zijn. Uiteindelijk zal een met pekkel gevulde zoutholte dus ook dichtvloeien. Bodemdaling kan dus alleen uitgesteld worden.

ONDERGRONDSE OXIDATIE

Organische verontreinigingen kunnen worden afgebroken door oxidatie onder natte omstandigheden. Hierbij ontstaan naast kooldioxide makkelijk afbreekbare verbindingen. Het volume van afvalstoffen kan door oxidatie van de organische fractie sterk worden verkleind. Voor dit oxidatieproces is een hoge temperatuur (vanaf ongeveer 175 °C) nodig. Door het proces uit te voeren onder hoge druk wordt voorkomen dat het water bij dermate hoge temperaturen gaat koken.

In een verwerkingsinstallatie in Apeldoorn (De Bekker & Tessel, 1994), wordt slib verwerkt in een 1280 meter diepe schacht. Het slib wordt samen met zuurstof naar beneden gebracht. De temperatuur en de druk (door de bovenstaande waterkolom) stijgen en bij een temperatuur van ongeveer 175 °C start het oxidatieproces. Bij oxidatie komt weer meer warmte vrij waardoor het proces sneller verloopt. De geproduceerde warmte wordt gebruikt om kracht te genereren, zodat het proces zelf zorgt voor de convectie van de verschillende stromen. Bij het verwerken van slib op diepte wordt dus gebruik gemaakt van het feit dat de druk hoger wordt naarmate de vloeistofkolom hoger is en dat de temperatuur toeneemt met de diepte. Verwerking van andere afvalstoffen met hoge gehalten aan organische verbindingen is ook denkbaar in dergelijke installaties.

In welke mate het bodemmilieu wordt beïnvloed is onbekend, maar grote gevolgen anders dan het doorboren van slechtdoorlatende lagen, zijn bij een zorgvuldige technische beheersing van het proces niet te verwachten.

PRODUKTIEVERHOOGING VAN WINPUTTEN

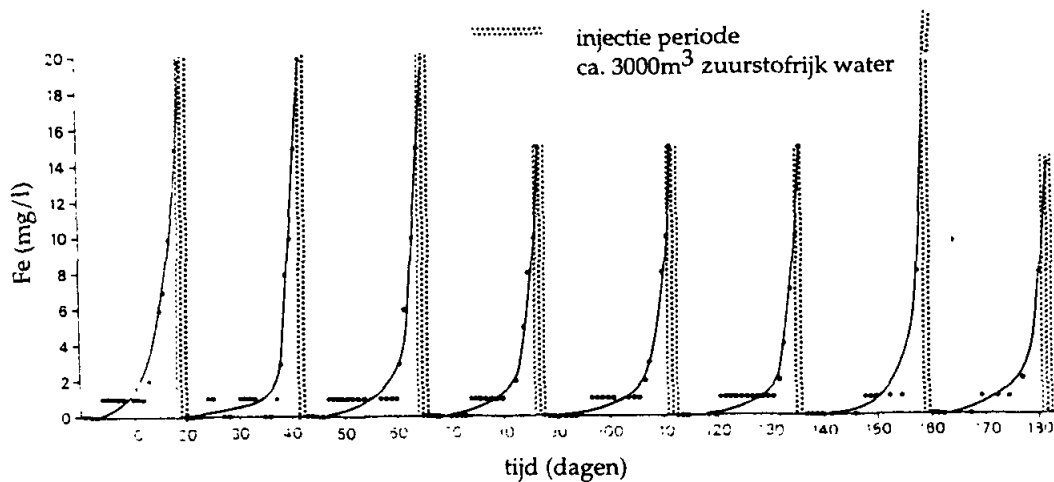
Door gebruik te maken van chemische reacties kunnen de eigenschappen van ondergrondse lagen worden beïnvloed (Schuiling, 1990). Zo kan de toestroom van olie of water naar een winningsput worden verhoogd door de permeabiliteit van het gesteente ter plaatse te verbeteren. Dit kan door met zuur het gesteente of neerslagen in de poriën op te lossen. Grondwaterwinningsputten die na verloop van tijd een lagere productie hebben door neerslag van carbonaat in de aquifer worden op deze manier chemisch gereinigd.

ONDERGRONDS ONTIJZEREN

Door de reducerende omstandigheden is in het diepe grondwater ijzer in opgeloste vorm aanwezig. Bij de drinkwaterbereiding wordt dit ijzer uit het opgepompte

grondwater verwijderd door het intensief te beluchten, waarbij ijzer(hydr)oxiden neerslaan. Naast ijzer in enkele milligrammen per liter bevat het grondwater ook arseen tot enkele microgrammen per liter. Dit arseen wordt bij beluchting geoxideerd van arseniet tot arsenaat, dat vervolgens ook neerslaat. De concentratie aan arseen (As) in het precipitaat is dermate hoog dat het als chemisch afval moet worden beschouwd (> 50 mg/kg As).

Het ontstaan van een dergelijke afvalstroom, die als chemisch afval dient te worden behandeld, kan worden tegengaan door het ijzer en arseen neer te slaan alvorens het grondwater wordt opgepompt. Door regelmatig zuurstofrijk water in de productieput te injecteren wordt het ijzer en arseen in de ondergrond neergeslagen. Volgens het Voorlopig indicatief meerjarenprogramma Bodem 1984 - 1988 (VROM, 1983) is het niet duidelijk welke consequenties voor het milieu op lange termijn aan de methode zijn verbonden. De neerslag van ijzer en arseen kan tot gevolg hebben dat de permeabiliteit van het watervoerende pakket in de nabijheid van de put afneemt. Uit onderzoek is echter gebleken dat de methode herhaalbaar is zonder dat de productie merkbaar afneemt (Figuur 9; Schuiling, 1990). Ondergronds ontijzeren is in Nederland geen algemeen gebruik geworden, omdat het ontstaan van arseenrijke afzettingen in de ondergrond niet acceptabel werd geacht.



Figuur 9. Ijzergehalte van grondwater als een functie van het pompen en her-injecteren van zuurstofrijk water (Schuiling, 1990).

CO₂-BERGING

Klimaatverandering door de uitstoot van gassen naar de atmosfeer (het broeikas-effect) heeft wereldwijd aandacht gekregen binnen het milieubeleid. Kooldioxide (CO₂) is een gas dat op grote schaal bij de verbranding van fossiele brandstoffen vrijkomt. Er vindt veel onderzoek plaats naar mogelijkheden en maatregelen om de emissie van CO₂ te verminderen. Naast het verminderen van de emissie wordt ook gekeken naar de mogelijkheden om de vrijkomende kooldioxide op te slaan in de ondergrond. In Nederland wordt de haalbaarheid hiervan onderzocht (VROM, 1990; Van den Haspel *et al.*, 1994; Seinen *et al.*, 1994). Internationaal wordt ook aandacht besteed aan de mogelijkheid om CO₂ in de ondergrond op te slaan. Voorbeelden van internationale studies zijn:

- "Disposal of CO₂ in exhausted oil and gas wells" (the International Energy Agency, OECD);
- "The underground Disposal of Carbon Dioxide" (the Commission of European Communities, Non Nuclear Energy R&D Programme, Joule II), waarin ook aandacht wordt besteed aan de chemische reacties die optreden in de diepe ondergrond door injectie van CO₂.

In Amerika zijn zestig tot zeventig projecten gerealiseerd waarbij CO₂ in de ondergrond wordt gebracht met als doel de productie van aardolie te verhogen (Martin, 1992).

Een belangrijke voorwaarde voor een opberglocatie is dat het CO₂-gas voor zeer lange tijd in de ondergrond blijft zitten, en er dus geen lekkage optreedt. Lege of bijna lege olie- en gasvelden en aquifers komen in principe voor berging in aanmerking. Dat het aardgas zich gedurende een lange tijd heeft kunnen ophopen sluit niet uit dat het daarin opgeslagen CO₂-gas weglekt. De onder natuurlijke omstandigheden ontstane aardgasvoorraad is het resultaat van ophoping én weglekken. Uit de aanwezigheid van het aardgas kan geconcludeerd worden dat de ophoping groter moet zijn geweest dan het weglekken, maar dit betekent niet dat het weglekken kwantitatief onbelangrijk is.

Watervoerende lagen komen slechts in aanmerking als bergingsreservoir als er een afsluitende laag aanwezig is en als het grondwater in de aquifer niet voor grondwaterproductie wordt gebruikt. Omdat grondwaterwinning op minder grote diepte plaatsvindt (minder dan 500 meter diep) dan de diepte waarop zich de lagen bevinden die voor CO₂-berging in aanmerking zouden kunnen komen, wordt aan deze laat-

ste voorwaarde vrijwel altijd voldaan. Andere eigenschappen van het reservoir die de geschiktheid van CO₂-berging bepalen zijn de porositeit en de doorlatendheid van het gesteente waarin wordt opgeborgen. De doorlatendheid is van belang om opslag voldoende snel te kunnen laten verlopen. De porositeit mag niet te gering zijn met het oog op de benodigde opslagcapaciteit.

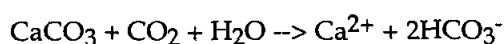
Door IWACO is een studie verricht naar de mogelijke effecten voor het (bodem)milieu van CO₂-berging in de diepe ondergrond (Seinen, *et al.*, 1994). De belangrijkste conclusies uit deze studie worden hieronder weergegeven.

Bij CO₂-injectie in een aquifer, maar ook in een gas- of olieveld, zal het aanwezige formatiewater moeten worden weggedrukt. Het grondwaterstromingspatroon en de stroomsnelheden veranderen hierbij.

Om aantasting van de injectiebuis te voorkomen zal het CO₂ dat wordt geborgen sterk onderverzadigd zijn aan water en zal het in het bergingsreservoir water uit de omgeving onttrekken. Dit heeft tot gevolg dat de afsluitende laag kan uitdrogen. In Nederland zal de afsluitende laag bestaan uit steenzout of gecompacteerd kleiafzettingen (schalies). Voornamelijk bij kleigesteente leidt uitdroging tot een verhoging van de secundaire porositeit en dus (afhankelijk van de dikte van de schalie) verhoging van de doorlatendheid. De consequentie van uitdroging voor de afsluitende werking van zout en schalie is nog niet goed bekend.

Omdat het ingebrachte CO₂ sterk onderverzadigd is aan water, zal het grondwater oplossen in de CO₂-"bel". Hierbij slaan de in het grondwater opgeloste zouten neer, wat tot gevolg kan hebben dat de doorlatendheid en porositeit van het reservoir afneemt. Of dit een merkbare invloed heeft op bijvoorbeeld de injectiesnelheid van het kooldioxide is niet bekend. Het geïnjecteerde CO₂ zelf zal langzaam oplossen in het grondwater. Op den duur zal al het ingebrachte CO₂ met het formatiewater worden getransporteerd.

Injectie van CO₂ leidt tot een verschuiving van geochemische evenwichten. De zuurgraad van het grondwater neemt toe (pH-daling) en calcië in het reservoirgesteente lost op volgens de reactie:



Er zijn nog andere reacties met mineralen in de ondergrond mogelijk die het gevolg zijn van een veranderde zuurgraad (pH) en oxidatiegraad (Eh). Naar verwachting zullen er echter geen of nauwelijks oxidatiereacties optreden. Hoe groot de effecten zijn van ondergrondse verwerking is nog niet duidelijk. Er bestaat wel veel kwalitatieve kennis over optredende chemische reacties. Op grond van deze kennis kunnen reservoirs afvallen die minder geschikt zijn om CO₂ in op te bergen. Te denken valt bijvoorbeeld aan zeer kalkrijke gesteenten, of aquifers met een dunne kleirijke afsluitende laag.

In principe neemt door CO₂-injectie in oude gasvelden de druk weer toe. De uitzetting van het gesteente door injectie van CO₂ blijft echter beperkt tot dat deel van de compactie van het reservoir dat omkeerbaar is; de elastische respons. Deze elastische respons is veelal erg klein in verhouding tot de bij gaswinning opgetreden compactie. Bodemdaling ontstaan door winning van gas zal dus niet kunnen worden gecompenseerd door de injectie van CO₂. Bodemdaling kan eventueel wel worden verminderd door gelijktijdig met de winning van het aardgas het CO₂ te injecteren. Dit zal echter een negatief effect hebben op de winbaarheid van het gas.

BEÏNVLOEDING VAN DE ONDERGRONDSE FYSISCH E OMSTANDIGHEDEN

Door ondergronds zwavelzuur te injecteren in kalkgesteente kan de bodem plaatselijk omhoog worden gebracht. Deze in theorie mogelijke toepassing waarbij gebruik wordt gemaakt van geochemische processen is ontwikkeld door Schuiling (1988). Calciet wordt hierbij omgezet in gips waarbij het volume zich bijna verdubbeld (het volume neemt toe van 36,9 cm³ naar 74,2 cm³ per 100 gram). Het lijkt technisch mogelijk om dit proces in stand te houden zonder dat de vorming van gips ervoor zorgt dat verdere injectie door vermindering van de permeabiliteit wordt verhinderd⁵. De gesteentemechanische processen die optreden als gevolg van de volumevermeerdering op diepte zouden eventueel ook seismisch kunnen verlopen (mondelijke mededeling, Schuiling, Universiteit Utrecht).

⁵ Door deeloplossing van het gesteente stroomt het zuur verder dan alleen in de directe nabijheid van de injectieput. De deformatie van het aardoppervlak is met de injectiesnelheid, de zuurgraad en de putafstanden te regelen. Met tiltmeters kan gecontroleerd worden waar en hoe groot de deformatie aan het oppervlak is.

9 ANALYSE VAN ACTIVITEITEN EN GEVOLGEN

In de voorgaande hoofdstukken zijn verschillende activiteiten in de diepe ondergrond aan de orde gekomen. Per activiteit zijn de processen beschreven die mogelijk in de ondergrond kunnen plaatsvinden. In dit hoofdstuk is deze informatie samengebracht tot een algemeen beeld van de risico's van menselijk handelen in de diepe ondergrond. Voor het begrip risico is de omschrijving uit de notitie "Omgaan met risico's" (Tweede Kamer, 1989) in gedachte gehouden. Om activiteiten op hun risico's te beoordelen is kennis over de ondergrond en processen die kunnen optreden nodig. In dit hoofdstuk wordt in het kort aangegeven welke kennis beschikbaar is.

RISICO'S VAN ONDERGRONDSE ACTIVITEITEN

Onder het begrip risico wordt in "omgaan met risico's" verstaan de ongewenste gevolgen van een bepaalde activiteit verbonden met de kans dat deze zich zullen voordoen. Er kan sprake zijn van ongewenste effecten voor de mens, het ecosysteem, de milieufuncties en voor goederen. De effecten kunnen zowel betrekking hebben op economische waarde als op gezondheid en welzijn. Zo zal bij het vrijkomen van schadelijke stoffen in de biosfeer een mogelijk gevaar ontstaan voor de mens en het ecosysteem. Bodemdaling is niet direct schadelijk voor de gezondheid maar maakt wel een economische belangenafweging wel noodzakelijk.

Uit de beschrijvingen van de diverse activiteiten blijkt dat bij nadelige gevolgen voor de diepe ondergrond twee van elkaar verschillende problemen zijn te onderscheiden. Ten eerste kunnen de fysische eigenschappen van de diepere bodem worden aangetast. Bij de gevolgen daarvan valt te denken aan bodemdaling, aardbevingen en verandering van de geohydrologie. Ten tweede kan het bodemmilieu worden beïnvloed door verontreiniging van de ondergrond en het daarin aanwezige grondwater. Deze beïnvloeding is in eerste instantie chemisch, maar kan ook bodembioologische gevolgen hebben.

Fysisch milieu

Bij veel van de beschreven activiteiten wordt vast materiaal, vloeistof of gas weggenomen of juist in de ondergrond gebracht. Daardoor verandert de druk en temperatuur ter plaatse. Afhankelijk van de aard en intensiteit van de activiteit en van de geologische situatie kan dit leiden tot bodemdaling, bodemstijging, breukvorming en seismiciteit. Bodemdaling en aardbevingen worden niet alleen veroorzaakt door het winnen van fossiele brandstoffen en andere delfstoffen. Ook bij grondwaterwinning, zoutwinning, gasopslag en vloeistofinjectie treden dergelijke processen op.

De effecten kunnen ook van natuurlijke oorsprong zijn. Hierbij kan gedacht worden aan soms zeer grootschalige en lange termijn processen, zoals landijsvorming, compactie van sedimenten onder het eigen gewicht, natuurlijke tektonische bewegingen langs breuken en het instorten van natuurlijk ontstane oplosholten in kalksteen-, gips- en zoutvoorkomens. De door menselijk ingrijpen veroorzaakte veranderingen onderscheiden zich van natuurlijke processen (bodembewegingen) door de tijdsduur waarin deze plaatsvinden en - bij aardbevingen - door de vaak minder grote diepte van het hypocentrum. Aardbevingen ten gevolge van tektonische bewegingen hebben een hypocentrum dat veelal dieper gelegen is (5 tot 30 kilometer in Zuid-Nederland) dan aardbevingen ontstaan door menselijk activiteiten (800 meter tot 3,5 kilometer Crook *et al.*, 1995). Een aardbeving op minder grote diepte zal aan het aardoppervlak beter voelbaar zijn (bij gelijke magnitude) en zal dus eerder tot schade leiden.

Chemisch en biologisch milieu

Bij activiteiten waarbij stoffen in de ondergrond worden gebracht bestaat er een kans op verontreiniging van de bodem, waaronder het grondwater. Voorbeelden van dergelijke activiteiten zijn het gebruiken van boorvloeistoffen, chemische reiniging van drinkwaterputten, opslag van afvalstoffen en het gebruik van warmtewisselaars bij geothermieprojecten. Door technische maatregelen te treffen kan de verontreiniging, of in ieder geval de kans erop, geminimaliseerd worden.

Bij enkele activiteiten is chemische beïnvloeding van grondwater en de bodem inherent aan de activiteit. Als bijvoorbeeld CO₂ wordt opgeslagen, water dat aan de atmosfeer is blootgesteld wordt geïnjecteerd, of warmte (of juist koude) in de bodem wordt opgeslagen, veranderen chemische evenwichten. Hierdoor lossen delen van het gesteente (calciet) op, slaan mineralen (ijzerhydroxiden) en slecht oplosbare

zouten neer en worden mineralen omgezet (door injectie van zwavelzuur zet calciet om in gips). Welke reacties plaats zullen vinden hangt af van de samenstelling van het grondwater en het bodemmateriaal, de milieumomstandigheden (temperatuur, druk, zuurgraad en de redoxpotentiaal) en de kinetiek van de reacties. Vooral dit laatste is moeilijk te voorspellen.

De optredende chemische reacties kunnen zelf ook weer van invloed zijn op de fysische eigenschappen van het gesteente. Neerslag in de poriën en omzetting van anhydriet naar gips verminderen de doorlatendheid, terwijl door oplossen van calciet de doorlatendheid juist zal toenemen.

In de diepe ondergrond is relatief weinig biologische activiteit⁶. Als zuurstof- en voedselrijk warm water aangevoerd wordt dan zullen bacteriën sneller groeien, waardoor slijmvorming (groei van biomassa) optreedt. Filters van injectieputten zijn de belangrijkste locaties waar dit kan plaatsvinden. Over het algemeen zal de beïnvloeding van het biologische milieu niet groot zijn en indien de beïnvloeding wel optreedt dan blijft dit beperkt tot een klein gebied rond de injectieput.

Interacties met andere processen

Soms leiden afzonderlijke activiteiten niet tot beïnvloeding van het bodemmilieu, maar in combinatie met andere activiteiten of natuurlijke processen wel. Verschillende voorbeelden hiervan zijn in de vorige hoofdstukken aan de orde gekomen. Eén van de meest in het oog springende interacties zijn de geïnduceerde of getriggerde aardschokken waarbij door de mens veroorzaakte compactie een al aanwezig (tektonisch) breuksysteem activeert. Een ander voorbeeld is de versnelling van subrosie ten gevolge van een verandering in het grondwaterstromingspatroon.

Met deze interacties dient rekening te worden gehouden bij de beoordeling van activiteiten op een bepaalde locatie en bij de keuze van geschikte locaties voor activiteiten. Zo zal bij de keuze van een eventuele opslag- of bergingslocatie van hoogtoxisch afval rekening gehouden worden met de aanwezigheid van economisch waardevolle delfstoffen. Niet alleen omdat anders deze delfstoffen eventueel verloren gaan, maar ook omdat eventueel latere winning kans geeft op verzakkingen,

⁶ Bij diepboringen is een biosfeer aangetoond met thermofiele microben, die bij temperaturen boven de 100 °C en hoge drukken (300 atm) kunnen leven. Het is aangetoond dat deze bacteriegemeenschappen actief deelnemen in processen die tot mineraalafzettingen leiden (van Leeuwen, 1995).

waardoor de kans op het vrijkomen van verontreinigende stoffen uit de opslaglocatie groter wordt. Dit heeft ook tot gevolg dat reeds bestaande activiteiten de mogelijkheden van andere activiteiten in een gebied kunnen beperken. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan gaswinning nabij zoutpijlers.

Samenhangen tussen activiteiten en processen worden veelal nog niet helemaal begrepen. Bovendien zullen er interacties mogelijk zijn die op dit moment (nog) niet worden onderkend. Maar de gevolgen voor het bodemmilieu van samenwerkende processen kunnen groot zijn. Het is dus van belang dat bij de bestudering van menselijke handelingen in de ondergrond gekeken wordt naar mogelijke interacties. De kennis over interacties kan echter ook een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van nieuwe technieken.

MODELLERING

Vaak ontbreken de mogelijkheden om de relatie tussen opgetreden gebeurtenissen (zoals schade aan gebouwen) en activiteiten in de ondergrond (gaswinning) aan te tonen. De gebeurtenissen zijn geen 'experimenten' die herhaald kunnen worden en waarbij systematisch een variatie aangebracht kan worden in de randvoorwaarden of de experimentele parameters. Er kan veelal alleen gebruik worden gemaakt van een opsomming van omstandigheden, feiten en waarnemingen die een bepaalde relatie bevestigen of juist ontkennen. Aanvullend op de waarnemingen kunnen dan rekenmodellen worden toegepast, waarbij variaties van parameters en herhalingen van de berekeningen wel mogelijk zijn. Op basis van modelberekeningen kan de kans op gebeurtenissen met nadelige gevolgen worden geschat. In afzonderlijke gevallen kan slechts de kans van optreden worden aangegeven (probabilistische modellering). Het beste dat dus bij veel aardwetenschappelijke problemen kan worden bereikt, zijn uitspraken waarbij een relatie aannemelijk gemaakt wordt of waar een kans op het optreden van nadelige effecten aangegeven wordt.

