

Bijlage 1. Factsheets Inhoudsopgave

Inleiding.....	0
1. WKO: Gesloten systemen.....	2
2. WKO: Open systemen.....	4
3. Hoge temperatuuropslag (HTO).....	8
4. Geothermie: warmtewinning en elektriciteitsproductie.....	12
5. Aardgas uit conventionele voorkomens.....	16
6. Aardgas uit onconventionele voorkomens.....	20
7. Herbenutting van gasvelden.....	25
8. Opslag in aquifers.....	29
9. Opslag kernafval.....	33

Inleiding

In dit rapport zijn factsheets opgenomen die de belangrijkste kenmerken van gebruiksfuncties in de diepe ondergrond weergeven. Voor de volgende toepassingen is een aantal factsheets opgenomen:

- WKO (open- en gesloten WKO-systemen).
- Hoge temperatuuropslag (HTO).
- Geothermie (warmtewinning en elektriciteitsproductie).
- Gaswinning uit conventionele gasvoorkomens ('gewoon' aardgas uit goed doorlatende zandsteenlagen).
- Gaswinning uit onconventionele gasvoorkomens ('gewoon' aardgas uit slecht doorlatende kleisteen- of steenkoollagen).
- Hergebruik gasvelden (opslag formatiewater, aardgasbuffering, CO₂-opslag).
- Opslag in aquifers.
- Opslag in kleilagen (radioactief afval).

De basis voor de factsheets is Deelrapport 3: Achtergrond informatie van de plan-MER Structuurvisie ondergrond Drenthe. Deze zijn aangevuld met factsheets voor nieuwe gebruiksfuncties en op sommige punten zijn de factsheets bijgewerkt op basis van de laatste ontwikkelingen. Het doel van de factsheets is om een beeld te schetsen van de belangrijkste kenmerken van de gebruiksfuncties, als input bij overwegingen over benutting van de diepe ondergrond. Het is nadrukkelijk niet de bedoeling om 100% volledig en accuraat te zijn.

In iedere factsheet is tevens een paragraaf opgenomen met informatie die specifiek voor Flevoland van toepassing is.

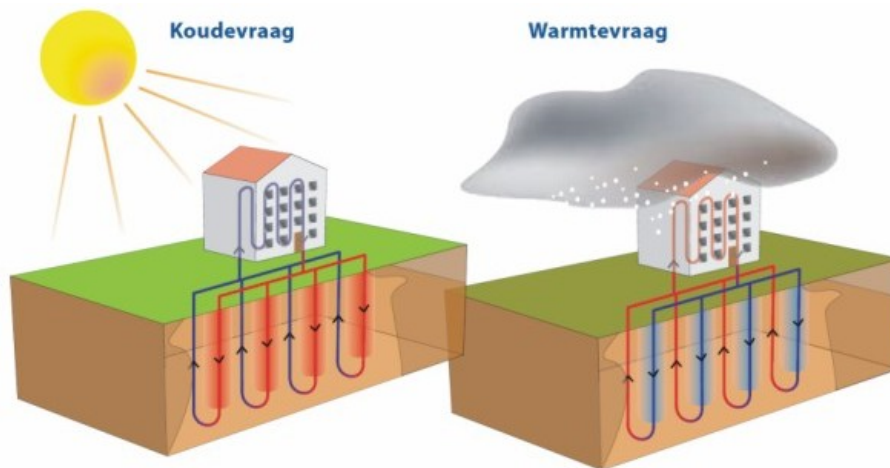
1. WKO: Gesloten systemen

Algemeen	<p>Bij gesloten WKO systemen worden horizontale (HBWW) of verticale (VGWW) warmtewisselaars in de bodem aangebracht. Een HBWW of VBWW is een in de bodem geplaatste buis of een stelsel van buizen waarin een medium wordt rondgepompt waardoor de in de aarde opgeslagen energie kan worden onttrokken. Simpel gezegd is de werking tegenovergesteld aan de centrale verwarming. Hierbij wordt een warm medium door de buizen en radiatoren in de vertrekken gepompt waardoor deze ruimten door convectie worden verwarmd. Omgekeerd kan een gesloten WKO systeem ook koelen. In de VBWW of HBWW wordt een koud medium rondgepompt waardoor de aarde door geleiding en convectie warmte aan de VBWW of HBWW afgeeft. De HBWW of VBWW maakt deel uit van een systeem en wordt hoofdzakelijk in combinatie met een warmtepomp toegepast.</p> <p>Toepassing: Lokaal (woning)gebruik.</p>
Effecten	<p>Bovengrond: Bij een bodemwarmtewisselaar moet de warmtewisselaar in de bodem geplaatst worden. Dit kan gepaard gaan met vergravingen/boringen, die vooral bij een zogenaamde warmtekolf en een horizontale warmtewisselaars vrij omvangrijk kunnen zijn. Verder lopen er ondergrondse leidingen naar een installatie. Het is niet uitgesloten dat hierdoor bodemwaarden (zoals bodemarchief en cultuurhistorische elementen) kunnen worden aangetast.</p> <p>Ondergrond: De warmtewisselaar bevindt zich in de contactlaag of de waterlaag, afhankelijk van de diepte. Er bestaat een risico op lekkage van het medium (in de meeste gevallen is dit glycol) in de warmtewisselaar. Vooral in de waterlaag is een dergelijke lekkage onwenselijk, omdat het grondwater vervuild kan raken.</p> <p>Interferentie: Bodemwarmtewisselaars leggen een ruimteclaim op de ondergrond. Mogelijkheden voor toepassing van andere functies kan hierdoor beïnvloed worden. Vooral functies in de waterlaag (bijvoorbeeld grondwaterwinning) kunnen concurrerend zijn met WKO systemen</p>
Eenheden	<p>Met betrekking tot de fysieke omvang en vermogen zijn gesloten WKO systemen over het algemeen kleiner dan open WKO systemen. Gesloten systemen worden vooral toegepast voor woningen, en in toenemende mate ook bij de utiliteit. Horizontale systemen liggen circa 2 meter onder maaiveld, terwijl verticale systemen gewoonlijk op circa 40 meter diepte liggen. In sommige gevallen, wanneer gebruik wordt gemaakt van een boring, kan deze diepte zelfs oplopen tot meer dan 100 meter. Per meter levert een gesloten systeem tussen 20-40 W.</p>
Economie	<p>Terugverdientijden van een gesloten WKO systeem zijn vaak hoger dan bij open systemen, en liggen tussen 10 en 15 jaar.</p>
Klimaat	<p>Het toepassen van WKO maakt de afnemer in mindere mate afhankelijk van ontwikkelingen op de energiemarkt. Er is nog wel (elektrische) energie nodig voor (warmte)pompen, maar kan een bijdrage leveren aan reductie van CO₂ uitstoot. WKO wordt gezien als duurzaam alternatief voor verwarming/koeling.</p>

Wet- en regelgeving	Gemeenten zijn bevoegd gezag voor bodemwarmtewisselaars. In gebieden waar veel WKO systemen in de ondergrond aanwezig zijn, stelt het Besluit bodemenergiesystemen (per 1/7/2013) dat er interferentiegebieden vastgesteld kunnen worden om deze systemen te ordenen en de regie te houden. In een interferentiegebied moet ook voor bodemwarmtewisselaars een vergunning worden aangevraagd (een lichte omgevingsvergunning). Voor het vaststellen van een interferentiegebied is een masterplan nodig. Dit is het product van de provincie en de gemeente, aangezien de gemeente bevoegd gezag is voor bodemwarmtewisselaars en de provincie voor de open systemen. Zonder interferentiegebied hoeft alleen bij een systeem groter dan 70 kW een vergunning bij de gemeente te worden aangevraagd, wel geldt te allen tijde een meldingsplicht.
Stand van zaken Flevoland 2012	De provincie Flevoland vindt het een goede ontwikkeling dat WKO steeds vaker wordt toegepast, vooral bij nieuwbouw. De provincie heeft vergunningvoorschriften daarom verlicht om maatwerk te kunnen leveren. De nieuwe monitoringsvoorschriften zullen optimaal worden afgestemd op de specifieke risico's van het betreffende WKO-systeem. Dit maatwerk betekent een besparing van kosten en inspanningen bij de vergunninghouders van installaties.