Met de huidige kennis is het niet goed mogelijk om alle consequenties, in kwantitatieve zin maar ook soms in kwalitatieve zin, te voorspellen. Vergroten van de kennis en een verstandig gebruik van de beschikbare kennis is bij de beoordeling van de verschillende activiteiten dan ook onontbeerlijk.

Omdat de diepe ondergrond moeilijk toegankelijk is, zal bij risico-analyses veelal uitgegaan worden van ontwikkelde theorieën over bepaalde processen, resultaten van laboratoriumexperimenten, en ervaringen, die zijn opgedaan in het verleden en

in het buitenland. Op grond van deze kennis kunnen modellen worden ontwikkeld waarmee de gevolgen van menselijk ingrijpen worden bestudeerd. Voor het beoordelen van de activiteiten op basis van deze modellen is het dus van groot belang dat zicht bestaat op de betrouwbaarheid van modelleringsresultaten.

Deze betrouwbaarheid wordt beperkt door onvolledige kennis (vaak "onzekerheid" genoemd), hetgeen zich uit in:

- uiteenlopende meningen over te beschouwen scenario's (stochastische onzekerheid);
- het bestaan van alternatieve procesbeschrijvingen (proces-onzekerheid) en
- - omdat het relatieve belang van processen per locatie kan verschillen - spreiding in modelparameterwaarden (parameter-onzekerheid).

In een onzekerheidsanalyse worden één of meer van deze typen "onzekerheid" geanalyseerd.

Bij deterministische modellen kan maar één waarde per invoerparameter gekozen worden. Voor sommige parameters kan de bandbreedte worden vastgesteld, waarbinnen de waarde varieert. Zo kan worden bepaald welke invloed de onzekerheid of spreiding van de parameter heeft op de modelleringsresultaten (gevoeligheidsanalyse). In sommige gevallen kan de bandbreedte in invoergegevens worden verkleind door onderzoek en ervaring.

Bij probabilistische modellen wordt het probleem van de parameterkeuze deels ondervangen, doordat gerekend wordt met een statistische verdeling van de parameters. De analyse met een probabilistisch model (parameter-onzekerheidsanalyse) komt er op neer dat er een groot aantal berekeningen, elk met een set geselecteerde parameterwaarden, uitgevoerd wordt. Alle simulaties samen geven een statistische verdeling van de modelresultaten. De betrouwbaarheid van probabilistische modellen hangt sterk af van de beschikbare (gedetailleerde) kennis over de statistische verdeling van de invoerparameters.

Voor het bepalen van de veiligheid van de berging of opslag van radioactief afval lijkt er consensus te bestaan over het feit dat men aan het gebruik van probabilistische modellen niet ontkomt. In het project PROSA (Prij *et al.*, 1993) is een probabilistische veiligheidsstudie uitgevoerd voor de definitieve berging van radioactief afval in steenzout. Uit de gevoeligheids- en onzekerheidsanalyses binnen PROSA is gebleken dat er een spreiding is in de berekende blootstelling van enkele grootte-orde. Dit reflecteert de spreiding in de waarde van enkele onzekere invoerparame-

ters. Van sommige parameters zou nader onderzoek (op de locatie gericht) meer duidelijkheid kunnen geven over de statistische verdeling.

Bij de veiligheidsstudies, zoals ze zijn uitgevoerd in het project PROSA, gaat het om het bepalen van gezondheidsrisico's door blootstelling aan radionucliden. Hier spelen zeer specifieke processen een rol, zodat de methode niet zondermeer toepasbaar is op risico's bij andere activiteiten. Maar toch levert ook bij andere activiteiten in de diepe ondergrond het meenemen van de statistische verdelingen van parameters meer informatie op dan met deterministische modellen kan worden verkregen. Met probabilistische modellen is het mogelijk om (Wallner, 1994):

- het relatieve belang van verschillende typen onzekerheden te evalueren;
- de relatieve bijdrage van verschillende (typen) onzekerheden aan de spreiding in het modelleringsresultaat te schatten;
- om te gaan met complexe invoergegevens en interrelaties;
- een kansverdeling van modelresultaten te verkrijgen.

De besluitvorming bij een activiteit kan dan plaatsvinden op grond van betrouwbaarheids grenzen van een modelleringsresultaat. Indien de bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval (bijvoorbeeld de 95-percentielwaarde) te groot is om een (beleidsmatige) uitspraak te kunnen doen over de toelaatbaarheid van een activiteit is meer kennis en onderzoek noodzakelijk.

Meer dan modelleringsresultaten alleen

Naast de wetenschappelijke en technische aspecten spelen ook maatschappelijke aspecten een rol bij de risicobeoordeling. Normatieve elementen zoals de zorgplicht voor volgende generaties, ethische vraagstukken, zoals de vraag of men de ondergrond mag inzetten bij het afvalprobleem, en het willen inspelen op toekomstige ontwikkelingen leveren belangrijke randvoorwaarden voor het nemen van beslissingen⁷.

⁷ Bij de beoordeling van afvalberging in de diepe ondergrond is gebleken dat het moeilijk is om wetenschappelijke en maatschappelijke discussies te scheiden. In het rapport "Ondergrondse berging van onverwerkbaar afval" van De Man (1991) is dit als volgt geformuleerd: "Gezien de complexiteit van de te beschouwen systemen, de ongewoon lange tijdshorizon en de daardoor noodzakelijke vereenvoudigingen in de beschrijving en de onvermijdelijke onzekerheden die daarmee worden geïntroduceerd, kan een belangrijk deel van de discussie opgevat worden als een controverse over de omgang (maatschappelijk) met onzekerheid. In een situatie van grote onzekerheid kunnen verschillende partijen geheel andere conclusies trekken uit feitelijk dezelfde wetenschappelijke uitgangspunten. In zo'n geval is er geen wetenschappelijke controverse maar een verschil van mening over de omgang met onzekerheid" (De Man, 1991).

DE BESCHIKBARE KENNIS

Kenmerkend voor de diepe ondergrond is de ontoegankelijkheid. Kennis van de ondergrond is ondermeer te verkrijgen door geofysische metingen vanuit boorgaten of vanaf het aardoppervlak. Hiermee kunnen tot een diepte van enkele kilometers gegevens worden verzameld. In een boorgat kunnen petrofysische metingen worden verricht (deze metingen heten *logs* en geven een beeld van de aard en eigenschappen van het doorboorde gesteente).

Door grondwater(stands)metingen is een goed beeld ontstaan van de grondwaterbewegingen in de minder diepe ondergrond van Nederland. Onderzoek ter plaatse kan extra gegevens opleveren waardoor een gedetailleerder beeld van de geohydrologie op kleinere schaal wordt verkregen. Over de eigenschappen van geologische formaties ten aanzien van stoftransport (ondermeer adsorptie) is minder bekend, maar hier wordt wel onderzoek naar verricht.

Over de geochemische en geofysische processen die in de diepe ondergrond kunnen plaatsvinden bestaat veel kwalitatieve kennis. Door experimenteel onderzoek en bestudering van de bestaande situatie, die het resultaat is van miljoenen jaren van inwerking van deze processen, kan de kennis worden verkregen. Over de randvoorwaarden, die de mate waarin de processen optreden bepalen, zoals de tektonische spanning en het chemische milieu, kan slechts door locatiegericht onderzoek de nodige kennis worden verkregen. De kinetiek van de verschillende processen is niet goed bekend. Proces- en parameteronzekerheden zijn vaak door onderzoek en door het verkrijgen van meer gegevens te verkleinen. Recentelijk is een onderzoek opgestart naar geomechanische en geokinetische processen in de ondergrond. Door de soms grote tijdschalen en de slecht toegankelijke diepte zullen sommige onzekerheden over de opbouw en processen in de diepe ondergrond en over de kinetiek van bijvoorbeeld zouttektoniek en glaciatie blijven bestaan.

Geowetenschappelijke kennis van de Nederlandse ondergrond is ondermeer aanwezig bij de Rijks Geologische Dienst (RGD), TNO-Grondwater en Geo-Energie, het KNMI, het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM), Grondmechanica Delft, diverse adviesbureaus, universiteiten en de winningsbedrijven van grondwater en fossiele brandstoffen. Niet alle onderzoekgegevens van de diepe ondergrond zijn beschikbaar voor wetenschappelijk onderzoek. Gegevens die beschik-

baar zijn gekomen bij de delfstofwinning kunnen door de bedrijven (soms voor onbepaalde tijd) ontoegankelijk gehouden worden voor derden.

10 BESCHERMING VAN DE DIEPE ONDERGROND

INLEIDING

De discussies binnen de werkgroep "Diepe ondergrond" hebben geleid tot een idee hoe invulling kan worden gegeven aan de bodembescherming bij activiteiten in de diepe ondergrond. Evenals bij de bovengrond is het belang van de bescherming van de bodem gelegen in de vele gebruiksmogelijkheden (functies) van de bodem en het open houden van deze gebruiksmogelijkheden voor de toekomst. De invulling die hier aan het begrip bodembescherming wordt gegeven sluit niet alleen aan bij de uitgangspunten van de Wet bodembescherming⁸ in Nederland maar is eveneens in overeenstemming met opvattingen in andere Europese landen, zoals verwoord in het *European Soil Charter* van de Raad van Europa en in het *Soil Conservation Handbook for Europe* dat binnenkort zal worden gepubliceerd.

In dit hoofdstuk wordt eerst aangegeven welke aspecten van de bescherming van de diepe ondergrond van belang zijn in verband met de bodembescherming en hoe activiteiten beoordeeld kunnen worden. Vervolgens wordt ingegaan op de rol van het huidige beleidsinstrumentarium bij het toetsen van activiteiten aan het bodembeschermingsbelang. Tenslotte wordt beschreven waarom op de langere termijn, indien de toename van het aantal activiteiten in de diepe ondergrond die thans door sommige deskundigen wordt voorzien op gang komt, een zekere mate van ruimtelijke ordening van de diepe ondergrond voor een goed beschermingsbeleid noodzakelijk wordt.

BESCHERMINGSOBJECTEN

Ten aanzien van het belang van de diepe ondergrond kan onderscheid worden gemaakt tussen het gebruik van de in de ondergrond voorkomende natuurlijke bestaansbronnen (grondwater en delfstoffen), het gebruik van de ondergrondse ruimte (de driedimensionale ruimte die de ondergrond biedt) en de relatie met activiteiten aan het aardoppervlak.

⁸ Zie TCB-jaarverslag 1989 en TCB-advies Locatie specifieke omstandigheden voor een uitgebreide discussie over de uitgangspunten van bodembescherming.

Natuurlijke bestaansbronnen

De winning van in de ondergrond voorkomende delfstoffen is van maatschappelijk belang. De voorraad fossiele brandstoffen en andere grondstoffen is echter niet oneindig groot.

Op grote schaal wordt in Nederland grondwater gewonnen. Grondwater van een goede kwaliteit is een schaarse grondstof. Bescherming tegen beïnvloeding van de kwaliteit is dus van groot maatschappelijk belang. Het diepe grondwater is veel zouter dan het grondwater dat wordt gewonnen ten behoeve van de drinkwatervoorziening. Ook metaalgehalten zijn in het diepe grondwater van nature veel hoger. De kwaliteitscriteria die gelden voor grondwater zijn dus niet door te trekken naar het diepe grondwater (Marquenie *et al.*, 1995)

Tenslotte moet ook aandacht worden gegeven aan de biologische aspecten van de diepe ondergrond. Tot op grote diepte zijn bij boringen micro-organismen aangetroffen die vaak over bijzondere eigenschappen beschikken. Bescherming van microbiële levensgemeenschappen op grotere diepte kan niet alleen gemotiveerd worden vanuit de intrinsieke waarde van deze organismen (biodiversiteit) maar ook vanwege het belang van de bijzondere genetische eigenschappen van deze organismen voor toepassing in de biotechnologie.

De ondergrondse ruimte

De voor de mens bereikbare diepe ondergrond met goede eigenschappen voor activiteiten is ondanks de vele mogelijkheden eindig en beperkt. Het valt niet exact te voorspellen in welke mate de ondergrond in de toekomst nuttig gebruikt zal gaan worden. Wel kan een ontwikkeling worden gesignaleerd naar een veelvuldiger oriëntatie op het gebruik van de diepe ondergrond. Hierbij kunnen strijdige belangen in het geding zijn, of is er sprake van activiteiten die elkaar storen of uitsluiten. Het is van algemeen belang dat de ondergrond mogelijkheden blijft bieden voor menselijk gebruik. Er zal dus zorgvuldig omgegaan dienen te worden met de beschikbare ruimte.

Te beschermen objecten aan het aardoppervlak

Menselijk handelen in de diepe ondergrond kan ook nadelige effecten hebben voor activiteiten aan het aardoppervlak. Daarbij valt te denken aan schade aan gebouwen door bodemdaling en aardbevingen of aan wateroverlast door een veranderde waterhuishouding. De activiteiten in de ondergrond dienen dus eveneens beoordeeld te worden op grond van de functies van de bovengrond (draagfunctie voor woningen en grote infrastructurele werken, teeltfunctie voor gewas, ecologische functie voor het in stand houden van ecosystemen).

HET HUIDIGE GEBRUIK VAN DE DIEPE ONDERGROND

Het overgrote deel van de huidige activiteiten in de diepe ondergrond betreft opsporing, winning en tijdelijke opslag van delfstoffen. Het gebruik van de diepe ondergrond voor andere activiteiten is nog beperkt. Opslag van CO₂ en geothermische toepassingen zijn de komende jaren nog niet aan de orde. Ook voor het eventueel opslaan van hoog-toxisch afval in de diepe ondergrond moet nog veel aanvullend onderzoek worden verricht.

Delfstofwinning

Met de mijnwetgeving worden relevante aspecten van opsporing en winning van delfstoffen beheerst: arbeid, veiligheid, gezondheid en milieu. Door het stellen van regels in het Mijnreglement wordt eenzelfde beschermingsniveau beoogt als op basis van de milieuwetgeving wordt geboden. Het Staatstoezicht op de Mijnen heeft tot taak toezicht te houden op de naleving van de mijnwetgeving ten aanzien van de genoemde aspecten.

Voor opsporing en winning van olie, gas en zout wordt eerst seismisch onderzoek uitgevoerd. Daarna wordt verder onderzoek gedaan door middel van boringen. Vervolgens vindt winning plaats, eveneens door middel van boorgaten. Bij opslag van delfstoffen zal ook gebruik worden gemaakt van boorgaten. Voor elke stap in het proces dient de mijnonderneming vergunningen aan te vragen. Deze vergunningen bieden de overheid de mogelijkheid om specifieke voorwaarden te stellen ten aanzien van de mogelijke effecten van het opsporings- en winningsproces, zoals aardbevingen, bodemdaling, emissies en geluid.

Boringen

Voor het boren is in het Mijnreglement een groot aantal voorschriften opgenomen om aantasting van het ondergronds milieu te voorkomen. Over het effect van boringen op het ondergronds en bovengronds milieu is de afgelopen decennia regelmatig overleg gevoerd met het parlement, provinciale en lokale overheden. In milieu-effectrapporten wordt aandacht besteed aan de gevolgen van het boorproces voor natuur en milieu. Recent is het milieu-effectrapport over proefboringen naar aardgas in de Noordzeekustzone en op Ameland (NAM, 1995b) verschenen.

Ten aanzien van bodemdaling (of eventueel optredende bodemstijging ten gevolg van injectie van vloeistoffen of stoom) is in de concessie opgenomen dat periodieke waterpassingen uitgevoerd dienen te worden. Hieruit kan worden afgeleid of er bodembeweging is opgetreden. Het ministerie van Economische Zaken heeft meerdere malen onderzoek laten uitvoeren naar de mate van bodemdaling en de effecten. In Milieu-effectrapportages wordt aandacht geschonken aan bodemdalingseffecten (NAM, 1995b). Als er ongewenste situaties dreigen te ontstaan, kan de Minister van Economische Zaken maatregelen voorschrijven.

Aangetoond is dat winning van aardgas kan leiden tot kleine aardbevingen. In de noordelijke provincies en Noord-Holland is een monitoring-netwerk met seismometers geplaatst. Elk kwartaal worden de metingen van dit netwerk gepubliceerd.

Voor de injectie van formatiewater zijn meerdere vergunningen nodig. Door middel van het Milieu-effectrapport Water-injectie in Zuidoost-Drenthe (NAM, 1991) zijn de relevante ondergrondse aspecten, zoals bodemdaling en geochemische processen, in beeld gebracht.

Overige toepassing van de diepe ondergrond

Bij "overige toepassingen" van de diepe ondergrond wordt met name gedacht aan opslag van hoog-toxisch afval, CO₂-opslag, en geothermische toepassing.

Hoog-toxisch afval

In het kader van NMP-actie 62 in de jaren 1992/1993 een discussie gevoerd "over de vraag of de ondergrond mag en kan worden gebruikt voor het opbergen van hoog-toxisch afval". Deze discussie heeft in 1993 geresulteerd in een kabinetsstandpunt (Tweede Kamer, 1993), waarin staat dat berging terugneembaar dient te zijn. Daar-

toe zal een heroriëntatie op het radioactief afvalonderzoek plaatsvinden. Eén van de aspecten die hierbij aan de orde komt is onderzoek naar terugneembare opbergingsmethoden in relatie tot ondermeer de IBC-criteria (Isoleren, Beheersen en Controleren). Dit onderzoekprogramma vindt plaats in het kader van het ILONA-programma (Integraal Landelijk Onderzoek Nucleair Afval). De commissie ILONA, die dit onderzoek coördineert, adviseert de Minister van Economische Zaken alsmede de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer over de resultaten van dit onderzoek. De voorbereidingen van het onderzoek zijn in 1995 in gang gezet.

Geothermie

Winning van aardwarmte heeft in Nederland momenteel een lage prioriteit. Wel zal er hoogstwaarschijnlijk - het Ministerie van Economische Zaken beraadt zich over de financiering - voor gezorgd worden dat de kennis van aardwarmteopsporing en -winning, die bij eerdere onderzoeksprojecten is opgedaan, in stand wordt gehouden.

CO₂-opslag

De ministeries van Economische Zaken en van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer laten gezamenlijk een onderzoek uitvoeren naar mogelijkheden om CO₂ in de ondergrond op te slaan. Indien CO₂-opslag wenselijk en mogelijk wordt geacht zal werkelijke opslag hoogstwaarschijnlijk nog niet voor de eeuwwisseling plaatsvinden.

BEOORDELEN VAN ACTIVITEITEN

Het overgrote deel van de huidige activiteiten in de diepe ondergrond heeft betrekking op delfstofwinning. De risico's daarvan voor het ondergrondse milieu zijn of worden in kaart gebracht. Er lopen meerdere monitorings- en studieprogramma's. Het gebruik van de diepe ondergrond voor andere doeleinden dan delfstofwinning is grotendeels nog niet aan de orde, maar staat in een toenemende maatschappelijke belangstelling. De invalshoeken van de activiteiten zijn echter zodanig verschillend dat de discussie erover slechts moeizaam tot stand komt. Er is een beperkte hoeveelheid informatie en er is (nog) geen integrale visie op het gebruik van de ondergrond ontwikkeld. Het huidige beleidsinstrumentarium voorziet slechts in een beoordeling per activiteit, waarbij wordt bekeken of en in hoeverre eventuele gevolgen acceptabel zijn én welke de effecten kunnen zijn op activiteiten die reeds plaatsvinden.

Voor het gebruik van de diepe ondergrond gericht op de winning van delfstoffen kan worden gesteld dat het huidige instrumentarium op basis van de Mijnwet, de Wet bodembescherming en de Wet milieubeheer (MER-procedure) een adequaat niveau van milieubescherming kan bewerkstelligen. Uit dit rapport is duidelijk naar voren gekomen dat het gebruik van de diepe ondergrond zal kunnen toenemen en lokaal kan leiden tot beperking van de mogelijkheid voor andere activiteiten. De diepe ondergrond kan geen onbeperkte ruimte bieden en is ook geen oneindige bron van grondstoffen. Specifiek voor het beleid ten aanzien van het milieucompartiment bodem geldt binnen de algemene milieudoelstellingen het handhaven van de multifunctionaliteit. Het gaat daarbij om het openhouden van de verschillende gebruiksmogelijkheden van de bodem voor de toekomst (IMP-bodem, 1983). Voor activiteiten in de diepe ondergrond zou dan de vraag aan de orde moeten worden gesteld welk ander gebruik er op of nabij de plaats van de voorgenomen activiteit mogelijk is en in hoeverre de voorgenomen activiteit gevolgen heeft voor de gebruiksmogelijkheden van de diepe ondergrond in de omgeving van de activiteit. De MER-procedure lijkt bij uitstek geschikt om deze specifiek op bodembescherming gerichte vragen per activiteit te beantwoorden. De werkgroep beveelt dan ook aan om de inzet van het MER-instrumentarium op dit punt nader te onderzoeken.

Activiteiten kunnen op zich nuttig zijn, maar zoals uit dit rapport blijkt is het bij de beoordeling van belang de samenhang met andere activiteiten en natuurlijke processen te bekijken. Het is dan ook gewenst een visie te ontwikkelen over hoe de ondergrondse ruimte kan worden geordend om blijvend van nut voor de mens en zijn activiteiten te zijn. Reeds eerder is door Van der Gaag (1990) in een RMNO-rapport gewezen op het belang en de mogelijkheid van een bestemmingsplan (ruimtelijke ordening) voor de ondergrond:

"Het lijkt uitermate zinvol te komen tot een bestemmingsplan voor de Nederlandse ondergrond. Gezien het intensieve gebruik van de Nederlandse ondergrond in het verleden en in de tegenwoordige tijd is een goed bestemmingsplan noodzakelijk met het oog op alle vormen van toekomstig gebruik van onze ondergrond. Er moet vermeden worden dat bepaalde geologische formaties, uitermate geschikt voor bepaalde doeleinden, te vlug gebruikt zullen worden voor een andere optie."