Visuele indruk

Gesloten WKO systeem (bron: SKB)



2. WKO: Open systemen

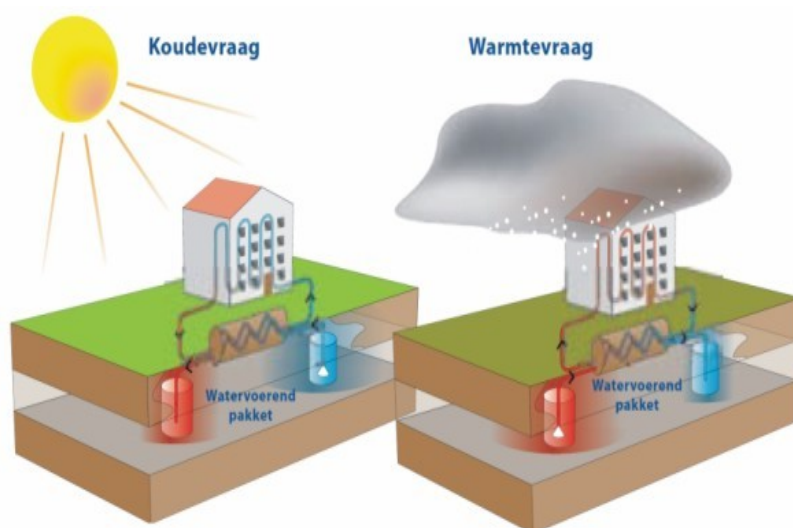
Algemeen	<p>Open warmte/koudeopslag vindt plaats in ondiepe grondwaterlagen, tot ca. 200 meter diepte. In de zomer wordt warmte vanuit de gebouwde omgeving aan het grondwater toegevoegd en in de winter wordt het gebruikt om gebouwen te verwarmen. Het afgekoelde grondwater dat in de bodem teruggevoerd wordt in de winter, wordt in de zomer gebruikt om gebouwen te koelen. Door toepassing van WKO hoeft minder gebruik gemaakt te worden van conventionele energiebronnen voor verwarming en koeling. Omdat deze gebruikmaken van fossiele brandstoffen kan de uitstoot van CO₂ verminderd worden.</p> <p><i>Typen open WKO systemen:</i></p> <p><u>Monobron:</u> Zoals de naam doet vermoeden, maakt een monobron WKO-systeem gebruik van één put, waarin de warme en koude bron boven elkaar liggen. Een voorwaarde om een monobronuitvoering toe te passen is dat de dikte van de aquifer groot genoeg is.</p> <p><u>Recirculatie:</u> Recirculatie is het meest eenvoudige open systeem. Er wordt gewerkt met een vaste onttrekkings- en een vaste injectiebron. Grondwater van 10 à 12°C wordt opgepompt en naar de gebruiker geleid. Afhankelijk van de behoefte wordt aan het water warmte toegevoerd (koeling van een gebouw in de zomer) of warmte afgevoerd (verwarming in de winter, met behulp van een warmtepomp). Dit resulteert erin dat het water 's winters met circa 8°C en 's zomers met circa 17°C wordt geïnjecteerd. Deze temperatuurfluctuaties dempen elkaar in de bodem uit. Dit systeem is geschikt voor industriële koeling, maar kan, met name voor kleinere installaties, ook in de utiliteitsbouw aantrekkelijk zijn.</p> <p><u>Warme/koude bronsysteem:</u> Ook dit systeem maakt gebruik van twee putten, een zogenaamd doublet. 's Winters wordt grondwater uit de warme bron gepompt waarna het de warmte afgeeft aan de gebruiker, meestal via een warmtepomp. Het afgekoelde water (rond 7°C) wordt vervolgens geïnjecteerd in de koude bron. 's Zomers draait dit proces (en de stromingsrichting van het grondwater) om. Water uit de koude bron wordt dan gebruikt voor koeling, waarna het met een hogere temperatuur (rond 20°C) weer in de warme bron wordt opgeslagen. Het komt erop neer dat winterkoude wordt opgeslagen voor gebruik in de zomer en zomerwarmte voor gebruik in de winter. Het warme/koude bron systeem is energetisch iets voordeliger doch gecompliceerder dan het recirculatiesysteem. Het vindt vooral toepassing in situaties met een relatief grote koudevraag.</p> <p>De geschiktheid voor open WKO is in belangrijke mate afhankelijk van de opslagcapaciteit van de watervoerende lagen. Hoe dikker het zandpakket, hoe geschikter. Daarnaast is de</p>
-----------------	--