In de nota van toelichting bij het ontwerp wijziging Mijnreglement 1964 (1995) werd over het ontwikkelen van een dergelijk instrument voor opslagactiviteiten in de ondergrond het volgende geschreven:

"In de regeling is geen mogelijkheid opgenomen om een ordening in het gebruik van de ondergrond te kunnen aanbrengen. Noch de mijnwetgeving noch de milieuwetgeving

bieden op dit moment hiervoor een basis. Een behoefte tot ordening bestaat op dit moment niet. Het aantal mogelijke projecten zijn gering, terwijl er voor alle mogelijke toepassingen een aantal locaties zijn, die - althans in theorie - voor opslag geschikt lijken. Omdat er zowel onduidelijkheid bestaat over de toekomstige behoeften, als over de exacte mogelijkheden van de ondergrond zijn er vooralsnog geen mogelijkheden om te komen tot een zinvolle ordening en een structurele planning. Hierbij zij opgemerkt dat, anders dan in het gebruikelijke planologische beleid, er bij de ondergrond sprake is van drie dimensies. Niet alleen is er verschil op welke plaats (lengte en breedte) iets gebeurt, maar ook op welke diepte. Indien hiervoor mogelijkheden aanwezig lijken, zal worden bezien in hoeverre en op welke wijze ordening van de ondergrond alsnog kan en moet worden geregeld."

Tussen beide visies valt een verschil te constateren in het schatten van de noodzaak van ruimtelijke planning van het gebruik van de diepe ondergrond. Dit verschil kan worden verklaard vanuit het verschil in verwachting omtrent dat gebruik. Het Mijnreglement is met name gericht op de huidige activiteiten in de diepe ondergrond en in dat verband wordt een ruimtelijke ordening van de diepe ondergrond nog niet nodig geacht. Het RMNO-rapport is vooral gericht op toekomstige activiteiten.

CONCLUSIE

Activiteiten die verband houden met de winning van delfstoffen vallen onder de Mijnwetgeving. De Wet bodembescherming kan het toetsingskader vormen voor de aan ondergrondse activiteiten verbonden milieuaspecten. Een MER kan een goed hulpmiddel zijn om te zorgen dat bij de afweging van activiteiten de effecten voor het (diepe) bodemmilieu een rol spelen. Daarbij gaat het niet alleen om effecten op natuur en milieu maar ook - in verband met bodembescherming - om effecten op de gebruiksmogelijkheden van de diepe ondergrond ter plaatse en in de omgeving van de voorgenomen activiteit. Het milieu-effectrapport zou dan ook, indien van toepassing, een onderdeel "effecten op functies van de diepe ondergrond" dienen te bevatten. De mijnwetgeving kan, zoals al gebruikelijk, de regels stellen ten aanzien van de mijnbouwkundige-, veiligheids- en milieukundige aspecten van de activiteiten.

De milieuwetgeving en mijnwetgeving zouden indien de toename van ondergrondse activiteiten reëel blijkt te zijn, op termijn aangevuld moeten worden met ruimtelijk orderingsbeleid in de vorm van een bestemmingsplan voor de diepe ondergrond. Het verdient aanbeveling om de mogelijkheden voor een dergelijk plan beleidsmatig nader te verkennen.

REFERENTIES

- Abou-Sayed, A., T.W. Thompson en K. Keckler, 1994. Safe injection pressures for disposing of liquid wastes: A case study for deep well injection. In: Eurock '94, p. 769 - 776, Balkema, Rotterdam.
- Allan, C.J., 1994. Technology for radioactive waste disposal in Canada. In: Kerntechnik 59, nrs 1-2, p 49-55, Carl Hanser Verlag, München, Duitsland.
- Appelo, C.A.J., 1990. Hydrogeochemical transport modelling. In: Hydrochemistry and energy storage in aquifers, proceedings van een bijeenkomst op 23 april 1990 in Ede. Eds: J.C. Hooghart en C.W.S. Posthumus, TNO Committee on Hydrological Research, no. 43, Den Haag.
- Bath, 1966. Earthquake energy and magnitudes. In: Phys. Chem. Earth. Volume 7, p. 115-165.
- Beceiro, A.R., 1994. The Spanish radioactive waste management programme. In: Kerntechnik 59, nrs 1-2, p 39-42, Carl Hanser Verlag, München, Duitsland.
- Bekker, P. de en P. Tessel, 1994. Aqueous Phase Oxidation of Sewage Sludge with the subsurface VerTech process, VerTech Treatment Systems b.v., Baarn.
- Besluit milieu-effectrapportage, 1994. Besluit van 4 juli 1994, houdende uitvoering van het hoofdstuk Milieu-effectrapportage van de Wet milieubeheer (Besluit milieu-effectrapportage 1994). Staatsblad 540, Den Haag.
- Bjurström, S., 1994. The Swedish system for final disposal of radioactive waste. In: Kerntechnik 59, nrs 1-2, p 28-32, Carl Hanser Verlag, München, Duitsland.
- Bodemdaling in Friesland, 1990. Onderzoekscommissie bodemdaling Friesland, Leeuwarden.
- Bredewout, J.W., 1984. Vergelijkend gravimetrisch en magnetometrisch onderzoek in en nabij de Roerdalslenk Midden Limburg. In: Verslag van het Nationaal Onderzoeksprogramma aardwarmte en warmte-opslag 1979 - 1984 (NOA I). Projectbureau Energieonderzoek.
- Brennecke, P; H. Illi en H. Röthemeyer, 1994. Final disposal in Germany. In: Kerntechnik 59, nrs 1-2, p 23-27, Carl Hanser Verlag, München, Duitsland.
- Brouwer, F.J.J., 1990. Kwaliteit en resultaten van waterpasmetingen. In: Bodemdaling in Nederland, Symposiumverslag. Faculteit der Mijnbouwkunde en Petroleumwinning, Technische Universiteit, Delft.
- Buma, J.T., 1986. Mogelijkheden van ondergrondse ruimten. In: De Ingenieur, jaargang 98, nr.2, p. 13-21.
- Commandeur, L.C.M., 1994. Voorwaarden voor microbiële afbraak van (gehalogeeneerde) koolwaterstoffen in de bodem. Technische commissie bodembescherming, TCB R03(1994), Den Haag.

- Crook, Th. de; B. Dost en H.W. Haak, 1995. Analyse van het seismische risico in Noord-Nederland. Technisch rapport TR-168, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, De Bilt.
- Czyscinski, K. en W. Danker, 1994. The United States program for the geological disposal of spent fuel and high-level radioactive waste. In: Kerntechnik 59, nrs 1-2, p 56-63, Carl Hanser Verlag, München, Duitsland.
- Detilleux, E.; F. Decamps en E. Biesemans, 1994. Radioactive waste disposal in Belgium. In: Kerntechnik 59, nrs 1-2, p 14-17, Carl Hanser Verlag, München, Duitsland.
- Doorn, Th.H.M. van, 1984. Inventarisatie van ondiepe aquifers. In: Verslag van het Nationaal Onderzoeksprogramma aardwarmte en warmte-opslag 1979 - 1984 (NOA I). Projectbureau Energieonderzoek.
- Doornhof, D., 1990. Bodemdaling in de praktijk - het Groningen Gasveld. In: Bodemdaling in Nederland, Symposiumverslag. Faculteit der Mijnbouwkunde en Petroleumwinning, Technische Universiteit, Delft.
- Dufour, F.C., 1990. The relation between aquifer thermal energy storage and hydrochemistry; an overview. In: Hydrochemistry and energy storage in aquifers, proceedings van een bijeenkomst op 23 april 1990 in Ede. Eds: J.C. Hooghart en C.W.S. Posthumus, TNO Committee on Hydrological Research, no. 43, Den Haag.
- Fokker, P.A., 1995. The behaviour of salt and saltcaverns. Proefschrift, TU-Delft.
- Fourmaintraix, D.M.; M. Flouzat; M.J. Bouteca en M. Kasser, 1994. Improved subsidence monitoring methods. In: Eurock '94, p. 549 - 556, Balkema, Rotterdam.
- Gaag, P. van der, 1990. Erop of eronder? Verkenning van aardwetenschappelijke mogelijkheden tot herroepelijk opbergen van chemisch afval in de Nederlandse ondergrond. Publikatie RMNO, nr. 43.
- Griffioen, J., 1990. Laboratory experiments on behalf of the TNO-DGV test facility for aquifer thermal energy storage at Delft, the Netherlands. In: Hydrochemistry and energy storage in aquifers, proceedings van een bijeenkomst op 23 april 1990 in Ede. Eds: J.C. Hooghart en C.W.S. Posthumus, TNO Committee on Hydrological Research, no. 43, Den Haag.
- Grondwaterwet, 1984. Nederlandse Staatswetten 185, Tjeenk Willink bv., Zwolle.
- Haak, H.W., 1990. Seismische registraties in Nederland tegen de achtergrond van de aardbevingen van Assen, Hooghalen en Purmerend. Symposiumverslag. Faculteit der Mijnbouwkunde en Petroleumwinning, Technische Universiteit, Delft.
- Haspel, B. van den; J.H.J. Roos en G.J. Schepers, 1994. CO₂-verwijdering langere termijn effecten, Centrum voor energiebesparing en schone technologie, Delft.
- Hasselt, J. Ph. van, 1990. Reservoir compactie en bodemdaling ten gevolge van olie en gasproductie - een overzicht van theoretisch en experimenteel onderzoek. In: Bodemdaling in Nederland, Symposiumverslag. Faculteit der Mijnbouwkunde en Petroleumwinning, Technische Universiteit, Delft.

- Heijdra, J.J., J. Bekkering, J. v.d. Gaag, P.H. v.d. Kleyn, J. Prij, 1995. Retrievability of radioactive waste from a deep underground disposal facility. Directorate-General Science, Research and Development of EC, EUR 16197.
- Holmes, J., 1994. Deep disposal of radioactive waste in the United Kingdom. In: *Kerntechnik* 59, nrs 1-2, p 43-42, Carl Hanser Verlag, München, Duitsland.
- ILONA-bulletin, 1994. Mededelingen van de Commissie Integraal Landelijk Onderzoek Nucleair Afval. Nummer 8, januari 1994, Den Haag
- Infiltratiebesluit, 1993. Besluit van 20 april 1993, houdende regels met betrekking tot infiltratie van uit oppervlaktewater verkregen water in de bodem (Infiltratiebesluit bodembescherming), Staatsblad 1993 233, Den Haag.
- Issler, H. en M. Ammann, 1994. Nuclear waste management in Switzerland. In: *Kerntechnik* 59, nrs 1-2, p 33-38, Carl Hanser Verlag, München, Duitsland.
- IWACO, 1994. Inventarisatie bodembeschermingsaspecten koudeopslag. Eindrapport, 332.8810 9326/GW, IWACO B.V., 's Hertogenbosch, en IF Technology bv, Arnhem.
- Jenne, E.A. 1990. Aquifer thermal energy storage: the importance of geochemical reactions. In: *Hydrochemistry and energy storage in aquifers*, proceedings van een bijeenkomst op 23 april 1990 in Ede. Eds: J.C. Hooghart en C.W.S. Posthumus, TNO Committee on Hydrological Research, no. 43, Den Haag.
- KNMI, 1993. Eindrapport multidisciplinair onderzoek naar de relatie tussen gaswinning en aardbevingen in Noord-Nederland. Begeleidingscommissie Onderzoek Aardbevingen, KNMI, afdeling Seismologie, de Bilt.
- KNMI, 1994. Seismische analyse van de aardbeving bij Alkmaar op 21 september 1994. Technisch rapport, TR-167. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt.
- Leeuwen, P. van, 1995. Verborgten leven in Moeder Aarde. Onderzoek wijst op bestaan diepe biosfeer. In: *De Ingenieur* nr. 2, p. 26 - 29.
- Lindblom, U.E., 1994. History and present status of hydrocarbon storage in excavated rock caverns. In: *Eurock '94, Proceedings of SPE/ISRM International Conference on Rock Mechanics in Petroleum Engineering* held in Delft, 29-31 August, p. 663-670, Balkema, Rotterdam.
- Logan, J.M. en J. Rudnicki, in samenwerking met G.A.M. Kruse en bijdrage van J.P.A. Roest, 1994. Onderzoek naar geïnduceerde seismiciteit bij de exploitatie van koolwaterstofhoudende reservoirs en de invloed daarvan op de bedrijfsvoering van het PGI-Alkmaar project.
- Lozingenbesluit, 1990. Besluit van 4 mei 1990, houdende regels met betrekking tot het in de bodem lozen van vloeistoffen (Lozingenbesluit bodembescherming), Staatsblad 1990 217, Den Haag.
- Man, R. de; W. Kooper en T. Edelman, 1991. Ondergrondse berging van onverwerkbaar afval. Publikatiereeks stralenbescherming, nr. 1991/53. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.

- Martin, D.D. en J.J. Taber, 1992. Carbondioxide flooding. *Journal of Petroleum Technology*, p. 396-400.
- Marquenie, J.M.; E.C. Mac Gillavry en W.P. Cofino, 1995. Waterkwaliteitsaspecten van de diepe ondergrond. In: *Bodem*, jaargang 5, nr. 3, p. 109-110, Samsom H.W. Tjeenk Willink bv., Alphen aan den Rijn.
- Mijnwetgeving Continentaal plat, 1989. Nederlandse Staatswetten 145-II. Editie Schuurman en Jordens, W.E.J, Tjeenk Willink, Zwolle.
- Mijnwetgeving Nederlands territorium, 1989. Nederlandse Staatswetten 145-I. Editie Schuurman en Jordens, W.E.J, Tjeenk Willink, Zwolle.
- Ministerie van Economische Zaken, 1988. Opslag en opberging in de ondergrond. Brief van 14 november 1988, kenmerk 388/III/2529 door de Minister van Economische Zaken aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal, Den Haag.
- Ministerie van Economische Zaken, 1989. Onderzoek naar geologische opberging van radioactief afval in Nederland. Eindrapport fase 1, Commissie Opberging te Land (OPLA), Den Haag.
- Ministerie van Economische Zaken, 1993. Onderzoek naar de geologische opberging van radioactief afval in Nederland. Eindrapport Aanvullend Onderzoek van fase 1. Commissie Opberging te Land (OPLA), Den Haag.
- Ministerie van Economische Zaken, 1994. **Olie en gas in Nederland**, opsporing en winning 1993. Hoofdafdeling mijnwezen, directie olie en gas, Directoraat-Generaal voor Energie.
- Ministerie van Economische Zaken, 1995. **Olie en gas in Nederland**, opsporing en winning 1994. Hoofdafdeling mijnwezen, directie olie en gas, Directoraat-Generaal voor Energie.
- Mobach, E. en H.J. Gussinklo, 1994. In-situ reservoir compaction monitoring in the Groningen field. In: *Eurock '94*, p. 535 - 547, Balkema, Rotterdam.
- Montfrans, H.M. van en E. Mot, 1984. Mogelijkheden voor de winning van aardwarmte in Nederland - inventarisatie en schatting van het potentieel. In: *Verslag van het Nationaal Onderzoeksprogramma aardwarmte en warmte-opslag 1979 - 1984 (NOA I)*. Projectbureau Energieonderzoek.
- Mot, E., 1984. Aardwarmtewinning in Nederland. In: *Verslag van het Nationaal Onderzoeksprogramma aardwarmte en warmte-opslag 1979 - 1984 (NOA I)*. Projectbureau Energieonderzoek.
- NAM, 1991. Milieu-Effectrapport water-injectie in Zuidoost-Drenthe. NAM Rapport no. 19446. Centrum voor Milieu-Effectonderzoek (CMEO), Delft.
- NAM, 1995a. Bodemdaling door aardgaswinning Groningenveld en randvelden in Groningen, Noord-Drenthe en het Oosten van Friesland. Status Rapport 1995 en Prognoses tot het jaar 2050. NAM-rapport nr. 27600, Nederlandse Aardolie Maatschappij b.v., Assen.
- NAM, 1995b. Milieu-effect-Rapport Proefboringen naar aardgas in de Noordzeekustzone en op Ameland. Opgesteld in opdracht van de Nederlandse Aardolie-

- maatschappij B.V. HASKONING Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau, Nijmegen.
- NEA, 1995. The environmental and ethical basis of geological disposal of long-lived radioactive wastes. A collective opinion of the radioactive waste management Committee of the OECD Nuclear Energy Agency.
- OECD, 1988. Environmental Impacts of Renewable Energy, The OECD Compass Project. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), ISBN 92-64-13151-5, Parijs.
- Ontwerp wijziging van het Mijnreglement 1964 (brengen van stoffen in ondergrondse werken), 1995. Staatscourant 60 van maart 1995, Den Haag.
- Oost, A.P. en K.S. Dijkema, 1993. Effecten van bodemdaling door gaswinning in de Waddenzee. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, IBN-rapport 025, Den Burg, Texel.
- Paige, R.W. en L.R. Murray, 1994. Re-injection of produced water - Field experience and current understanding. In: Eurock '94, p. 731 - 738, Balkema, Rotterdam.
- Pöttgens, J.J.E., 1990. Bodembewegingen bij delfstoffenwinning in Nederland, van empirie tot fenomenologie. In: Bodemdaling in Nederland, Symposiumverslag. Faculteit der Mijnbouwkunde en Petroleumwinning, Technische Universiteit, Delft.
- Prij, J., 1993. PROSA, PRObabilistic Safety Assessment, Final Report. Study performed in the framework of phase 1A of the OPLA research programme on geological disposal of radioactive waste. Energie Onderzoeks Centrum (ECN), Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM) en Rijksgeologische Dienst (RGD).
- RIVM, 1991. Nationale Milieuverkenning 1990 - 2010. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven.
- Roest, J.P.A. en W. Kuilman, 1993. Geomechanische analyse van de lichte aardshokken in het Eleveld reservoir. Bijdrage TU-Delft aan het multidisciplinair onderzoek naar de relatie tussen gaswinning en lichte aardbevingen. Faculteit der Mijnbouwkunde en Petroleumwinning, Technische Universiteit, Delft.
- Roest, J.P.A. en W. Kuilman, 1994. Geomechanical analysis of small earthquakes at the Eleveld gas reservoir. In: Eurock '94, p. 573 - 580, Balkema, Rotterdam.
- Roest, J.P.A., 1995. Lichte aardshokken bij gaswinning. In: Bodem, jaargang 5, nr. 3, p.118-119, Samsom H.W. Tjenk Willink bv., Alphen aan den Rijn.
- Roggenkamp, M.M., 1991. Netherlands oil and gas law - an introduction. Chancery Law Publishing Ltd., Londen.
- Schemeta, J.E.; W.B. Minner; R.G. Hickman; P.A. Johnston; C.A. Wright en N. Watchi, 1994. Geophysical monitoring during a hydraulic fracture in a fractured reservoir: Tiltmeter and passive seismic result. In: Eurock '94, p. 929 - 944, Balkema, Rotterdam.

- Schuiling, R.D., 1988. Method to artificially raise the level of the land. Universiteit van Utrecht, Nederlands patent, nr. 8901242.
- Schuiling, R.D., 1990. Geochemical engineering: some thoughts on a new research field. In: Applied Geochemistry, vol. 5, p. 251 - 262, Pergamon Press, Engeland.
- Seinen, S.; T.F. Huber; H.C.N. v.d. Putten; R.G. Klein Entink; G. Frapporti en M.M. Groenendijk, 1994. CO₂-verwijdering: milieu aspecten, IWACO, 's Hertogenbosch.
- Taverne, B.G., 1993. Beginselen en voorbeelden van regelgeving en beleid ten aanzien van de opsporing en winning van aardolie en aardgas. Delftse Universitaire Pers, Delft.
- TCB-advies Herziening Leidraad bodembescherming III. Locatiespecifieke omstandigheden. TCB A04(1993). Technische commissie bodembescherming, Den Haag.
- TCB-Jaarverslag 1989, Technische commissie bodembescherming, Den Haag.
- Turuntaev, S.B., 1994. Temporal and spatial structures of triggered seismicity in Romashkinskoye oil-field. In: Eurock '94, p. 581 - 588, Balkema, Rotterdam.
- Tweede Kamer der Staten-Generaal, 1989. Notitie Omgaan met risico's. vergaderjaar 1988-1989, 21 137, nr. 5, Den Haag..
- Tweede Kamer der Staten-Generaal, 1993. Kabinetsstandpunt over de vraag of de diepe ondergrond mag en kan worden gebruikt voor het opbergen van afval (NMP-actie 62), Kamerstukken TK 1992/1993, 23 163, nr. 1, Den Haag.
- Tweede Kamer der Staten-Generaal, 1994a. Aanwijzing streekplan Drenthe in verband met gasopslag bij Langelo. Brief van de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Tweede Kamer, vergaderjaar 1993-1994, 23.819, nr. 1, Den Haag.
- Tweede Kamer der Staten-Generaal, 1994b. Aanwijzing streekplan Drenthe in verband met gasopslag bij Langelo. Brief van de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Tweede Kamer, vergaderjaar 1993-1994, 23.819, nr. 5, Den Haag.
- Vira, J.,1994. Disposal of radioactive wastes from the Finnish nuclear power plants. In: Kerntechnik 59, nrs 1-2, p. 18-22, Carl Hanser Verlag, München, Duitsland.
- VROM, 1983. Voorlopig indicatief meerjarenprogramma Bodem 1984 - 1988. Tweede Kamer, zitting 1982 - 1983, 17.600 hoofdstuk XI, nr. 130, Den Haag.
- VROM, 1987. Storten van niet verwerkbaar chemisch afval: een verkenning van alternatieven. Rapport van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijk Ordening en Milieuhygiëne, nr. 18, Leidschendam.
- VROM, 1989. Nationaal Milieubeleidsplan, Kiezen of verliezen. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988 - 1989, 21.137, nrs. 1-2, Den Haag.
- VROM, 1990. Nationaal Milieubeleidsplan-plus. Tweede Kamer, vergaderjaar 1989 - 1990, 21.137, nrs. 20-21, Den Haag.

- VROM, 1991. Opberging afval in de diepe ondergrond: Kan het en mag het? Verslag van de studiedag die werd gehouden op 12 september 1991. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directie Stralenscherming, Den Haag.
- Wallner, M., 1994. Sensitivity and uncertainty analysis Applied to cavity design computations in rock salt. In: Eurock '94, p. 760 - 768, Balkema, Rotterdam.
- Walter, F., 1991. Van Thermoscopen en Doubletten. 12 april 1991. Intreerede van drs. F. Walter. Uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar in de Geothermie aan de Faculteit der Mijnbouwkunde en Petroleumwinning van de Technische Universiteit te Delft.
- Walter, F., 1992. Moeder aarde geeft haar warmte prijs: aardwarmtewinning ook in Nederland rendabel. In: PolyTechnisch tijdschrift: procestechniek, jaargang 47, nr. 11, p. 28-32.
- Witberg, T., 1989. Overzicht wetgeving ondergrond. In: Noorderbreedte, no. A, p. 31-33.

SAMENSTELLING

WERK GROEP "DIEPE ONDERGROND"

Voorzitter:

Prof.dr.ir. A. Verruijt TU-Delft, Geotechniek

Leden:

Drs. Th.H.M. van Doorn RGD, kartering diepe ondergrond

Drs. P. van der Gaag Lid van het Platform "verantwoord gebruik van de
Nederlandse ondergrond"

Prof.dr. D.D. Genske TU-Delft, Ingenieurs Geologie

Ir. M.H. Mulder TNO, Grondwater en Geo-energie

Dr.ing. J. Prij Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN)

Ir. J.P.A. Roest TU-Delft, Ingenieurs Geologie

Prof.dr. R.D. Schuiling Universiteit Utrecht, Geochemie en lid van het Platform
"verantwoord gebruik van de Nederlandse ondergrond"

Dr.ir. G.J.M. Uffink RIVM, Laboratorium voor Bodem en Grondwateronder
zoek

Secretaris:

Drs. R. Wijland adjunct secretaris van de Technische commissie bodembe-
scherming

**TEKST VAN DE WET BODEMBESCHERMING ZOALS DEZE
LAATSTELIJK IS GEWIJZIGD BIJ DE WETTEN VAN 10 MEI 1994,
STBB. 331 EN 332**

**HOOFDSTUK III. ALGEMENE BEPALINGEN TER BESCHERMING
VAN DE BODEM**

Artikel 6

1. Bij algemene maatregel van bestuur kunnen in het belang van de bescherming van de bodem regels worden gesteld met betrekking tot het verrichten van handelingen waarbij stoffen die de bodem kunnen verontreinigen of aantasten, op of in de bodem worden gebracht, ten einde deze aldaar te laten.

2. Hiertoe kunnen behoren regels met betrekking tot:

- a. het ter bewaring opslaan van bij die maatregel aan te geven stoffen op of in de bodem;
- b. het brengen van afvalstoffen op of in de bodem;
- c. het op of in de bodem doen uitstromen van verontreinigd water of slib;
- d. het op de bodem verspreiden van as, afkomstig van de verbranding van stoffelijke resten.

Artikel 7

1. Bij algemene maatregel van bestuur kunnen in het belang van de bescherming van de bodem regels worden gesteld met betrekking tot het verrichten van handelingen waarbij stoffen die de bodem kunnen verontreinigen of aantasten, aan de bodem worden toegevoegd, ten einde de structuur of de kwaliteit van de bodem te beïnvloeden.

2. Hiertoe kunnen behoren regels met betrekking tot:

- a. het op of in de bodem brengen van stoffen die de draagkracht van de bodem beïnvloeden;
- b. het op of in de bodem brengen van meststoffen.

Artikel 8

1. Bij algemene maatregel van bestuur kunnen in het belang van de bescherming van de bodem regels worden gesteld met betrekking tot het uitvoeren van werken op of in de bodem, waarbij ingrepen worden verricht of stoffen worden gebruikt, die de bodem kunnen verontreinigen of aantasten.

2. Hiertoe kunnen behoren regels met betrekking tot:

- a. grond- en funderingswerken;
- b. bodemonderzoek;
- c. de aanleg van pijpleidingen of andere leidingen;
- d. het aanbrengen van opslagtanks of reservoirs;
- e. ontginningen, ontgrondingen of ontgravingen;
- f. diepe grondbewerking;
- g. werken in het kader van ontwatering, bronnering of grondwaterwinning.

Artikel 9

1. Bij algemene maatregel van bestuur kunnen in het belang van de bescherming van de bodem regels worden gesteld met betrekking tot het transporteren van bij die maatregel aan te geven stoffen die de bodem kunnen verontreinigen of aantasten.
2. Hiertoe kunnen behoren regels met betrekking tot:
 - a. het transporteren van zodanige stoffen met behulp van pijpleidingen of andere leidingen;
 - b. het verrichten van overslaghandelingen met zodanige stoffen;
 - c. het transporteren van zodanige stoffen met behulp van voertuigen.

Artikel 10

1. Bij algemene maatregel van bestuur kunnen in het belang van de bescherming van de bodem regels worden gesteld met betrekking tot het verrichten van handelingen waarbij als nevengevolg stoffen die de bodem kunnen verontreinigen of aantasten, op of in de bodem geraken.
2. Hiertoe kunnen behoren regels met betrekking tot:
 - a. het toepassen van gladheidsbestrijdingsmiddelen;
 - b. het met bij die maatregel aan te geven stoffen behandelen van voorwerpen, ten einde oppervlaktelagen daarop aan te brengen of daarvan te verwijderen;
 - c. het bewerken van voorwerpen, waarbij bij die maatregel aan te geven stoffen vrijkomen.

Artikel 11

Bij algemene maatregel van bestuur kunnen in het belang van de bescherming van de bodem regels worden gesteld met betrekking tot het verrichten van niet onder de artikelen 6 tot en met 10 vallende handelingen die erosie, verdichting of verzilting van de bodem tot gevolg kunnen hebben.

Artikel 12

1. Bij algemene maatregel van bestuur worden ten aanzien van het infiltreren van water in de zin van artikel 1 van de Grondwaterwet regels gesteld waarin wordt aangegeven:
 - a. in welke gevallen sprake is van gevaar voor verontreiniging van het grondwater, als bedoeld in artikel 14a van die wet;
 - b. welke voorschriften ter bescherming van het grondwater moeten worden verbonden aan een vergunning voor dat infiltreren van water.
2. Bij de maatregel kunnen ook anderszins regels ter bescherming van de bodem worden gesteld.
3. Bij de maatregel kan worden bepaald dat de daarbij gestelde regels slechts gelden in daarbij aangegeven categorieën van gevallen.
4. Bij de maatregel kan voorts worden bepaald in hoeverre gedeputeerde staten met betrekking tot daarbij aangegeven onderwerpen van bij de maatregel gestelde regels kunnen afwijken, hetzij in het algemeen, hetzij in bij de maatregel aangegeven categorieën van gevallen.

Artikel 13

Ieder die op of in de bodem handelingen verricht als bedoeld in de artikelen 6 tot en met 11 en die weet of redelijkerwijs had kunnen vermoeden dat door die handelingen de bodem kan worden verontreinigd of aangetast, is verplicht alle maatregelen te nemen die redelijkerwijs van hem kunnen worden gevergd, teneinde die verontreiniging of aantasting te voorkomen, dan wel indien die verontreiniging of aantasting zich voordoet, de bodem te saneren of de aantasting en de directe gevolgen daarvan te beperken en zoveel mogelijk ongedaan te maken. Indien de verontreiniging of aantasting het gevolg is van een ongewoon voorval, worden de maatregelen onverwijld genomen.

Artikel 14

1. De krachtens de artikelen 6 tot en met 12 bij algemene maatregel van bestuur vast te stellen regels kunnen inhouden dat degene die daarbij aangewezen handelingen op of in de bodem verricht of doet verrichten, anders dan als ondergeschikte, aansprakelijk is voor de daardoor aangerichte schade, voor zover die schade het gevolg is van de door die handelingen veroorzaakte verontreiniging of aantasting van de bodem.
2. Bij de maatregel wordt het bedrag vastgesteld tot het welk de in het eerste lid bedoelde aansprakelijkheid ten hoogste geldt. Tevens wordt daarbij bepaald op welke van de in het eerste lid bedoelde personen de aansprakelijkheid rust.
3. De rechter kan de verplichting tot schadevergoeding matigen.
4. Dit artikel vervalt op het tijdstip waarop door het in werking treden van een wijziging van het Burgerlijk Wetboek wordt voorzien in het onderwerp van het eerste lid.

Artikel 15

1. Tot de krachtens de artikelen 6 tot en met 12 bij algemene maatregel van bestuur te stellen regels kunnen behoren regels, inhoudende:
 - a. een verbod een werkzaamheid als daar bedoeld te verrichten indien daarbij niet voldaan wordt aan bij die maatregel gestelde eisen met betrekking tot de in het kader van die werkzaamheid te gebruiken stoffen of voorwerpen;
 - b. een verbod zodanige werkzaamheid te verrichten anders dan overeenkomstig bij die maatregel aan te geven eisen met betrekking tot de wijze waarop, de omstandigheden waaronder of de plaats waar die werkzaamheid mag worden verricht;
 - d. een verbod zodanige werkzaamheid te verrichten zonder zulks te melden op een bij die maatregel aan te geven wijze aan een daarbij aan te geven bestuursorgaan onder vermelding van daarbij aan te geven gegevens.
2. Tot de in het eerste lid bedoelde regels kan tevens een verbod behoren in het kader van een werkzaamheid als daar bedoeld een bij die maatregel aan te geven voorwerp bestemd voor het opslaan of transporteren van daarbij aan te geven stoffen, te gebruiken indien dat voorwerp:
 - a. niet op een bij of krachtens die maatregel aan te geven wijze is goedgekeurd;
 - b. niet behoort tot een type dat bij een keuring verricht aan de hand van bij of krachtens die maatregel daartoe vastgestelde voorschriften, is goedgekeurd.
3. Indien van een werkzaamheid als bedoeld in de artikelen 6 tot en met 12 een ernstige verontreiniging of aantasting van de bodem het gevolg kan zijn, kunnen de krachtens die artikelen bij algemene maatregel van bestuur vast te stellen regels een algeheel verbod inhouden zodanige werkzaamheid te verrichten.

Artikel 16

1. De krachtens de artikelen 6 tot en met 12 bij algemene maatregel van bestuur vast te stellen regels kunnen de verplichting inhouden dat met betrekking tot werkzaamheden, behorende tot een daarbij aangewezen categorie die ernstige verontreiniging of aantasting van de bodem kunnen veroorzaken, degene die zodanige werkzaamheden verricht of doet verrichten, anders dan als ondergeschikte:

- a. financiële zekerheid stelt voor het nakomen van krachtens de maatregel voor hem geldende regels;
- b. financiële zekerheid stelt ter dekking van zijn aansprakelijkheid voor schade die voortvloeit uit door de werkzaamheden veroorzaakte verontreiniging of aantasting van de bodem.

2. Bij de maatregel worden nadere regels gesteld met betrekking tot die verplichting. Daarbij worden in ieder geval het bedrag waarvoor en de termijn gedurende welke de zekerheid ten hoogste moet worden in stand gehouden, aangegeven, alsmede de voorwaarden waaraan moet worden voldaan alvorens de verplichting kan komen te vervallen. Tevens kan daarbij nader worden geregeld op welke van de in het eerste lid bedoelde personen de verplichting rust. Bij de maatregel wordt het bestuursorgaan aangewezen, dat bevoegd is bij het niet nakomen van een regel waarvoor financiële zekerheid is gesteld, te bepalen tot welk bedrag het verhaal zal nemen op de gestelde zekerheid. Artikel 18.10 van de Wet milieubeheer is van overeenkomstige toepassing met betrekking tot de invordering van het te verhalen bedrag. Bij de maatregel kunnen regels worden gesteld voor gevallen waarin aan de verplichting uitvoering wordt gegeven door het sluiten en in stand houden van een verzekering; daarbij wordt rekening gehouden met hetgeen redelijkerwijs door verzekering kan worden gedekt.

3. De krachtens de artikelen 6 tot en met 12 bij algemene maatregel van bestuur vast te stellen regels kunnen tevens de verplichting inhouden de bodem na beëindiging van een werkzaamheid als in die artikelen bedoeld in een bij die maatregel aan te geven toestand te brengen. Daarbij kunnen regels worden gegeven omtrent de wijze waarop die verplichting dient te worden nageleefd.

Artikel 17

1. De krachtens de artikelen 6 tot en met 12 bij algemene maatregel van bestuur vast te stellen regels kunnen de verplichting inhouden bij die maatregel aan te geven metingen, registraties of controles te verrichten ten einde gegevens te verkrijgen met betrekking tot een in de bodem gebrachte, geraakte of getransporteerde stof dan wel met betrekking tot de invloed van die stof op de bodem. Daarbij kunnen tevens eisen worden gesteld met betrekking tot de wijze waarop de metingen, registraties of controles dienen te worden verricht en de door middel daarvan verkregen gegevens aan een bij die maatregel aan te geven bestuursorgaan dienen te worden overgelegd.

2. De krachtens de artikelen 6 tot en met 12 bij algemene maatregel van bestuur vast te stellen regels kunnen voorts de verplichting inhouden te voldoen aan door bij die maatregel aan te geven bestuursorganen, omtrent daarbij vermelde onderwerpen, aan de betrokkene gestelde nadere eisen. In een beschikking waarbij een nadere eis wordt gesteld of gewijzigd, wordt tevens een termijn, aanvangende op het tijdstip waarop die beschikking van kracht is geworden, vastgesteld, eerst bij het verstrijken waarvan de in de beschikking vervatte eis van toepassing wordt.

Artikel 18

Bij een algemene maatregel van bestuur, vastgesteld krachtens de artikelen 6 tot en met 12, kan worden bepaald dat bij die maatregel gestelde regels slechts gelden in gebieden behorende tot een daarbij met het oog op het karakter van de bodem aangegeven categorie.

Artikel 19

Bij een algemene maatregel van bestuur, vastgesteld krachtens de artikelen 6 tot en met 12, kan worden bepaald dat het gezag dat bevoegd is een vergunning krachtens de Wet milieubeheer te verlenen, bij het verlenen of wijzigen van de vergunning met betrekking tot daarbij aangegeven onderwerpen in de beperkingen waaronder de vergunning wordt verleend, of in de daaraan verbonden voorschriften van bij de maatregel gestelde regels kan afwijken. In dat geval wordt bij de maatregel aangegeven in hoeverre het bevoegd gezag van de regels kan afwijken. Bij de maatregel kan tevens worden bepaald dat de bevoegdheid tot afwijken slechts geldt in daarbij aangegeven categorieën van gevallen.

Artikel 20

Indien een onmiddellijke voorziening geboden is, kan Onze Minister in het belang van de bescherming van de bodem een besluit nemen met betrekking tot een werkzaamheid als bedoeld in de artikelen 6 tot en met 11. Een zodanige ministeriële regeling vervalt zes maanden nadat zij in werking is getreden of, indien binnen die termijn een algemene maatregel van bestuur ter vervanging van die regeling in werking is getreden, op het tijdstip van die inwerkingtreding. De termijn kan bij ministeriële regeling eenmaal met ten hoogste zes maanden worden verlengd.

ONTWERP WIJZIGING MIJNREGLEMENT

Ontwerp-wijziging Mijnreglement 1964

De Minister van Economische Zaken, handelend in overeenstemming met de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, maakt bekend dat een ieder gedurende een periode van een maand na de verschijningsdatum van deze Staatscourant schriftelijk opmerkingen kan inbrengen met betrekking tot onderstaande ontwerp van een algemene maatregel van bestuur tot wijziging van het Mijnreglement 1964 (het brengen van stoffen in ondergrondse werken). Het adres luidt: postbus 20101, 2500 EC Den Haag.

Ontwerp-besluit tot wijziging van het Mijnreglement 1964 (brengen van stoffen in ondergrondse werken)

Op de voordracht van Onze Minister van Economische Zaken van ..., nr. ... WJA/W, gedaan in overeenstemming met Onze Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer;

Gelet op de artikelen 9, eerste en derde lid, en 10, eerste lid, van de Mijnwet 1903 en op artike' 99, tweede lid, van de Wet bodembescherming;

Gehoord de Raad voor het milieubeheer en de Mijnraad;

De Raad van State gehoord (advies van ..., nr. ...);

Gezien het nader rapport van Onze Minister van Economische Zaken van ..., nr. ... WJA/W, uitgebracht in overeenstemming met Onze Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer;

Hebben goedgevonden en verstaan:

Artikel 1

Het Mijnreglement 1964 wordt gewijzigd als volgt:

A

In artikel 5 wordt na het derde lid een nieuw lid toegevoegd, luidende:

4. Het in het tweede en derde lid bepaalde is niet van toepassing op een vergunning als bedoeld in artikel 337, eerste lid.

B

Na hoofdstuk XIX wordt een nieuw hoofdstuk ingevoegd, luidende:

Hoofdstuk XX Opslag in ondergronds gelegen werken**§1. Vergunningen****Artikel 335**

1. In deze paragraaf wordt verstaan onder opslaan: het brengen van stoffen in bij mijnen behorende ondergronds gelegen werken, behalve voor zover a. dat noodzakelijk is in het kader van het uitoefenen van het mijnbedrijf of b. het betreft stoffen die oorspronkelijk afkomstig zijn uit dezelfde mijn als de mijn waartoe het ondergronds gelegen werk waarin de stoffen worden gebracht behoort dan wel uit een mijn die dezelfde soort delfstoffen bevat als deze mijn of

c. het betreft hemelwater dat is verzameld nadat het op een bij een mijn behorend terrein of een bij een mijn behorend werk is gevallen of

d. het betreft water waarvan het gebruik noodzakelijk was in het kader van het uitoefenen van het mijnbedrijf of

e. het betreft stoffen die zijn toegevoegd aan stoffen als bedoeld in de onderdelen b, c of d, mits dat toevoegen daaraan noodzakelijk was in het kader van de uitoefening van het mijnbedrijf of noodzakelijk is om stoffen als bedoeld in de onderdelen b, c of d in de ondergronds gelegen werken te kunnen brengen.

2. Voor de toepassing van het eerste lid, onder b, worden aardolie en aardgas als dezelfde soort delfstof beschouwd.

Artikel 336

Het opslaan in een bij een mijn behorend ondergronds gelegen werk door een ander dan de houder van een voor die mijn geldende concessie als bedoeld in artikel 5 van de wet van 21 april 1810 (Bulletin des Lois no. 285) is verboden.

Artikel 337

1. Het is verboden op te slaan zonder vergunning van Onze Minister.

2. Een vergunning kan slechts worden geweigerd in het belang van de bescherming van het milieu of in het belang van de veiligheid. Een vergunning wordt in ieder geval geweigerd, indien de aanvrager niet aannemelijk heeft gemaakt dat de gevolgen voor het milieu aanvaardbaar zijn en de veiligheid in voldoende mate zal zijn verzekerd.

3. Een vergunning geldt zowel voor de aanvrager als voor degene aan wie de concessie voor de mijn waarop zij betrekking heeft wordt overgedragen.

4. Het eerste lid is niet van toepassing, indien stoffen moeten worden gebracht in bij mijnen behorende ondergronds gelegen werken ter afwending van onmiddellijk dreigend gevaar dat ontstaat of kan ontstaan door een onverwachte uitstroming van stoffen uit de ondergrond.

Artikel 338

1. Een aanvraag om een vergunning als bedoeld in artikel 337 wordt, met de daarbij behorende bijlagen, in achtvoud ingediend.

2. De aanvrager verschaft de gegevens en bescheiden die voor de beslissing op de aanvraag nodig zijn en waarover hij redelijkerwijs de beschikking kan krijgen.

3. De Inspecteur-Generaal der Mijnen zendt van de aanvraag en van elk der ingevolge het tweede lid overgelegde bescheiden zo spoedig mogelijk een exemplaar aan Onze Minister.

Artikel 339

De paragrafen 3.5.2 tot en met 3.5.5 van de Algemene wet bestuursrecht, alsmede afdeling 13.2 van de Wet milieubeheer zijn van toepassing met betrekking tot de totstandkoming van de beschikking op de aanvraag om vergunning.

Artikel 340

Onze Minister stelt de Inspecteur-Generaal der Mijnen, de regionale inspecteur van de volksgezondheid, belast met het toezicht op de hygiëne van het milieu, de besturen van de gemeenten, onder wier grondgebied de werken waarin zal worden opgeslagen zijn gelegen, gedeputeerde staten van de provincie onder wier grondgebied de werken waarin zal worden opgeslagen zijn gelegen, en de bestuursorganen die, binnen het gebied waaronder de werken waarin zal worden opgeslagen zijn gelegen, bevoegd zijn tot het verlenen van een vergunning krachtens de Wet verontreiniging oppervlaktewateren, in de gelegenheid advies uit te brengen over het ontwerp van de beschikking op de aanvraag om een vergunning.

Artikel 341

1. De vergunning kan onder beperkingen worden verleend.

2. Aan de vergunning kunnen de voorwaarden worden verbonden die nodig zijn in het belang van de bescherming van het milieu of in het belang van de veiligheid.

3. Tot de aan een vergunning te verbinden voorwaarden kunnen behoren:

a. de verplichting de daarbij aangegeven middelen ter bescherming van het milieu en ter verzekering van de veiligheid toe te passen;

b. de verplichting door middelen ter keuze van de vergunninghouder de doeleinden te verwezenlijken, die met het oog op de onder a bedoelde belangen bij de voorwaarde zijn aangegeven;

c. de verplichting metingen, berekeningen of tellingen op een bij de voorwaarde aangegeven wijze te verrichten ter bepaling van de mate, waarin nadelige gevolgen voor het milieu veroorzaakt worden of kunnen worden en ter bepaling van de mate, waarin de veiligheid verzekerd is;

d. de verplichting tot registratie van de uitkomsten van de onder c bedoelde metingen, berekeningen of tellingen;

e. de verplichting tot registratie van de uitkomsten van de onder c bedoelde metingen, berekeningen of tellingen;

e. de verplichting de uitkomsten van de onder c bedoelde metingen, berekeningen of tellingen op een bij de voorwaarde aangegeven wijze ter beschikking te stellen van de Inspecteur-Generaal der Mijnen.

Artikel 342

1. Onze Minister kan beperkingen, waaronder de vergunning is verleend, en voorwaarden, die daaraan zijn verbonden, wijzigen, aanvullen of intrekken, dan wel alsnog beperkingen aanbrengen of voorwaarden aan een vergunning verbinden.

2. Een beschikking als in het eerste lid bedoeld wordt ambtshalve dan wel op verzoek van een belanghebbende, niet zijnde de vergunninghouder, van de regionale inspecteur van de volksgezondheid, belast met het toezicht op de hygiëne van het milieu, of van een gemeentebestuur of een ander bestuursorgaan als bedoeld in artikel 340 slechts genomen in het belang van de bescherming van het milieu of in het belang van de veiligheid.

3. Een beschikking als in het eerste lid bedoeld wordt op verzoek van de vergunninghouder slechts genomen, indien het belang van de bescherming van het milieu of het belang van de veiligheid zich daartegen niet verzet.

4. In gevallen als bedoeld in het tweede lid zijn de paragrafen 3.5.2 tot en met 3.5.6 van de Algemene wet bestuursrecht, alsmede afdeling 13.2 van de Wet milieubeheer van toepassing met betrekking tot de totstandkoming van de beschikking. Artikel 340 is van overeenkomstige toepassing.

5. De paragrafen 3.5.2 tot en met 3.5.5 van de Algemene wet bestuursrecht, alsmede afdeling 13.2 van de Wet milieubeheer zijn van toepassing met betrekking tot de totstandkoming van de beschikking op een verzoek als bedoeld in het derde lid. Artikel 340 is van overeenkomstige toepassing.

Artikel 343

1. Onze Minister kan een vergunning ambtshalve of op verzoek van een belanghebbende, van de regionale inspecteur van de volksgezondheid, belast met het toezicht op de hygiëne van het milieu, of van een gemeentebestuur of een ander bestuursorgaan als bedoeld in artikel 340 geheel of gedeeltelijk intrekken, indien :

- het opslaan onaanvaardbaar nadelige gevolgen voor het milieu veroorzaakt of indien de veiligheid in onvoldoende mate is verzekerd en toepassing van artikel 342, eerste lid, daarvoor redelijkerwijs geen oplossing biedt;
- gedurende drie jaar geen handelingen zijn verricht met gebruikmaking van de vergunning;
- de concessie voor de mijn waarop zij betrekking heeft haar geldigheid verliest.

2. Onze Minister trekt een vergunning in, voor zover de verplichting hiertoe voortvloeit uit een voor Nederland verbindend verdrag of een voor Nederland verbindend besluit van een volkenrechtelijke organisatie.

3. Met betrekking tot de totstandkoming van een beschikking krachtens het eerste lid, onder a, zijn de paragrafen 3.5.2 tot en met 3.5.5 van de Algemene wet bestuursrecht, alsmede afdeling 13.2 van de Wet milieubeheer van toepassing. Artikel 340 is van overeenkomstige toepassing.

4. Onze Minister gaat tot intrekking van een vergunning op grond van het eerste lid, onder b en c, en het tweede lid niet over zonder de vergunninghouder in de gelegenheid te hebben gesteld binnen een termijn van tenminste twee weken schriftelijk of mondeling bedenkingen tegen de intrekking kenbaar te maken. Artikel 340 is van overeenkomstige toepassing.

Artikel 344

1. Indien in een geval waarin een vergunning als bedoeld in artikel 337 is vereist stoffen zijn opgeslagen in een bij een mijn behorend ondergronds gelegen werk, is de houder van een voor die mijn geldende concessie verplicht om, zolang die stoffen daar zijn opgeslagen, alle maatregelen te nemen die nodig zijn om te voorkomen dat door die opslag onaanvaardbaar nadelige gevolgen voor het milieu worden veroorzaakt of de veiligheid in onvoldoende mate is verzekerd.

2. Indien voor de mijn, bij welke de ondergronds gelegen werken waarin is opgeslagen behoren, geen concessie meer geldt, gelden de verplichtingen, bedoeld in het eerste lid, voor de laatste houder van een voor die mijn geldende concessie.

3. Het terughalen van stoffen uit het bij een mijn behorend ondergronds gelegen werk, waarin zij in een geval waarin

daarvoor een vergunning is vereist zijn opgeslagen, door een ander dan de houder van een voor die mijn geldende concessie of, indien voor die mijn geen concessie meer geldt, door een ander dan de laatste houder van een voor die mijn geldende concessie is verboden.

4. Onze Minister kan in een bijzonder geval van het in het derde lid bedoelde verbod ontheffing verlenen.

5. Onze Minister kan nadere regelen stellen ter zake van het in het eerste lid gestelde voorschrift.

§ 2. Algemene regels voor gevallen waarin geen vergunning is vereist

Artikel 345

1. Het brengen van stoffen in bij mijnen behorende ondergronds gelegen werken, waarop § 1 niet van toepassing is, dient zodanig te geschieden dat daardoor geen onaanvaardbaar nadelige gevolgen voor het milieu ontstaan en de veiligheid in voldoende mate is verzekerd.

2. Het eerste lid is niet van toepassing, indien stoffen moeten worden gebracht in bij mijnen behorende ondergronds gelegen werken ter afwending van onmiddellijk dreigend gevaar dat ontstaat of kan ontstaan door een onverwachte uitstroming van stoffen uit de ondergrond.

Artikel 346

1. Het brengen van stoffen in de ondergrond dat noodzakelijk is in het kader van het verrichten van mijnbouwkundige onderzoeken door middel van boorwerken dient zodanig te geschieden dat de veiligheid in voldoende mate is verzekerd.

2. Het eerste lid is niet van toepassing, indien stoffen in de ondergrond moeten worden gebracht ter afwending van onmiddellijk dreigend gevaar dat ontstaat of kan ontstaan door een onverwachte uitstroming van stoffen uit de ondergrond.

Artikel 347

Onze Minister kan nadere regelen stellen ter zake van de in de artikelen 345 en 346 gestelde voorschriften. Daarbij kan worden bepaald dat bepaalde stoffen slechts in de ondergrond mogen worden gebracht indien zij daar binnen een bij die regelen bepaalde termijn weer uit worden teruggehaald.

Artikel 348

1. Van het voornemen om stoffen als bedoeld in artikel 335, eerste lid, onder b, c, d of e, in een bij een mijn behorend ondergronds gelegen werk te brengen moet tenminste drie maanden voordat met de desbetreffende werkzaamheden wordt aangevangen mededeling worden gedaan aan de Inspecteur-Generaal der Mijnen, onder opgave van de stoffen die in de ondergrond zullen worden gebracht en het ondergronds gelegen werk waarin de stoffen zullen worden gebracht.

2. Onze Minister kan, tot uiterlijk twee maanden voordat met de in het eerste lid bedoelde werkzaamheden wordt aangevangen, de nadere gegevens vragen die hij nodig acht om de mate waarin het in de ondergrond brengen nadelige gevolgen voor het milieu zal veroorzaken en de mate waarin de veiligheid zal zijn verzekerd te beoordelen. Deze gegevens dienen tenminste een maand voordat met de in het eerste lid bedoelde werkzaamheden wordt aangevangen te zijn verstrekt.

Artikel 349

1. Tijdens het brengen van stoffen in een bij een mijn behorend ondergronds gelegen werk waarop § 1 niet van toepassing is, moeten metingen, berekeningen of tellingen worden verricht ter bepaling van de mate waarin het in de ondergrond brengen nadelige gevolgen voor het milieu of voor de veiligheid veroorzaakt of kan veroorzaken.

2. De uitkomsten van de in het eerste lid bedoelde metingen, berekeningen of tellingen dienen te worden geregistreerd en ter beschikking te worden gesteld van de Inspecteur-Generaal der Mijnen.

3. Onze Minister kan nadere regelen stellen ter zake van de in het eerste en het tweede lid gestelde voorschriften.

§ 3. Overige bepalingen

Artikel 350

1. Wanneer stoffen worden teruggehaald uit het bij een mijn behorend ondergronds gelegen werk waarin zij zijn gebracht, moeten alle maatregelen worden genomen die nodig zijn om te voorkomen dat daardoor onaanvaardbaar nadelige gevolgen voor het milieu worden veroorzaakt of de veiligheid in onvoldoende mate is verzekerd.

2. Onze Minister kan nadere regelen

stellen ter zake van het in het eerste lid bedoelde voorschrift.

Artikel 351

Indien:

a. stoffen worden gebracht in bij mijnen behorende ondergronds gelegen werken zonder de vereiste vergunning of niet overeenkomstig de verleende vergunning, dan wel wanneer een aan die vergunning verbonden voorwaarde niet wordt nageleefd;

b. een verplichting als bedoeld in artikel 344, eerste lid, 345, 346 of 350, eerste lid, niet is nageleefd of

c. een besluit als bedoeld in artikel 344, vijfde lid, 347 of 350, tweede lid, niet is nageleefd, en daardoor onaanvaardbaar nadelige gevolgen voor het milieu zijn ontstaan of, naar redelijkerwijs verwacht mag worden, kunnen ontstaan of daardoor de veiligheid in onvoldoende mate verzekerd is of kan zijn, kan Onze Minister vorderen dat de houder van een voor de desbetreffende mijn geldende concessie of, indien voor die mijn geen concessie meer geldt, de laatste houder van een voor die mijn geldende concessie dan wel degene die de desbetreffende handeling heeft verricht maatregelen neemt om de nadelige gevolgen die door dat handelen zijn ontstaan ongedaan te maken dan wel zoveel mogelijk te beperken of te voorkomen.

Artikel 352

Beschikkingen op grond van de artikelen 337, eerste lid, 342, eerste lid, 343, eerste lid, 344, vierde lid, en 351 worden door Onze Minister genomen in overeenstemming met Onze Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

Artikel II

Voor degene die op het tijdstip van inwerkingtreding van het in artikel I opgenomen artikel 337 van het Mijnreglement 1964 is begonnen met het opslaan van stoffen is, indien hij vóór dat tijdstip een aanvraag om de ingevolge dat artikel vereiste vergunning heeft ingediend, bedoeld artikel 337 op dat opslaan niet van toepassing tot drie maanden nadat op die aanvraag onherroepelijk is beslist.

Artikel III

Het Lozingenbesluit bodembescherming wordt gewijzigd als volgt:

A

Artikel 1a vervalt.

B

Artikel 2, eerste lid, onderdeel j, komt te luiden:

j. ten behoeve van het realiseren van een boorgat voor het verrichten van mijnbouwkundige onderzoekingen als bedoeld in de Mijnwet 1903;

Artikel IV

1. Ingeval vóór het tijdstip van inwerkingtreding van het in artikel I opgenomen artikel 337 van het Mijnreglement 1964 toepassing is gevraagd van artikel 25a, eerste lid, van het Lozingenbesluit bodembescherming, zal, indien voor de desbetreffende handeling een vergunning is vereist ingevolge het eerste lid van dat artikel 337, met betrekking tot het daartoe strekkende verzoek de behandeling worden voortgezet als ware het een aanvraag om een zodanige vergunning.

2. Ingeval vóór het tijdstip van inwerkingtreding van het in artikel I opgenomen artikel 337 van het Mijnreglement 1964 met toepassing van artikel 25a, eerste lid, van het Lozingenbesluit bodembescherming voor een lozing in de bodem toestemming is verleend en die toestemming niet voor dat tijdstip is ingetrokken of de geldigheidsduur daarvan niet voordien is verstreken, wordt, indien voor de desbetreffende handeling een vergunning is vereist ingevolge het eerste lid van dat artikel 337, die toestemming gelijkgesteld met een zodanige vergunning. De met het oog op een zodanige toestemming aan de vergunning, bedoeld in artikel 8.1 van de Wet milieubeheer verbonden beperkingen en voorschriften worden geacht als beperkingen en voorschriften aan de in het genoemde artikel 337 bedoelde vergunning te zijn verbonden.

Artikel V

In het Koninklijk besluit van 27 april 1984, houdende aanwijzing van bij mijnen behorende bovengronds gelegen werken en inrichtingen (Stb. 228) wordt in artikel 2, eerste lid, onder wijziging van de aanduiding van de onderdelen e en f in f en g, een nieuw onderdeel ingevoegd, luidende:

e. het brengen van andere dan de onder d bedoelde stoffen in bij mijnen behorende ondergronds gelegen werken;

Artikel VI

1. De in artikel I opgenomen artikelen 336, 337, 344 tot en met 347, 348, eerste lid, en 349 tot en met 351 van het Mijnreglement 1964 alsmede de artikelen II, III en IV treden in werking met ingang van de eerste dag van de vierde kalendermaand na de datum van uitgifte van het Staatsblad waarin dit besluit wordt geplaatst.

2. De overige in artikel I opgenomen bepalingen alsmede artikel V treden in werking met ingang van de eerste dag van de tweede kalendermaand na de datum van uitgifte van het Staatsblad waarin dit besluit wordt geplaatst.

Lasten en bevelen dat dit besluit met de daarbij behorende nota van toelichting in het Staatsblad zal worden geplaatst.

De Minister van Economische Zaken,

Nota van toelichting

1. Inleiding

Reeds een aantal jaren vinden er discussies plaats over de noodzaak en de mogelijkheden van het opslaan van stoffen in de ondergrond. Het gaat daarbij zowel om het tijdelijk in de ondergrond brengen van stoffen, zoals de opslag van aardgas ten behoeve van de voorziening van Nederland op extreem koude dagen als om het definitief in de ondergrond brengen van (afval)stoffen. Mede omdat de gedachten over enige projecten concretere vormen gingen aannemen zijn vanuit de Tweede Kamer vragen hierover gesteld tijdens de behandeling van het wetsvoorstel tot wijziging van de Mijnwet 1903 en de Wet van 21 april 1810 (Kamerstukken 1987/88, 19 722). Dat wetsvoorstel strekte ertoe de mogelijkheid te creëren om concessies voor het winnen van delfstoffen te verlenen voor een bepaalde periode in plaats van voor onbepaalde tijd, zoals voor die tijd het geval was. De vragen, die hierbij zijn gesteld, hadden onder meer betrekking op de toepasselijkheid van de mijnwetgeving op opslag van stoffen in de ondergrond. De toenmalige Minister van Economische Zaken heeft daarop twee notities aan de Tweede Kamer toegezegd. De eerste notitie (een uiteenzetting betreffende de juridische mogelijkheden om op grond van de mijnwetgeving concessie te verlenen voor de opslag in de ondergrond) is op 9 mei 1988 aan de Tweede Kamer gezonden, waarna het bovengenoemde wetsvoorstel is aanvaard. De tweede notitie over de problematiek van opslag en opberging is op 14 november 1988 aan de Kamer gestuurd (Kamerstukken II 1988/89, 20 918, nr. 1). Deze notitie is op 9 maart 1989 uitgebreid behandeld in een mondeling overleg van de vaste Commissies voor Economische Zaken en voor het Milieubeheer van de Tweede Kamer met de Ministers van Economische Zaken en van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (Kamerstukken II 1988/89, 20 918, nr. 3). In de desbetreffende kamerstukken is melding gemaakt van het tijdelijke karakter dat de voorgenomen regeling zou dragen. Zoals ook moge blijken uit kamerstukken met betrekking tot de behandeling van de wet van 2 juli 1992 tot uitbreiding en wijziging van de Wet algemene bepalingen milieuhygiëne en daarmee samenhangende wijzigingen van andere wetten (vergunningen en algemene regels voor inrichtingen; procedures voor vergunningen en ontheffingen; handhaving; Kamerstukken II, 21 087; Stb. 1992, 414) ligt het echter niet in de

bedoeling deze regeling spoedig te vervangen door een andere, meer definitieve regeling. Bij de voorbereiding en de kamerbehandeling van de hierboven genoemde wet (hierna te noemen VAR) is ook aan dit onderwerp aandacht besteed en is het wettelijke kader aangegeven en verduidelijkt. Slechts indien in de toekomst uit ervaring zou blijken dat deze regeling onvolkomenheden vertoont, zal worden bezien op welke wijze deze het beste kunnen worden weggenomen.

In de eerdergenoemde notitie van 14 november 1988 en bij de behandeling daarvan hebben de beide betrokken ministers de lijnen aangegeven waarlangs ten aanzien van de opslag in delfstoffen tot een goede en werkbare regeling kan worden gekomen. Hierbij is gekozen voor aansluiting bij de mijnwetgeving, omdat op grond van de Mijnwet 1903 regels ten aanzien van het opslaan en opbergen van stoffen in mijnen (delfstofvoorkomens) kunnen worden gesteld, waarbij voldoende waarborgen kunnen worden geschapen ten aanzien van de veiligheid en van het milieu. De mijnwetgeving biedt namelijk een integraal kader voor het stellen van dergelijke regels voor ondergrondse activiteiten zolang er sprake is van een delfstofvoorkomen en er handelingen met betrekking tot dat voorkomen worden verricht. Op grond van een van de relevante milieuwetten kunnen regels gesteld worden ten aanzien van andere dan milieu-aspecten, zodat hetzelfde resultaat, als thans wordt voorgesteld, anders alleen zou kunnen worden bereikt door twee verschillende stelsels op dezelfde activiteiten van toepassing te verklaren. Dit bleek niet gewenst en ook niet nodig. In de mijnwetgeving worden, naast de milieuaspecten, tevens de veiligheids- en mijnbouwkundige aspecten alsmede de bescherming van de in de ondergrond aanwezige delfstoffen geregeld. Gelet op deze laatste aspecten is dan ook niet altijd dezelfde systematiek gevolgd als in de milieuwetgeving, maar is, waar dit nodig werd geacht, aangesloten bij de bestaande mijnwetgeving. De keuze voor de mijnwetgeving als basis heeft als voordeel, dat er eenzelfde soort regelgeving van toepassing is op winnings- en opslagactiviteiten in delfstofvoorkomens. Deze beide activiteiten vertonen namelijk een sterke samenhang (zie hiervoor ook paragraaf 5.1). In beginsel is dus alleen de mijnwetgeving op ondergrondse opslagactiviteiten van toepassing, zoals bijvoorbeeld het geval zal zijn bij de opslag van aardgas in 'oude' delfstofvoorkomens. De mijnwetgeving beheerst dan alle relevante aspecten van deze activiteiten, inclusief het milieu-aspect ondergronds. Daar waar het milieubelang met zich meebrengt, dat aan aspecten aandacht wordt besteed, die niet via de mijnwetgeving kunnen worden geregeld, worden die aspecten, behalve op basis van de mijnwetgeving, tevens geregeld op basis van de Wet milieubeheer (op grond van artikel 22.1 van die wet). Deze samenloop treedt op indien afval-

stoffen in de ondergrond worden gebracht, omdat het aspect van de doelmatige verwijdering daarvan niet geregeld kan worden via de mijnwetgeving. De coördinatie van besluitvorming kan gestalte krijgen via de Wet milieubeheer. Op deze samenloop wordt nader ingegaan in paragraaf 4.1.

2. Wettelijke grondslag

Artikel 9 van de Mijnwet 1903 biedt de mogelijkheid bepaalde regels te stellen met betrekking tot de winning van delfstoffen en alle daarmee samenhangende activiteiten. Dergelijke regels kunnen ook van toepassing zijn na het feitelijk uit de grond halen van delfstoffen zolang er sprake is van handelingen of omstandigheden die voortvloeien uit de exploitatie van de mijn. Dit geldt eveneens nadat de mijn is verlaten. Het Mijnreglement 1964 kent thans reeds een aantal bepalingen met betrekking tot het sluiten en het achterlaten van mijnen (hoofdstuk VIII). Zo mogen ingevolge dat reglement ondergrondse werken niet worden verlaten dan overeenkomstig een doelmatig sluitingsplan en is het een ieder verboden de verlaten gedeelten te betreden. Het onderhavige besluit is gebaseerd op de onderdelen a en c van het eerste lid van artikel 9 van de Mijnwet 1903. Onderdeel c richt zich op de bescherming van het milieu met betrekking tot bij mijnen behorende, ondergronds gelegen werken en inrichtingen alsmede de bij mijnen behorende, bovengronds gelegen werken en inrichtingen of delen daarvan, voor zover die met de eerstbedoelde werken en inrichtingen technisch samenhangen. Bij 'bij mijnen behorende, ondergronds gelegen werken en inrichtingen' dient niet alleen gedacht te worden aan mijngangen en -schachten met toebehoren, maar ook aan (andere) door menselijk handelen ontstane ruimten in een delfstofvoorkomen alsmede aan de weg daarnaar toe. Aangezien bij ondergrondse activiteiten meer geregeld dient te worden dan de milieu-component is mede artikel 9, eerste lid, onder a, als basis voor het onderhavige besluit gebruikt, zodat ook de veiligheid kan worden geregeld.

3. Doel en reikwijdte

3.1. Algemeen

Het onderhavige besluit heeft tot doel activiteiten in de ondergrond op een voldoende veilige en milieuverantwoorde wijze te laten plaatsvinden. De bestaande mijnwetgeving bevat thans geen specifieke op de opslag en opberging van stoffen gerichte regels, alleen algemene regels, die ook op het in de ondergrond brengen van stoffen zouden kunnen worden toegepast. Zeker in het geval reeds een concessie op grond van de Mijnwet 1810 voor de winning van delfstoffen is verleend, biedt de huidige regelgeving weinig mogelijkheden om regulerend op te treden bij opslag en opberging in de door de winning van delfstoffen ontstane holten. Hierdoor zouden in de toekomst ongewenste situ-

aties kunnen optreden. Om deze te voorkomen is besloten specifiek op de opslag en opberging gerichte regels neer te leggen in het Mijnreglement 1964, dat reeds regels bevat met betrekking tot het handelen in de ondergrond. Het onderhavige besluit strekt hiertoe.

Gekozen is voor een algemeen geldende werking van de algemene maatregel van bestuur. Dit houdt in, dat in beginsel voor alle handelingen, waarbij stoffen worden gebracht in bij mijnen behorende ondergronds gelegen werken, een vergunningplicht geldt. Aan deze vergunning kunnen voorwaarden en beperkingen worden verbonden. De vergunning dient te worden verleend door de Minister van Economische Zaken in overeenstemming met de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

De vergunning kan slechts worden geweigerd in het belang van de bescherming van het milieu of in het belang van de veiligheid (artikel 337, tweede lid). Deze constructie sluit aan bij die van artikel 8.10 van de Wet milieubeheer. In het onderhavige besluit wordt echter toegevoegd dat een vergunning in ieder geval wordt geweigerd, indien de verzoeker niet aannemelijk heeft gemaakt dat de gevolgen voor het milieu aanvaardbaar zijn en de veiligheid in voldoende mate zal zijn verzekerd. Hierdoor wordt bereikt, dat een vergunning niet slechts kan worden geweigerd indien duidelijk is dat het milieu of de veiligheid wordt geschaad. Het kan ook in gevallen waarin niet zeker is of de opslag nadelige gevolgen voor het milieu of de veiligheid zal hebben en zo ja, welke dit zijn. Dit betekent dat het de taak is van de aanvrager om door het aandragen van feiten en gegevens aannemelijk te maken, dat de voorgenomen activiteit aanvaardbaar is uit een oogpunt van milieubescherming en veiligheid. Een dergelijke constructie is gewenst omdat er vaak onvoldoende kennis aanwezig is over de mogelijke effecten van het opslaan van bepaalde stoffen in de diepe ondergrond.

Het besluit beoogt eenzelfde soort beschermingsniveau te bieden als op basis van de milieuwetgeving wordt geboden, waarbij de technische uitvoering wordt afgestemd op de diepe ondergrond. Om te beoordelen of een activiteit uit milieu-oogpunt aanvaardbaar is zal als richtsnoer het 'ALARA-beginsel' worden gehanteerd. 'ALARA' staat voor: as low as reasonably achievable (vertaald: zo laag als redelijkerwijs haalbaar). Het hanteren van dit beginsel, dat ook is opgenomen in artikel 8.11, derde lid, van de Wet milieubeheer houdt mede in dat voorschriften aan de vergunning kunnen worden verbonden, die bewerkstelligen, dat niet méér verontreinigende stoffen in de ondergrond worden gebracht dan redelijkerwijs noodzakelijk is. Een aantal activiteiten is van de vergunningplicht uitgezonderd. Voor deze activiteiten geldt in beginsel dezelfde norm als voor de vergunningplichtige activiteiten. Ook hier mag alleen wor-

den opgeslagen, indien de gevolgen voor het milieu aanvaardbaar worden geacht en de veiligheid in voldoende mate zal zijn verzekerd. Op deze uitzonderingen op de vergunningplicht wordt nader ingegaan in paragraaf 5.2.

3.2. Ordening

In de regeling is geen mogelijkheid opgenomen om een ordening in het gebruik van de ondergrond te kunnen aanbrengen. Noch de mijnwetgeving noch de milieuwetgeving bieden op dit moment hiervoor een basis. Een behoefte tot ordening bestaat op dit moment niet. Het aantal mogelijke projecten is gering, terwijl er voor alle mogelijke toepassingen een aantal locaties zijn, die – althans in theorie – voor opslag geschikt lijken. Omdat er zowel onduidelijkheid bestaat over de toekomstige behoeften, als over de exacte mogelijkheden van de ondergrond zijn er vooralsnog ook geen mogelijkheden om te komen tot een zinvolle ordening en een structurele planning. Hierbij zij opgemerkt dat er bij de ondergrond sprake is van drie dimensies. Niet alleen is er verschil op welke plaats (lengte en breedte) iets gebeurt, maar ook op welke diepte. Indien er meer zicht is op de behoefte aan gebruik van de diepe ondergrond en op de mogelijkheid tot ordening ervan kan zonedig worden gezien in hoeverre en op welke wijze ordening van de diepe ondergrond in ruimtelijke plannen alsnog kan en moet worden geregeld.

3.3. Tijdelijke en definitieve opslag

Anders dan in de eerdergenoemde kamerstukken is vermeld is in het besluit geen onderscheid gemaakt tussen opslag en opberging. Onder opslaan wordt nu verstaan het in bij mijnen behorende ondergronds gelegen werken brengen van stoffen. Dit begrip omvat dus mede het definitief in de ondergrond brengen van stoffen. Voor deze constructie is gekozen omdat er juridisch gezien geen noodzaak bestaat onderscheid aan te brengen tussen opslag (in de zin van het tijdelijk in de grond brengen) en opberging (in de zin van het definitief in de grond brengen). Voor beide gevallen wordt er, behoudens enkele uitzonderingen, een vergunningplicht ingevoerd. Hierdoor heeft niet met lastige criteria als oogmerk dan wel beoogde tijdsduur te worden gewerkt. Bij de vergunningaanvraag zal duidelijk moeten worden gemaakt, welke soort opslag wordt beoogd. Afhankelijk van allerlei andere factoren (aard van de stof, die wordt opgeslagen, doel, soort voorkomen, waarin wordt opgeslagen, en dergelijke) kan een vergunning worden verleend of geweigerd. Het kan hierbij dus gaan om het tijdelijk in de ondergrond opslaan van aardgas (bij weinig vraag) met het doel deze er op dagen, waarop er veel vraag is naar aardgas (piekdagen in de winter), er weer uit te halen, maar ook om het definitief in de ondergrond opbergen van afval. Of het ook gewenst is deze laatste mogelijkheid te benutten, is afhankelijk van een groot

aantal andere factoren. Het moge duidelijk zijn, dat de regeling het niet gemakkelijker maakt afval in de ondergrond te brengen, doch dat hierdoor wordt voorkomen, dat het in de ondergrond brengen van afvalstoffen kan geschieden zonder toestemming van de beide betrokken ministers. Hierbij zij ook verwezen naar het kabinetsstandpunt inzake Actie 62 van het NMP (brief van 14 mei 1993, Kamerstukken II 1992/93, 23-163).

4. Afbakening met andere regelgeving

4.1. Wet milieubeheer

Zoals in paragraaf 1 is vermeld regelt de Wet milieubeheer onder andere de afbakening tussen die wet en de Mijnwet 1903. Voor de volledigheid volgt hieronder in het kort de daarbij gevolgde systematiek.

Met betrekking tot het milieu is op bovengrondse mijnbouwinstallaties de Wet milieubeheer van toepassing. Deze installaties zijn in beginsel niet dermate specifiek dat hiervoor een aparte regeling op het gebied van het milieu moet gelden. De Wet milieubeheer biedt dan een adequate regeling. Wel is voor die installaties de Minister van Economische Zaken bevoegd gezag en is het Staatstoezicht op de Mijnen aangewezen als toezichthoudend orgaan. Voor ondergrondse werken en installaties, die in alle gevallen een geheel ander karakter dragen dan bovengrondse installaties, is de milieuwetgeving veelal onvoldoende toegerust. Daarom is voor wat betreft het milieuaspect de mijnwetgeving van toepassing. Daarnaast is de Wet milieubeheer op deze werken en installaties van toepassing, voor zover het gaat om afvalstoffen, die van buiten de installatie afkomstig zijn of gevaarlijke afvalstoffen, die in de grond worden gebracht. De mijnwetgeving kent namelijk geen mogelijkheid het aspect van de doelmatige verwijdering van dergelijk afvalstoffen te regelen en te beoordelen, zodat dit aspect op grond van de milieuwetgeving moet worden bekeken. Ondanks dat in die gevallen de milieuwetgeving van toepassing is, zal de mijnwetgeving bepaalde milieuaspecten moeten regelen, zoals de mogelijke inwerking van de afvalstof op de bodem met inbegrip van de nog aanwezige delfstoffen alsmede de nazorg in ruime zin. Daarbij regelt de mijnwetgeving zowel de interne veiligheid (instortingsgevaar) als de externe veiligheid (ontsnappingsgevaar van schadelijke stoffen). Hierbij zal een materiële afstemming tussen de vergunning op grond van de milieuwetgeving en de vergunning op grond van de mijnwetgeving moeten plaatsvinden. Door coördinatie van de vergunningverlening zal moeten worden voorkomen dat beide vergunningen tegenstrijdige voorschriften bevatten. Hoewel aanvankelijk hiervoor een speciale constructie was voorgesteld, zal dit ook zonder deze

constructie in de praktijk echter niet tot problemen behoeven te leiden. Op de relevante besluiten, genomen op grond van beide wettelijke regimes is namelijk hoofdstuk 13, afdeling 2, van de Wet milieubeheer (in het onderhavige besluit ingevolge artikel 339) van toepassing. Hierdoor kunnen op grond van artikel 14.1 van de Wet milieubeheer gedeputeerde staten van de provincie waar de inrichting is of zal zijn gelegen een gecoördineerde voorbereiding en behandeling van de aanvragen voor deze vergunningen bevorderen.

Met betrekking tot het Besluit aanwijzing gevaarlijke afvalstoffen (BAGA-besluit) wordt opgemerkt, dat dit besluit een lijst kent met processen. De bij die lijst met processen genoemde afvalstoffen zijn gevaarlijke afvalstoffen. De winning van delfstoffen wordt niet op die lijst genoemd, zodat de afvalstoffen die bij de winning van delfstoffen vrijkomen, niet op grond hiervan als gevaarlijke afvalstoffen worden aangemerkt.

Daarnaast kent het BAGA-besluit echter een lijst met stoffen. Indien in een bepaalde afvalstof één van de in die lijst genoemde stoffen boven een bepaalde concentratiegrenswaarde voorkomt, is eveneens sprake van een gevaarlijke afvalstof. Dit kan ook het geval zijn bij afvalstoffen die bij de winning van delfstoffen vrijkomen. Formatiewater, inclusief de niet af te scheiden toegevoegde hulpstoffen, dat in het kader van de uitoefening van het mijnbedrijf in een daartoe getigende gas- of olievoerende formatie wordt gebracht, is in bijlage III van het BAGA-besluit expliciet uitgezonderd van het zijn van gevaarlijk afval. Voor zover dit formatiewater niet van buiten de inrichting afkomstig is, is het ook niet aan te merken als een afvalstof, voor de (doelmatige) verwijdering waarvan op grond van de Wet milieubeheer een vergunning is vereist. Dit volgt uit artikel 22.1, eerste en tweede lid, van de Wet milieubeheer.

De stoffen, die noodzakelijk zijn in het kader van het mijnbouwproces, zijn behoudens in uitzonderingsgevallen geen afvalstoffen in de zin van de Wet milieubeheer. Hetzelfde geldt voor het in delfstofvoorkomens brengen van gewonnen delfstoffen (om deze weer te kunnen gebruiken), zoals de opslag van aardgas in (oude) delfstofvoorkomens. Voor formatiewater en de hierboven genoemde activiteiten eist ook het onderhavige besluit geen vergunning. De argumenten voor deze keuze staan vermeld in paragraaf 5.2. Wel kunnen er in die gevallen nadere regels op grond van het onderhavige besluit worden gesteld om het brengen van de hier bedoelde stoffen in de ondergrond nader te reguleren en eventueel te voorkomen.

4.2. Besluit milieu-effectrapportage 1994

In vele gevallen zal er bij de opslag van afvalstoffen een milieu-effectrapport (m.e.r.) moeten worden gemaakt. Dit is het geval indien de ondergrondse inrichting een capaciteit heeft van meer dan 500 000 m³ of indien het gevaarlijke afvalstoffen betreft (categorie 18.3 en 18.6 van onderdeel C van de bijlage bij het m.e.r.-besluit). Tevens is een m.e.r. vereist voor besluiten over het verrichten van diepboringen, welke plaatsvinden in zogenaamde gevoelige gebieden (categorie 17.2 en 17.3 van onderdeel C van de bijlage; zie ook par. 5.3), over het aanleggen van een ondergrondse opslag van aardgas in zout (categorie 25.2) of over het oprichten van een inrichting, die uitsluitend bestemd is voor (permanente) opslag van radio-actieve afvalstoffen (categorie 23.1). Voor een toelichting hierop zij verwezen naar de toelichting bij het Besluit milieu-effectrapportage 1994.

4.3. Lozingenbesluit bodembescherming

Ingevolge artikel 99 van de Wet bodembescherming zijn de artikelen 6 tot en met 11 van die wet niet van toepassing op ondergrondse bij mijnen behorende werken en inrichtingen, tenzij bij algemene maatregel van bestuur anders is bepaald. Zo is tot de datum, waarop dit besluit de desbetreffende activiteiten regelt, het op de Wet bodembescherming gebaseerde Lozingenbesluit bodembescherming ook van toepassing op inrichtingen, waarvoor regels gelden, gesteld bij of krachtens de Mijnwet 1903 (zie artikel 1a van dat besluit). Omdat het onderhavige besluit een meer specifiek kader geeft om deze (indirecte) lozingen te regelen worden in het Lozingenbesluit bodembescherming enige wijzigingen aangebracht, die ertoe strekken die activiteiten in hun geheel onder de werking van dit besluit te brengen (en derhalve niet meer te laten vallen onder de werking van het Lozingenbesluit bodembescherming; artikel III).

Omdat na de inwerkingtreding van het onderhavige besluit de toepasselijkheid komt te vervallen van het Lozingenbesluit bodembescherming, waarmee tevens uitvoering werd gegeven aan de Grondwaterrichtlijn (Richtlijn nr. 80/68/EEG van de Raad van de Europese Gemeenschappen van 17 december 1979 betreffende de bescherming van grondwater tegen verontreiniging veroorzaakt door lozing van bepaalde gevaarlijke stoffen; PbEG 1980, L20/43), wordt in dit besluit tevens het bepaalde in die richtlijn in acht genomen.

Omdat van het water dat zich in de diepe ondergrond bevindt bij voorbaat vaststaat, dat het blijvend ongeschikt is voor enig ander gebruik (met name voor gebruik in de huishouding en in de landbouw) is ervoor gekozen geen voorafgaand onderzoek te eisen voor (indirecte) lozingen in dat water. Hierdoor worden overbodige administratieve handelingen voorkomen. Uiteraard zal er wel via het stelsel van

vergunningverlening of algemene regels mede op worden toegezien dat alle maatregelen worden getroffen opdat de stoffen, genoemd in lijst I behorend bij de Grondwaterrichtlijn, geen andere aquatische systemen kunnen bereiken of schade kunnen veroorzaken aan andere ecosystemen (artikel 4, tweede lid, van de richtlijn).

Ook zal er door het stellen van voorwaarden bij de vergunningverlening voor vergunningplichtige activiteiten en door het opstellen van nadere regels voor niet vergunningplichtige activiteiten voldoende bescherming kunnen worden geboden aan de kwaliteit van het grondwater. Hierbij dient bedacht te worden dat de richtlijn zich niet richt op lozingen, die slechts geringe hoeveelheden of lage concentraties stoffen bevatten, welke op de bij de richtlijn behorende lijsten zijn vermeld. Bij de te stellen voorwaarden en de te hanteren normen wordt ernaar gestreefd de (indirecte) lozingen daartoe te beperken.

4.4. Kernenergiewet

Voor het in mijnen brengen van radio-actief afval is geen speciale voorziening opgenomen. De specifieke aspecten van die afvalstof worden geregeld via de Kernenergiewet. Met betrekking tot die aspecten dragen de Ministers van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, van Volksgezondheid, Welzijn en Sport en van Sociale Zaken en Werkgelegenheid gezamenlijk verantwoordelijkheid. Met de onderhavige maatregel wordt geen oordeel uitgesproken over de wenselijkheid van het in de ondergrond brengen van radioactief afval.

Overigens is ook op grond van het onderhavige besluit voor het in delfstofvoorkomens brengen van radioactief afval een vergunning vereist.

5. Inhoud

5.1. Vergunningstelsel

In beginsel is het op grond van het besluit verboden stoffen in delfstofvoorkomens te brengen zonder vergunning van de Minister van Economische Zaken in overeenstemming met de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Het is alleen mogelijk voor een concessionaris in de zin van de Mijnwet 1810 om een dergelijke vergunning te krijgen (artikel 336). Voor deze samenloop van vergunning en concessie is gekozen, omdat de zorg voor het delfstofvoorkomen tijdens en na de winning al berust bij de concessionaris. Door de opslagactiviteiten in datzelfde voorkomen aan hem voor te behouden berust de totale zorg voor dat voorkomen maar bij één (rechts)persoon, namelijk de concessionaris, die ook eigenaar is van de delfstof. Op deze wijze is steeds duidelijk wie kan worden aangesproken voor de naleving van de geldende voorschriften,

wordt voorkomen dat door verschillende personen elkaar doorkruisende maatregelen kunnen worden genomen en doen zich ook geen problemen voor ten aanzien van de nazorgverplichting van de concessionaris. Dergelijke problemen zouden zich wel kunnen voordoen indien een ander dan de concessionaris een vergunning op grond van dit besluit zou kunnen verkrijgen. Door de voorgestelde constructie is de concessionaris in beginsel de enige verantwoordelijke voor het delfstofvoorkomen tijdens en na het winnen, het opslaan en het sluiten.

Indien de concessionaris de concessie voor de mijn, waarop de vergunning betrekking heeft, overdraagt nadat hem daarvoor bij koninklijk besluit toestemming is verleend, gaat de vergunning van rechtswege over op de nieuwe concessionaris (artikel 337, derde lid). De nieuwe concessionaris zal dan ook de voorwaarden, die aan de vergunning zijn verbonden, dienen na te leven. De toestemming voor de overdracht van de concessie zal alleen worden verleend, indien voldoende is verzekerd dat de nieuwe concessionaris ervoor zal zorgdragen dat door de opslag geen onaanvaardbare gevolgen voor het milieu en de veiligheid zullen ontstaan, ook ingeval de nieuwe concessionaris geen opslagactiviteiten wenst te verrichten. Voor het verlenen van een concessie en voor het verlenen van een vergunning voor opslagactiviteiten zijn verschillende procedures vereist. Het is mogelijk deze procedures gescheiden te doorlopen. De eventueel verkregen vergunning zal echter pas van kracht kunnen worden nadat de vergunninghouder concessionaris is geworden. Indien er een tijdelijke concessie is verleend en de termijn, waarvoor de concessie is verleend, is verstreken, kan geen gebruik meer worden gemaakt van de verleende vergunning, gelet op het verbod, genoemd in artikel 336. In dat geval bestaat de mogelijkheid de vergunning ambtshalve in te trekken (artikel 343, eerste lid, onder c).

Een vergunning kan slechts worden geweigerd in het belang van de bescherming van het milieu of in het belang van de veiligheid. Een vergunning wordt in ieder geval geweigerd, indien de verzoeker niet aannemelijk heeft gemaakt, dat de gevolgen voor het milieu aanvaardbaar zijn en de veiligheid in voldoende mate zal zijn verzekerd (artikel 337, tweede lid). De Minister van Economische Zaken beslist in overeenstemming met de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer op de vergunningaanvraag (artikel 352). Het ligt overigens in de bedoeling om slechts een vergunning te verlenen voor de opslag van een bepaalde (soort) stof. In de vergunningaanvraag zal dan ook moeten worden aangegeven welke stoffen in de ondergrond zullen worden gebracht, voor welk doel, in welk

gebied en voor welke periode. Deze verschillende elementen zullen zowel bij de beoordeling of een vergunning wordt verleend als bij de formulering van de aan de vergunning te verbinden voorwaarden en beperkingen worden meegewogen (artikel 341). De voorwaarden, die aan de vergunning worden verbonden, kunnen zich richten op het bereiken van een bepaald doel of op het gebruik van bepaalde technieken en installaties. Ook kunnen die voorwaarden betrekking hebben op het verrichten van metingen, berekeningen en tellingen, het registreren van de uitkomsten van die metingen, berekeningen en tellingen alsmede de terbeschikkingstelling van die uitkomsten. Voor zover het afvalstoffen betreft kan ook het treffen van maatregelen worden voorgeschreven waarbij zoveel mogelijk aansluiting zal worden gezocht bij het voor de verwijdering van afvalstoffen geldende uitgangspunt van 'isoleren, beheersen en controleren' (de zogenaamde IBC-criteria). Het ligt echter voor de hand dit soort maatregelen voor te schrijven bij de noodzakelijke vergunning op grond van de Wet milieubeheer en niet in de vergunning op grond van dit besluit. Uiteraard zal bij het formuleren van de voorwaarden, die aan die laatstbedoelde vergunning worden verbonden, rekening gehouden worden met de bijzondere omstandigheden die zich bij het brengen van stoffen in mijnen voordoen. Waar mogelijk is aansluiting gezocht bij de Wet milieubeheer, niet alleen wat betreft de formulering van de artikelen, maar bijvoorbeeld ook wat betreft het beschermingsniveau. Zo zal het eerdergenoemde 'ALARA-beginsel' als uitgangspunt worden genomen.

5.2. Uitzonderingen op de vergunningplicht

De belangrijkste activiteit, waarvoor de vergunningplicht niet geldt, is het brengen van stoffen in de ondergrond in het kader van de uitoefening van het mijnbedrijf zelf (artikel 335, eerste lid, onder a). Het gaat hier om het brengen van stoffen in de ondergrond, die nodig zijn om op een normale en gebruikelijke wijze mijnbouwactiviteiten te verrichten en zonder welke geen behoorlijke mijnbouw in Nederland zou kunnen plaatsvinden. Hierbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld het inbrengen van water ten behoeve van de zoutwinning, het injecteren van stoom ten behoeve van de winning van aardolie, het cementeren van het boorgat en het gebruiken van boorvloei-stoffen om het boorgat te kunnen realiseren. Ook valt hieronder het gebruik van de zogenaamde mijnbouw hulpstoffen. Deze stoffen hebben onder andere tot doel te voorkomen, dat de buizen in de grond coroderen, dat de delfstof in de buizen bevriest of die ervoor moeten zorgen, dat de winning van delfstoffen wordt bevorderd of de delfstof van de andere met de winning meegekomen stoffen kan worden gescheiden. Het gebruik van de in artikel 335, eerste lid, onder a, bedoelde stoffen is inherent aan het mijnbouwproces en zonder deze activiteiten is veelal in het geheel geen mijnbouw mogelijk. Het vereisen van een vergunning voor dergelijke activiteiten is daarom onnodig en ongewenst.

Verder is van de vergunningplicht uitgezonderd het in de ondergrond terugvoeren van stoffen, die daaruit afkomstig zijn (artikel 335, eerste lid, onder b). Het gaat hierbij in de eerste plaats om stoffen, die bij de winning tegelijk met de delfstoffen mee naar boven komen, zoals bijvoorbeeld formatiewater. Ook hiervoor geldt dat het in beginsel noch op mijnbouwtechnische noch op milieuhygiënische bezwaren stuit om die stoffen in eenzelfde soort delfstofvoorkomen terug te voeren als waaruit zij afkomstig zijn. Een vergunningplicht is daarom ook hiervoor niet nodig geoordeeld. Hetzelfde geldt ten aanzien van het opslaan van stoffen in eenzelfde soort delfstofvoorkomen als waaruit zij afkomstig zijn, bijvoorbeeld gasopslag in lege gasvelden. Ook hiertegen bestaan geen bezwaren, aangezien het stoffen betreft, die miljoenen jaren veilig in de ondergrond hebben gezeten en daarin weer (veilig) worden teruggebracht.

Een andere activiteit waarvoor de vergunningplicht niet geldt is het in de ondergrond brengen van hemelwater (artikel 335, eerste lid, onder c). Het betreft hier water, dat in de vorm van regen of sneeuw op de locatie is gevallen. Omdat op de locatie een waterdichte laag is aangebracht om bodemverontreiniging te voorkomen, wordt het op de locatie gevallen water verzameld via goten. Dit water wordt in de praktijk, indien dit niet via de riolering kan worden afgevoerd, te zamen met het formatiewater in de formatie geïnjecteerd. Hiertegen bestaat geen bezwaar, omdat het hier om relatief zeer geringe hoeveelheden gaat. Daarnaast is van de vergunningplicht uitgezonderd het water, dat noodzakelijkerwijs in het kader van de uitoefening van het mijnbedrijf is gebruikt (artikel 335, eerste lid, onder d). Hiermee wordt met name bedoeld op het water, waarmee gewonnen aardgas of aardolie wordt gezuiverd ('gewassen'). Na deze handeling wordt de delfstof afgescheiden van het water ('gedroogd'). Het gebruikte 'was'water vormt dan één geheel met het water, dat bij de winning van de delfstof uit de formatie is meegekomen. Omdat schoon oppervlakte- of leidingwater als 'was'water wordt gebruikt en dit water niet is af te scheiden van het formatiewater, is besloten ook hiervoor geen vergunning te eisen, maar te volstaan met de algemene regel. Een beperking is aangebracht door het woord 'noodzakelijk'. Hierdoor wordt in ieder geval voorkomen, dat water, waarvan het gebruik niet noodzakelijk is in het kader van het mijnbouwbedrijf, in de ondergrond wordt gebracht. Hieronder valt ook het water, dat nodig is voor schoonmaakdoeleinden. Omdat het hier om relatief zeer beperkte hoeveelheden gaat wordt een vergunningplicht te zwaar geacht en zal met de algemene norm kunnen worden volstaan, eventueel aangevuld met nadere regelen op grond van artikel 347.

De laatste uitzondering op de vergun-

ningplicht vormen de stoffen, die noodzakelijkerwijs zijn toegevoegd aan stoffen, die ingevolge de onderdelen b, c, en d van het eerste lid van artikel 335 zonder vergunning mogen worden opgeslagen (artikel 335, eerste lid, onder e). Het gaat hier met name om hulpstoffen, die zijn gebruikt in het kader van het mijnbedrijf om dezelfde redenen als zijn vermeld in de toelichting op onderdeel a van artikel 335, eerste lid (b.v. het voorkomen van coroderen van de buizen). Deze hulpstoffen worden zoveel mogelijk bovengronds weer verwijderd om te worden hergebruikt. Het is echter technisch niet mogelijk een stof voor 100% te zuiveren, zodat zeer beperkte hoeveelheden van de toegevoegde stoffen onvermijdelijk in de terug te voeren stof achterblijven. Ook voor terugbrengen van de stoffen, die uit een delfstofvoorkomen afkomstig zijn en voor het opslaan van het gebruikte water of het hemelwater zijn hulpstoffen nodig. Besloten is voor deze hulpstoffen geen vergunning te eisen, maar te volstaan met de in artikel 345 gegeven algemene regel en eventuele nadere regelen, omdat het hier veelal gaat om zeer lage concentraties (en derhalve een beperkt belang). Zowel uit milieu-oogpunt als uit een oogpunt van kostenbeheersing in verband met mogelijk hergebruik is het streven erop gericht deze concentraties, waar mogelijk, nog verder te verlagen. Ten aanzien van alle hierbovenbedoelde gevallen geldt de algemene regel van artikel 345. Op deze algemene regel en de uitwerking daarvan zal nader worden ingegaan in paragraaf 5.3. Ten slotte is een bijzondere positie ingeruimd voor het in de ondergrond brengen van stoffen in het geval van (het voorkomen van) een calamiteit. Hierop is noch de vergunningplicht van toepassing (artikel 337, vierde lid) noch geldt hiervoor de algemene regel (artikel 345, tweede lid). Deze uitzondering is opgenomen, omdat in noodgevallen direct en zonder belemmeringen alle maatregelen moeten kunnen worden genomen om rampen te voorkomen. Het kan hierbij gaan om uitbarstingen als gevolg van natuurkrachten, maar ook om een plotselinge onverwachte en onvoorzienbare uitstroming van stoffen als gevolg van technische mankementen of menselijk falen, zowel bij de uitoefening van het mijnbedrijf als bij opslag-activiteiten. Ik wijs erop dat het hier gaat om bijzondere gevallen waarbij zich zowel een onverwachte uitstroming als een daardoor (potentieel) ontstaan van onmiddellijk dreigend gevaar moet voordoen. In een dergelijke uitzonderlijke situatie zal het belang van de veiligheid voor personen voorop moeten staan en zal er direct moeten kunnen worden gehandeld. Een vergunningplicht is hierbij ondenkbaar en ook het in een dergelijke situatie moeten naleven van de algemene regel kan hierbij tot levensbedreigende situaties leiden. Wel zal in een dergelijk geval dit direct moeten worden gemeld aan de Inspecteur-Generaal der Mijnen (hetgeen reeds is geregeld in artikel 146 Mijnarelement 1964), die maatregelen kan

voorschrijven. Voor de formulering 'ter afwijking van onmiddellijk dreigend gevaar dat ontstaat of kan ontstaan door een onverwachte uitstroming van stoffen uit de ondergrond' is gekozen, omdat dit enerzijds aansluit bij de in het Mijngeregulement 1964 gehanteerde systematiek en anderzijds om aan te geven, dat het hier niet gaat om voorzienbare uitstromingen, maar om zeer bijzondere gevallen. De meldingsplicht, zoals die reeds geldt voor rampen, wordt door het besluit nu ook voor alle andere gevallen, waarin stoffen in de ondergrond worden gebracht, ingevoerd (artikel 348).

5.3. Algemene regels

Op de in het onderhavige besluit van de vergunningplicht uitgezonderde activiteiten is, om de veiligheid en het milieu zo goed mogelijk te waarborgen, in artikel 345 een algemene regel geformuleerd met eenzelfde norm als geldt voor de beoordeling van vergunningplichtige activiteiten. Dit betekent, dat ook het in de ondergrond brengen van dergelijke stoffen verboden is, indien niet redelijkerwijs vaststaat dat de gevolgen voor het milieu aanvaardbaar zijn en de veiligheid in voldoende mate zal zijn verzekerd. Daarbij zal ook een afweging plaatsvinden tussen wat technisch mogelijk is en economisch haalbaar is. Het ligt in het voorplan de algemene normen die omtrent 'milieu' en 'veiligheid' zijn gegeven in artikelen 345 en 346 voor de verschillende activiteiten nader uit te werken met behulp van nadere regelen op basis van artikel 347. Uiteraard zullen niet alle denkbare situaties direct (kunnen) worden geregeld, maar wel is het streven erop gericht zo snel mogelijk nadere regelen tot stand te doen komen voor wat betreft de normale mijnbouwactiviteiten. Deze nadere regelen kunnen dan tegelijk met dit besluit of spoedig daarna in werking treden. Bij het opstellen van die nadere regelen zal, evenals bij het opstellen van de vergunningvoorwaarden het 'ALARA-beginsel' als richtsnoer worden gehanteerd. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat voor zover door het toepassen van technieken de nadelige gevolgen voor het milieu niet kunnen worden voorkomen, technieken moeten worden toegepast, die de grootst mogelijke bescherming tegen die gevolgen bieden, tenzij dat redelijkerwijs niet geveerd kan worden. Dit betekent dat voor de verschillende stoffen zal moeten worden afgewogen de noodzaak voor het gebruik tegen de eventuele nadelige effecten die deze in de diepe ondergrond zullen hebben. De te stellen nadere regelen zullen zich zowel kunnen richten op de stof als zodanig als op de toegestane concentraties, waarbij ook grenswaarden te aanzien van die concentraties kunnen worden opgenomen. Verder onderzoek zal de komende jaren plaatsvinden naar de mogelijkheden om de regels verder aan te scherpen. Het ligt in de bedoeling om telkens na een periode van vier jaar te besluiten of en zo ja, op welke wijze de regels moeten worden aangepast. De doelstelling hierbij is om door middel van te treffen voorzieningen formatie-

vreemde stoffen zoveel mogelijk uit de terug te voeren stromen te verwijderen. Bij het opstellen van de nadere regelen zal nauw contact worden onderhouden en afstemming plaatsvinden met de het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Uiteraard gelden er ten aanzien van niet vergunningplichtige ook de specifieke, op bepaalde mijnbouwactiviteiten gerichte regels op grond van andere hoofdstukken van het Mijngeregulement 1964. Zoals eerder vermeld dienen alle activiteiten op grond van artikel 348 vooraf te worden gemeld om te kunnen bezien of zij op een aanvaardbare wijze (milieuhygiënisch en veilig) zullen geschieden. Ook moeten er metingen worden verricht ter beoordeling van de eventuele gevolgen voor het milieu en de veiligheid (artikel 349). Met behulp van deze melding en van de uitkomsten van eventueel voorgeschreven metingen kan worden beoordeeld of ook in een dergelijk geval de concessionaris redelijkerwijs al datgene zal doen of heeft gedaan om het milieu zo weinig mogelijk met vervuulende stoffen te belasten. Ten slotte zij nog opgemerkt, dat het milieubelang extra aandacht krijgt indien de concessionaris boor- of winningsactiviteiten wil verrichten in bepaalde categorieën gevoelige gebieden, welke vermeld staan in het Structuurschema Groene Ruimte. Alvorens hij die activiteiten mag uitvoeren, moeten deze zijn goedgekeurd door de Minister van Economische Zaken. De minister neemt geen besluit dan nadat de interdepartementale Planologische Werkcommissie advies aan hem heeft uitgebracht. Bij dat advies zal ook het oordeel van het desbetreffende provinciale bestuur worden betrokken. Bovendien moet de minister voor zijn besluit kunnen beschikken over een door de concessionaris opgesteld milieu-effectrapport (Besluit milieu-effectrapportage 1994).

5.4. Nazorg (artikel 344)

Zoals in paragraaf 5.1 is opgemerkt is de concessionaris in beginsel de enige verantwoordelijke voor het delfstofvoorkomen, zowel tijdens en na het winnen en het opslaan als tijdens en na het sluiten. In dit licht ook is in dit besluit opgenomen, dat de concessionaris verplicht is alle maatregelen te nemen om het optreden van schade aan het milieu en onveilige situaties te voorkomen, indien er stoffen in delfstofvoorkomens zijn gebracht met gebruikmaking van een vergunning dan wel in geval er is opgeslagen zonder de vereiste vergunning. De concessionaris heeft dus ook ná de activiteit waarbij een stof in een delfstofvoorkomen wordt gebracht een zorgplicht (artikel 344, eerste lid). Gezien zijn betrokkenheid in alle stadia van de winning en de opslag, is de concessionaris ook de enige die, behoudens ontheffing, de opgeslagen stoffen er weer uit mag halen (artikel 344, derde en vierde lid).

Een dergelijke bepaling is nodig om te voorkomen, dat een ieder de onder bepaalde condities in een delfstofvoorkomen opgeslagen stoffen eruit kan halen, waardoor gevaarlijke situaties zouden kunnen ontstaan.

Indien er een tijdelijke concessie wordt verleend en de tijdsduur van die concessie is verstreken, is degene, die als concessionaris in die mijn werkzaam is geweest, verantwoordelijk voor de nazorg en het er eventueel weer uithalen van de opgeslagen stoffen (artikel 344, tweede lid).

Bij het er uit halen van opgeslagen stoffen moet uiteraard ook op een veilige en milieuverantwoorde wijze worden gehandeld. Zo zullen bijvoorbeeld maatregelen moeten worden getroffen om te voorkomen, dat gevaarlijke stoffen kunnen ontsnappen of de mijn, nadat de stoffen er uit zijn gehaald, instort. In artikel 350 is de verplichting neergelegd om dergelijke maatregelen te treffen. Het tweede lid geeft de mogelijkheid uitwerking te geven aan dat artikel.

5.5. Naleving

Met het oog op de handhaving van de voorschriften van dit besluit, bestaat de mogelijkheid een dwangsom op te leggen en bestuursdwang toe te passen. Naar analogie van de milieuwetgeving zijn deze beide mogelijkheden opgenomen met betrekking tot de handhaving van die voorschriften, die berusten op of mede berusten op artikel 9, eerste lid, onder c, van de Mijnwet 1903, zoals de onderhavige.

Dit is verwoord in artikel 10, tweede lid, van de Mijnwet 1903. De relevante bepalingen van de Wet milieubeheer zullen daarbij van overeenkomstige toepassing zijn.

Wanneer een vergunninghouder zijn verplichtingen op grond van dit besluit niet is nagekomen, er opgeslagen is zonder de vereiste vergunning of stoffen in de ondergrond zijn gebracht in strijd met de daarvoor gestelde algemene of nadere regels is het ook mogelijk de concessiehouder of degene die die handelingen heeft verricht te verplichten de nadelige gevolgen zoveel mogelijk te beperken of zelfs deze gevolgen geheel ongedaan te maken (artikel 351). Het is duidelijk, dat een dergelijk zwaar middel alleen zal worden gebruikt, indien dit redelijkerwijs van de betrokkene kan worden geveerd. Zo zullen de zwaarte van de ongeoorloofde handelingen en de mate waarin het milieu is of zal worden geschaad of de veiligheid is verzekerd een rol spelen. Het ongedaan maken van de handeling moet dus in een redelijke verhouding staan tot het uit de handeling zelf voortvloeiende nadeel.

Ten slotte bestaat de mogelijkheid bij overtreding van de in deze regeling gestelde voorschriften een strafrechtelijke vervolging in te stellen.

Artikelsgewijze toelichting

*Artikel 1***Onderdeel A**

Het nieuwe hoofdstuk XX geeft een eigen regime ten aanzien van de vergunningverlening en -intrekking. Artikel 5 dient derhalve op de opslagvergunning niet van toepassing te zijn.

Onderdeel B

De aanpassing de tekst van het Mijnreglement 1964 aan de Wet tot uitbreiding en wijziging van de Wet algemene bepalingen milieuhygiëne en daarmee samenhangende wijziging van andere wetten (vergunningen en algemene regels voor inrichtingen; procedures voor vergunningen en ontheffingen; handhaving) leidde ertoe dat het vroegere hoofdstuk XX van het Mijnreglement is vervallen. De regels betreffende opslag zullen derhalve als nieuw hoofdstuk XX worden opgenomen in het Mijnreglement 1964. Met betrekking tot de systematiek en de terminologie van dit nieuwe hoofdstuk is, voor zover dat in de rede ligt, aanknopings gezocht bij hoofdstuk 8 (inrichtingen) en hoofdstuk 13 (procedures voor vergunningen en ontheffingen) van de Wet milieubeheer, alsmede bij de Algemene wet bestuursrecht.

Artikel 335

Door een omschrijving van het begrip 'opslaan' wordt aangegeven, waarvoor een vergunning nodig is. Dit begrip is alleen van belang voor §1 van hoofdstuk XX. Het gaat hier om een handeling en niet om een inrichting zoals in het vergunningenstelsel van hoofdstuk 8 van de Wet milieubeheer.

Door voor het in de grond brengen een vergunning te eisen kan ongewenste opslag worden voorkomen. Een zorgplicht voor in de grond gebrachte stoffen kan beter rechtstreeks worden opgelegd dan door middel van aan een vergunning voor het opslaan verbonden voorwaarden (zie artikel 344).

Doel van dit artikel is ook een aantal activiteiten buiten de vergunningplicht te brengen. Voor de toelichting op deze keuze wordt verwezen naar par. 5.2 van het algemeen deel van deze nota van toelichting.

Met onderdeel a van het eerste lid wordt beoogd de bij een normale bedrijfsvoering te gebruiken stoffen buiten de vergunningplicht te brengen. Het gaat hierbij om stoffen die bij ontginningwerkzaamheden worden aangewend omdat zij om mijnbouwtechnische en/of geologische redenen noodzakelijk zijn. Te denken valt hierbij bijvoorbeeld aan stoffen ter smering en koeling van de boorbeitel, stoffen benodigd voor het op kwaliteit brengen van de delfstof alsmede stoffen die benodigd zijn om de reservoirdruk op peil te houden. Daarnaast kan het nodig zijn stoffen in de ondergrond te brengen met het oogmerk holten, ontstaan als gevolg van de ontginning, op druk te houden. Dat kan met name nodig zijn bij door ontginning van steenzout ontstane holten ter voorkoming van bodemdaling.

In al deze gevallen geldt in plaats van de vergunningplicht de algemene norm van artikel 345. Daarnaast moeten ook andere artikelen van het Mijnreglement worden nageleefd. Het toezicht op de naleving hiervan berust bij het Staatstoezicht op de Mijnen.

Met betrekking tot het eerste lid, onderdeel b, wordt opgemerkt, dat bij de uitzondering van het brengen van een stof in een mijn, die dezelfde soort delfstoffen bevat als de mijn waaruit die stof oorspronkelijk afkomstig was, bewust is gekozen voor de terminologie 'dezelfde soort delfstoffen' en niet voor 'dezelfde delfstoffen'. Dit is gedaan, omdat de samenstelling van de delfstoffen en van de stoffen, die met de gewonnen delfstoffen meekomen, van mijn tot mijn enigszins kan verschillen. Daarnaast brengt het veelal (technische) bezwaren met zich mee dergelijke stoffen terug te brengen op exact dezelfde plaats of in dezelfde mijn als van waaruit zij afkomstig zijn.

Ook aardgas en aardolie zijn stoffen, die niet telkens in dezelfde samenstelling voorkomen. Zij kunnen bij voorbeeld verschillen naar calorische waarde. Deze beide soorten koolwaterstoffen, die aangeduid worden met de verzamelnaam 'bitumina', hebben een overeenkomstige ontstaansgeschiedenis en komen met formatiewater veelal te zamen voor in een formatie. Ingevolge het tweede lid geldt dan ook een bituminavoorkomen, dat in hoofdzaak aardgas bevat of heeft bevat, als eenzelfde soort voorkomen als een bituminavoorkomen, dat in hoofdzaak aardolie bevat of heeft bevat.

In het algemeen zijn de verschillende voorkomens van een bepaalde soort delfstof goed vergelijkbaar en bestaat er, zoals ook in het algemeen deel is vermeld, geen bezwaar om ze als gelijk te behandelen.

Ik merk nog op dat in het eerste lid, onderdeel b, onder 'mijn' niet alleen wordt verstaan een delfstofvoorkomen waarop de Mijnwet 1810 en de Mijnwet 1903 van toepassing zijn, maar ook een delfstofvoorkomen waarop de Mijnwet continentaal plat van toepassing is. Daarom vallen onder onderdeel b ook stoffen die afkomstig zijn uit delfstofvoorkomens op het continentaal plat. Voor een toelichting op de onderdelen c, d en e verwijs ik naar par. 5.2 van het algemeen deel van deze toelichting.

Artikel 337

Het eerste lid van dit artikel behoudt het opslaan van stoffen voor aan houders van een daartoe afgegeven vergunning. Ik wijs op de samenhang met het voorgaande artikel waaruit blijkt dat alleen concessiehouders van een dergelijke vergunning gebruik kunnen maken. Als een concessie nog niet is verleend doch al wel aangevraagd, kan - om tijdverlies tegen te gaan - al wel een opslagvergunning worden aangevraagd. Deze zal dan pas in werking (kunnen) treden als de concessie van kracht is geworden.

Het tweede lid bevat de norm waaraan getoetst wordt of een vergunning al dan niet verleend kan worden. De bepaling is zo geformuleerd dat de aanvrager desgewenst zal moeten aantonen dat het opslaan aan de criteria betreffende milieu en veiligheid voldoet. Bij de for-

mulering van de criteria is zoveel mogelijk aangesloten bij de formuleringen van de Wet milieubeheer.

Het derde lid bepaalt dat, indien de concessionaris de concessie voor de mijn, waarop de vergunning betrekking heeft, overdraagt, de vergunning van rechtswege overgaat op de nieuwe concessionaris. Zie hiervoor ook het desbetreffende gedeelte van par. 5.1 van het algemeen deel van de toelichting. Het vierde lid geeft aan dat in geval van een acute noodsituatie, ook zonder vergunning stoffen in de grond gebracht mogen worden. Voor dit onderdeel wordt verwezen naar het desbetreffende gedeelte van par. 5.2 van het algemeen deel van de toelichting.

Artikelen 338 en 339

In artikel 338 zijn procedurevoorschriften opgenomen die gelden voor het aanvragen van een vergunning. Het tweede lid is naar zijn strekking overgenomen uit afdeling 4.1.1 van de Algemene wet bestuursrecht. Doordat in artikel 339 de afdelingen 3.5.2 tot en met 3.5.5 van de Algemene wet bestuursrecht van toepassing zijn verklaard op de totstandkoming van de beschikking op de aanvraag om vergunning is hierop het regime van de artikelen 3:18 en 4:5 van de Algemene wet bestuursrecht van toepassing. Dit betekent dat als bij de aanvraag zodanig ontoereikende gegevens worden overgelegd dat duidelijk is dat de beoordeling van de aanvraag niet kan plaatsvinden, binnen acht weken de aanvrager om aanvulling verzocht moet worden, onder het stellen van een aanvullingstermijn. Een besluit om de aanvraag niet te behandelen wordt aan de aanvrager bekendgemaakt binnen vier weken nadat de aanvraag is aangevuld of nadat de termijn daarvoor ongebruikt is verstreken. Indien de overgelegde gegevens weliswaar voldoende zijn om de aanvraag op zichzelf te beoordelen maar nadere gegevens nodig zijn, bij voorbeeld om de vereiste detaillering in de voorwaarden aan te brengen, kan de aanvraag wel in behandeling worden genomen. De gegevens die nog benodigd zijn zullen worden gevraagd; er zal dan een termijn worden gesteld waarbinnen de ontbrekende gegevens alsnog moeten worden verstrekt. Als de benodigde gegevens na afloop van die termijn niet zijn ontvangen wordt de aanvraag niet verder behandeld; een besluit daartoe wordt eveneens binnen vier weken nadat de aanvraag is aangevuld of nadat de termijn daarvoor ongebruikt is verstreken aan de aanvrager bekendgemaakt.

Artikel 340

De kring der gemeenten die in de gelegenheid worden gesteld advies uit te brengen omtrent een aanvraag om vergunning beperkt zich, in afwijking van het corresponderende artikel 8.7 van de Wet milieubeheer, in artikel 340 niet tot de gemeente waarin de inrichting gelegen is doch is uitgebreid tot die gemeenten onder wier grondgebied zich de mijn bevindt waarin zal worden opgeslagen. Dit kunnen namelijk grote gebieden zijn, die mogelijk meerdere gemeenten omvatten. In de vergunningaanvraag zal moeten worden aangegeven in welk gebied de werken waarin zal worden opgeslagen zijn gelegen. Ook de organen die in het gebied waaronder zal worden opgeslagen bevoegd gezag zijn tot het verlenen van een vergunning krachtens de Wet verontreiniging oppervlaktewateren, de zogenoemde waterkwaliteitsbeheerders, worden in de gelegenheid gesteld advies uit te brengen.

Artikel 341

Het eerste lid van dit artikel schrijft voor dat een vergunning onder beperkingen kan worden verleend. Hierbij wordt bij voorbeeld gedacht aan een beperking in de tijd. In ieder geval zal de termijn waarvoor de vergunning wordt verleend niet langer zijn dan de geldingsduur van de concessie. Indien een concessie eeuwig durend is zal van geval tot geval bezien worden wat de optimale termijn is om aan de vergunning te verbinden. Ook zal een vergunning worden beperkt tot een bepaald gebied en bepaalde stoffen. Het tweede lid geeft aan dat de voorwaarden die aan een vergunning kunnen worden verbonden zich richten zowel op de bescherming van het milieu als op de veiligheid. Deze voorwaarden kunnen enerzijds betrekking hebben op de techniek van het opslaan en anderzijds in het belang zijn van de controle.

De opsomming van voorwaarden in het derde lid is niet limitatief.

Artikel 342

Indien de termijn van een vergunning wordt verlengd, bijvoorbeeld omdat de concessie voor de mijn waarop zij betrekking heeft wordt verlengd, zal dat gebeuren via dit artikel; de termijn zal immers een beperking verbonden aan de vergunning zijn.

Artikel 343

Voor dit artikel, dat de gronden voor intrekking van de vergunning bevat, is, voor zover nodig, aansluiting gezocht bij artikel 8.25 van de Wet milieubeheer.

Artikel 344

In het vierde lid van dit artikel is de mogelijkheid opgenomen een ontheffing te verlenen van het verbod voor een ander dan de (laatste) concessiehouder stoffen uit de ondergrond terug te halen. De ratio hiervan is dat in het geval van een onwillige of niet meer bestaande (laatste) concessiehouder de mogelijkheid om stoffen weer naar boven te halen niet afgesloten dient te zijn. In een dergelijk geval kan het nodig zijn dat een andere terzake kundige die stoffen er weer uithaalt. De minister zal hiervoor ontheffing van het verbod kunnen verleenen.

Artikel 345

Het in een delfstofvoorkomen brengen van stoffen, dat op grond van artikel 335 van het begrip 'opslaan' is uitgezonderd, stuit, zoals in het algemeen deel van de toelichting is aangegeven, in beginsel niet op mijnbouwtechnische of milieuhygiënische bezwaren. Deze handelingen vallen dan ook niet onder de vergunningplicht. Wel moeten ook hierbij ingevolge het eerste lid van het onderhavige artikel geen onaanvaardbaar nadelige gevolgen voor het milieu ontstaan en moet de veiligheid voldoende zijn gewaarborgd. Deze norm kan op grond van artikel 347 in nadere regelen worden uitgewerkt. Parallel met de regeling in artikel 337, vierde lid, is ook in het tweede lid van het onderhavige artikel aangegeven dat in geval van een acute noodsituatie stoffen in de ondergrond gebracht mogen worden zonder dat men daarbij gebonden is aan de normen van het eerste lid.

Artikel 346

Omdat bij het verrichten van 'mijnbouwkundige onderzoeken door middel van boorwerken nog geen sprake is van 'bij mijnen behorende werken' kan artikel 9, eerste lid, onder c, van de Mijnwet 1903 niet worden gebruikt als basis voor het regelen van het brengen van stoffen in de ondergrond in het kader van deze activiteiten. Gebruik van artikel 9, eerste lid, onder a, als basis laat slechts toe dat de veiligheid geregeld wordt. Ingevolge artikel 99 van de Wet bodembescherming is het Lozingenbesluit bodembescherming in deze gevallen in beginsel van toepassing; in het Lozingenbesluit bodembescherming wordt echter een uitzondering gemaakt voor het realiseren van het boorgat bij mijnbouwkundige onderzoeken. (Zie hiervoor ook de toelichting op artikel III).

Artikel 347

Bij de bevoegdheid om de normen als genoemd in de artikelen 345 en 346 uit te werken in nadere regelen is expliciet genoemd de mogelijkheid te bepalen dat bepaalde stoffen slechts gebruikt mogen worden als zij na een bepaalde tijd ook weer uit de grond gehaald worden. Bij de bepaling van wat de gevolgen van het opslaan voor het milieu zullen zijn kan namelijk ook meespelen de duur van het in de grond houden van bepaalde stoffen. Dit zal vooral een rol spelen bij de stoffen die noodzakelijk in de grond moeten worden gebracht in het kader van de uitoefening van het mijnbedrijf.

Artikel 348

Het feit dat activiteiten zullen plaatsvinden waarvan op basis van dit artikel melding moet worden gedaan is bij de desbetreffende ondernemingen in de regel geruime tijd van te voren bekend. Ik heb dan ook de verwachting dat in de praktijk de melding in een vroeg stadium zal kunnen plaatsvinden. De termijn van drie maanden als genoemd in het eerste lid van dit artikel is derhalve voorgeschreven als een uiterste minimum termijn. Het tweede lid van dit artikel is zodanig opgezet dat de desbetreffende onderneming altijd tenminste een maand de tijd heeft om de gevraagde nadere gegevens bijeen te brengen en te verstrekken. Getracht zal

worden eventueel benodigde nadere gegevens zo spoedig mogelijk te vragen zodat een ruimere termijn voor het verstrekken ervan bestaat. Hierbij kan een melding in een zo vroeg mogelijk stadium uiteraard behulpzaam zijn.

Artikel 349

Het in een delfstofvoorkomen brengen van stoffen moet ingevolge artikel 345 op een veilige en milieuverantwoorde manier geschieden. Om dit te kunnen controleren moeten op grond van het onderhavige artikel metingen worden verricht. De door de metingen verkregen gegevens moeten worden geregistreerd en ter beschikking worden gesteld aan de Inspecteur-Generaal der Mijnen. Deze metingen kunnen betrekking hebben op hoeveelheden en concentraties, maar bijvoorbeeld ook op de druk binnen het voorkomen. Zo is het bij het injecteren van formatiewater onder meer van belang de hoeveelheden te weten en ook de kwaliteit van het water dat wordt geïnjecteerd. Door het uitvoeren van deze metingen is het mogelijk te zien wanneer moet worden ingegrepen in het proces. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn, indien de in te brengen hoeveelheden te groot of de concentraties te hoog zijn of dreigen te worden. Ook kunnen door het meten van de druk lekken worden geconstateerd. Het is in het belang van de vergunninghouder zelf om dergelijke gegevens te verzamelen, zodat hij zo snel mogelijk de noodzakelijke maatregelen kan treffen. Door het registreren en ter beschikking stellen van deze gegevens is het Staatstoezicht op de Mijnen in staat te controleren of de belangen van de bescherming van het milieu en de veiligheid voldoende zijn gewaarborgd.

Artikel 351

Naast wat over dit artikel is opgemerkt in par. 5.5 van het algemeen deel van de toelichting, merk ik op dat, ingeval stoffen in strijd met de regels in de ondergrond zijn gebracht, naar keuze de (laatste) concessiehouder of degene die de stoffen in de ondergrond heeft gebracht verplicht kan worden de nadelige gevolgen te beperken of ongedaan te maken. In gevallen dat er een vergunningplicht bestaat zal in beginsel de (laatste) concessiehouder aangewezen moeten worden omdat op grond van artikel 344, derde lid, hij, behoudens ontheffing, de enige is die dat kan doen. Dit vloeit voort uit zijn algemene verantwoordelijkheid voor het beheer van de mijn. In de andere gevallen zal naar omstandigheden ook degene kunnen worden aangewezen, die de stoffen in de grond heeft gebracht zonder dat hij concessiehouder is.

Artikel II

Om ervoor te zorgen dat reeds bestaande opslagactiviteiten waarvoor na inwerkingtreding van dit besluit een vergunning vereist is zoveel mogelijk doorgang kunnen vinden is in dit artikel bepaald dat het vergunningsvereiste voor die activiteiten niet geldt mits vóór de inwerkingtreding van de ver-

gunningplicht een aanvraag voor een vergunning is ingediend. De activiteiten mogen in dat geval zonder vergunning voortgezet worden tot drie maanden nadat de beslissing op die aanvraag onherroepelijk is geworden. Voor deze termijn is gekozen om mogelijk te maken dat activiteiten waarvoor uiteindelijk geen vergunning is verleend op verantwoorde wijze kunnen worden beëindigd.

Artikel III

Het Lozingenbesluit bodembescherming is, ingevolge artikel 1a van dat besluit, van toepassing op ondergrondse werken van mijnen. Voor de werken waarop de Mijnwet 1903 van toepassing is kan deze toepasselijkheid vervallen zodra daarvoor regels gaan gelden op basis van die wet. Ook is het gewenst het Lozingenbesluit bodembescherming niet langer van toepassing te laten zijn op dat deel van de territoriale zee, waarvoor de Mijnwet continentaal plat geldt. Het Lozingenbesluit bodembescherming is daarvoor duidelijk niet bedoeld (zie de artikelen 2, eerste lid, onder j, en 3, vierde lid), terwijl er geen reden is voor dit gebied een ander regime te laten gelden dan voor de rest van het gebied, waarvoor de Mijnwet continentaal plat geldt. Artikel III voorziet daarom in schrapping van artikel 1a van het Lozingenbesluit bodembescherming, zodat met de inwerkingtreding van het verbod van het in artikel I van het besluit opgenomen artikel 337 van het Mijntreglement 1964 de toepasselijkheid van het Lozingenbesluit bodembescherming op de mijnbouw vervalt. Wel gehandhaafd moet worden artikel 2, eerste lid, onderdeel j. De Wet bodembescherming blijft nog van toepassing op opsporingsonderzoek zodat ook de uitzondering van boorgaten voor dit onderzoek van belang blijft. Wel wordt de tekst van bedoeld onderdeel j zo gewijzigd dat duidelijk tot uiting komt dat de uitzondering alleen voor opsporingsonderzoek geldt.

Artikel IV

Voor het tijdstip van inwerkingtreding van de vergunningplicht van het nieuwe artikel 337 van het Mijntreglement 1964 is het Lozingenbesluit bodembescherming van toepassing. Bij besluit van 14-1-1993 is het Lozingenbesluit bodembescherming gewijzigd in verband met de nieuwe opzet van de Wet milieubeheer. In het nieuwe systeem kunnen voor lozingen binnen inrichtingen, waarvoor een vergunning op grond van de Wet milieubeheer is vereist, geen ontheffingen meer worden verleend. In plaats hiervan kan met toepassing van (het nieuwe) artikel 25a van het Lozingenbesluit bodembescherming bij het verlenen van de vergunning op grond van de Wet milieubeheer bepaald worden dat een lozing in de bodem is toegestaan. Nu de toepasselijkheid van het Lozingenbesluit bodembescherming vervalt, zoals hierboven is toegelicht onder artikel III zijn er overgangsmaatregelen nodig. In die gevallen waarin al een toestemming voor een lozing in de

bodem was verleend is het niet nodig en ook niet wenselijk dat degenen die opslagactiviteiten verrichten waarvoor krachtens het voorliggende besluit een vergunning is vereist wederom de hele procedure van vergunningverlening moeten doorlopen. Artikel IV voorziet daarom in een automatische omzetting van toestemmingen op grond van het Lozingenbesluit bodembescherming, waarvan de geldigheidsduur nog niet is verlopen, in vergunningen op grond van dit besluit (tweede lid). De beperkingen en voorschriften die met het oog op een toestemming om te lozen aan de vergunning op grond van de Wet milieubeheer verbonden waren worden geacht eveneens als beperkingen en voorschriften aan de vergunning op grond van dit besluit verbonden te zijn. Om dezelfde redenen van efficiency worden lopende aanvragen om toepassing van artikel 25a van het Lozingenbesluit bodembescherming, dat wil zeggen ingediend vóór de datum van inwerkingtreding van het nieuwe artikel 337 van het Mijntreglement 1964 (verder) behandeld als aanvragen voor vergunningen op grond van dit besluit (eerste lid).

Artikel V

Krachtens artikel 8.2., derde lid, van de Wet milieubeheer is de Minister van Economische Zaken bevoegd te beslissen op een aanvraag om een vergunning voor een bij een mijn behorende bovengronds gelegen inrichting die is aangewezen krachtens artikel 9, eerste lid, onder a, van de Mijnwet 1903. Deze aanwijzing heeft plaatsgevonden bij het Besluit van 27 april 1984, houdende aanwijzing van de bij mijnen behorende bovengronds gelegen werken en inrichtingen. Om ervoor te zorgen dat de Minister van Economische Zaken bevoegd gezag is met betrekking tot het verlenen van vergunningen voor bovengronds gelegen werken en inrichtingen die gebruikt worden voor mijnen waarin opslagactiviteiten plaatsvinden, wordt in artikel IV een aanvulling opgenomen van artikel 2 van het aanwijzingsbesluit.

Artikel VI

Van een deel van de bepalingen van het besluit is het gewenst dat zij – met inachtneming van artikel 10, derde lid, laatste volzin, van de Mijnwet 1903 – zo spoedig mogelijk in werking treden. Dit geldt met name voor de bepalingen die betrekking hebben op de procedure betreffende de aanvraag voor de vergunning, zodat in een zo vroeg mogelijk stadium met deze procedure begonnen kan worden. In het eerste lid van dit artikel wordt bepaald dat de overige artikelen drie maanden na publicatie van dit besluit in werking treden. Aangenomen mag worden dat de justitiabelen daarmee voldoende tijd hebben om voorbereidingen te treffen om aan de bepalingen van dit besluit te voldoen.

De Minister van Economische Zaken,

VERKLARENDE WOORDENLIJST

adsorptie	Hechting van moleculen aan het oppervlak van een vaste stof.
afsluitende laag	Een laag gesteente die een reservoir of aquifer in meer of mindere mate afsluit voor transport van vloeistoffen en gassen.
anhydriet	Calciumsulfaat (CaSO_4), een evaporiet.
aquifer	Watervoerende laag, waarin het water onder invloed van een drukgradiënt stroomt.
betrouwbaarheid	In hoeverre modelresultaten overeenkomen met de werkelijkheid.
biosfeer	Het deel van de aarde waarin het "leven" zich afspeelt.
breuk	Vlak waarlangs de samenhang van het gesteente verloren is gegaan .
<i>caprock</i>	Door oplossing van zout achtergebleven slecht oplosbare mineralen aan de bovenzijde van sommige zoutstructuren. Het bestaat veelal uit gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anhydriet, of dolomiet (CaMgCO_3) ₂) en wordt ook wel gipshoed genoemd.
carbonaten	Mineralen die het CO_3 -anion gemeen hebben, o.a. calciet en dolomiet.
caverne	Een ondergrondse holte.
compactie	Het samendrukken van gesteente onder invloed van druk; de dichtheid van het gesteente neemt toe.
concessie	Vergunning die verleend wordt om delfstoffen in een gebied te ontginnen
deterministisch model	Een klassieke berekeningsmethode, die geen gebruik maakt van kansverdelingen (tegenovergestelde van probabilistisch model). De kans van optreden van een gebeurtenis wordt als 100% aangenomen.
DGM	Directoraat Generaal Milieubeheer.
diapier	Een zoutstructuur, die door langzame stijging door de bovenliggende gesteentelagen is gebroken.
doorlatendheid	Een maat voor het drukverschil dat nodig is om gas of vloeistof door gesteente te laten stromen.

ECN	Energieonderzoek Centrum Nederland.
erosie	Afbraakproces onder invloed van water, wind of ijs
evaporiet	Gesteente ontstaan door neerslag vanuit een verdampende oplossing.
EZ	Ministerie van Economische Zaken.
formatie	Op grond van verschil in samenstelling herkenbare gesteentelagen.
formatiewater	Het eigen water van de formatie.
geochemie	De wetenschap die het voorkomen, de verdeling en de verspreiding van chemische elementen en de chemische processen in ondermeer de ondergrond bestudeerd.
geofysische methoden	Fysische meettechnieken ter verkenning van de ondergrond, bijvoorbeeld seismiek, gravimetrie, magnetometrie, (geo)radar, radiometrie, gamma log, geigerteller.
geohydrologie	Studie van de eigenschappen van grondwater en grondwaterbeweging.
geologie	De wetenschap die zich bezighoudt met het bestuderen van de aarde.
geothermische gradiënt	De verandering van de temperatuur met de diepte.
gesteentemechanica	Bestudeert het gedrag van gesteenten onder invloed van ondermeer thermische en mechanische belasting.
gevoeligheid	Geeft aan in hoeverre een proces of eigenschap van belang is voor een modelresultaat.
glaciatie	Uitbreiding van het landijs veroorzaakt door een wereldwijde temperatuurdaling.
haliet	Zuiver steenzout, natriumchloride (NaCl).
halokinese	Zouttektoniek; opwaartse beweging van zoutstructuren ten gevolge van het dichtheidsverschil tussen (steen)zout en bovenliggend gesteente.
<i>Hydraulic fracturing</i>	Het ontstaan van scheuren rond een holte waarin een hoge vloeistofdruk wordt gecreëerd.
kalizout	Het belangrijkste kalizout is sylvien (KCl).
Kwartair	Geologische periode vanaf ca. 2,2 miljoen jaar geleden tot heden.
m.e.r.	Milieu-effectrapportage.
mergel	Gesteente dat bestaat uit kalk en meer dan 25% klei.
NMP	Nationaal Milieubeleids Plan.

OPLA	OPberging te LAnd; commissie, die onderzoek coördineert naar de opslag van radioactief afval.
permeabiliteit	De doorlatendheid van gesteente voor vloeistof of gas.
probabilistisch model	Berekeningsmethode waarbij de kans op optreden van gebeurtenissen en processen in rekening wordt gebracht.
redoxpotentiaal	Maat voor de verhouding van in een systeem aanwezige oxiderende en reducerende stoffen.
reservoir	Deel van de ondergrond waar in de poriën van het gesteente een vloeistof of gas is of kan worden opgeslagen.
RGD	Rijks Geologische Dienst.
RIVM	Rijksinstituut van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.
RMNO	Raad voor het Milieu- en Natuuronderzoek.
scenario	Mogelijke opeenvolging van verschijnselen en gebeurtenissen.
seismiek	Aan het aardoppervlak worden trillingen opgewekt, die na terugkaatsing aan vlakken in de aardkorst worden geregistreerd met geofoons. Deze registraties geven een beeld van de opbouw van de ondergrond. Bij twee-dimensionale seismiek (2D) worden de trillingen langs een lijn opgewekt en geregistreerd. Bij driedimensionale seismiek (3D) worden een groot aantal registratielijnen naast elkaar geplaatst.
Staatstoezicht op de Mijnen	Dienst van het Ministerie van Economische Zaken, die toezicht houdt op de naleving van regels die bij mijnbouwactiviteiten in acht dienen te worden genomen.
steenzout	Natriumchloride (NaCl), wordt ook haliet genoemd.
subrosie	Ondergrondse erosie van steenzout door contact met grondwater.
(Nederlands) Territoir	Het vaste land en dat deel van de zee dat is gelegen aan de landzijde van de in artikel 1, eerste lid van de Mijnwet Continentaal plat aangegeven lijn.
Tertiair	Geologische tijdsperiode; 65 - 2,2 miljoen jaar geleden.
TNO	Organisatie van Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek.
TUD	Technische Universiteit Delft.
VROM	Ministerie voor Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

Zechstein	Geologische periode in het Laat-Perm (230 - 250 miljoen jaar geleden), waarin dikke steenzoutpakketten in o.a. Oost- en Noord-Nederland zijn afgezet.
zoutpijler	Een zoutstructuur door zoutvloeï ontstaan; hierbij gaat de oorspronkelijke horizontale gelaagdheid verloren; zoutpijlers worden ook wel zoutkoepels of diapieren genoemd.
zoutkussen	Een zoutstructuur, door zoutvloeï ontstaan. Het zout is samengedrukt of naar een plaats met de laagste druk in de omgeving gevloeï. Dit heeft geleï tot een verdikking van de zoutlaag. Een zoutkussen kan zich ontwikkelen tot een zoutpijler.
zoutlaag	Een zoutstructuur die haar oorspronkelijke horizontale gelaagdheid niet door deformatie of zoutvloeï verloren heeft.