	<p>doorlatendheid van de watervoerende lagen van belang. De doorlatendheid geeft aan hoe makkelijk het water naar de bronnen toestroomt.</p> <p>Toepassing: Grootschalige woningbouw, utiliteit en bedrijven</p>
Effecten	<p>Bovengrond: Aan maaiveld zijn putdeksels waarneembaar en tevens lopen er leidingen ondergronds. In de aanlegfase zijn graaf en boorwerkzaamheden nodig. Net zoals bij een conventioneel verwarmingssysteem, geldt ook voor open WKO-systemen dat er gebouwgebonden installaties nodig zijn.</p> <p>Ondergrond: In de ondergrond worden injectie- en onttrekkingsfilters aangebracht. Bij open WKO-systemen is sprake van waterwinning en waterinjectie. Het effect van een open WKO-systeem op de grondwaterstand wordt als verwaarloosbaar beschouwd, omdat de onttrekking en infiltratie vlak naast elkaar liggen en de één het effect van de ander opheft. Een effect op de stroming van het grondwater is wel mogelijk waardoor bestaande verontreinigingen verplaatst kunnen worden. Ten slotte verandert de temperatuur van het water.</p> <p>Interferentie: Open WKO-systemen leggen een ruimteclaim op de waterlaag. Uit de waterlaag wordt tevens water onttrokken en geïnjecteerd. Er kan dus sprake zijn van concurrentie met andere gebruiksfuncties in deze laag, zoals grondwaterwinning en andere open en gesloten WKO systemen.</p>
Eenheden	<p>Open WKO-systemen hebben over het algemeen meer vermogen dan gesloten WKO-systemen, waardoor toepassing vooral bij grotere warmte/koude vraag (bijvoorbeeld utiliteitsgebouwen) plaatsvindt. Gemiddeld liggen open WKO-systemen op een diepte van 20-120 m. De minimale afstand tussen de injectie en de onttrekkingsbron ligt veelal in de orde van 50-100 m. Debieten zijn rond de 50-100 m³/uur (10 m³/uur ~ 100 kW vermogen). Voor woningen zijn kleinere volumes nodig, lager dan 10 m³/uur.</p>
Economie	<p>De terugverdientijd van een open WKO systeem ligt veelal in de orde van 5 tot 8 jaar.</p>
Klimaat	<p>Het toepassen van WKO maakt de afnemer in mindere mate afhankelijk van ontwikkelingen op de energiemarkt. Er is nog wel (elektrische) energie nodig voor (warmte)pompen, maar kan een bijdrage leveren aan reductie van CO₂ uitstoot. WKO wordt gezien als duurzaam alternatief voor verwarming/koeling.</p>
Wet- en regelgeving	<p>Waterwet: Provincies zijn bevoegd gezag voor open WKO systemen in het kader van de onttrekkingsvergunningverlening van de Waterwet.</p> <p>AMvB Bodemenergiesystemen (in ontwikkeling, vaststelling medio 2013): In gebieden waar veel WKO systemen in de ondergrond aanwezig zijn, kunnen interferentiegebieden vastgesteld worden om deze systemen te ordenen en de regie te houden. Voor het vaststellen van een interferentiegebied is een masterplan nodig. Dit is het product van de provincie en de gemeente, aangezien de gemeente bevoegd gezag is voor gesloten systemen en de provincie voor de open systemen. Stedelijke gebieden zijn de meest logische gebieden om</p>

	masterplannen op te stellen vanwege de grote warmte- en koudevraag.
Stand van zaken Flevoland 2012	De provincie Flevoland vindt het een goede ontwikkeling dat WKO steeds vaker wordt toegepast, vooral bij nieuwbouw. De provincie heeft vergunningvoorschriften daarom verlicht om maatwerk te kunnen leveren. De nieuwe monitoringsvoorschriften zullen optimaal worden afgestemd op de specifieke risico's van het betreffende WKO-systeem. Dit maatwerk betekent een besparing van kosten en inspanningen bij de vergunninghouders van installaties.

Visuele indruk

Een open WKO systeem (bron: SKB)

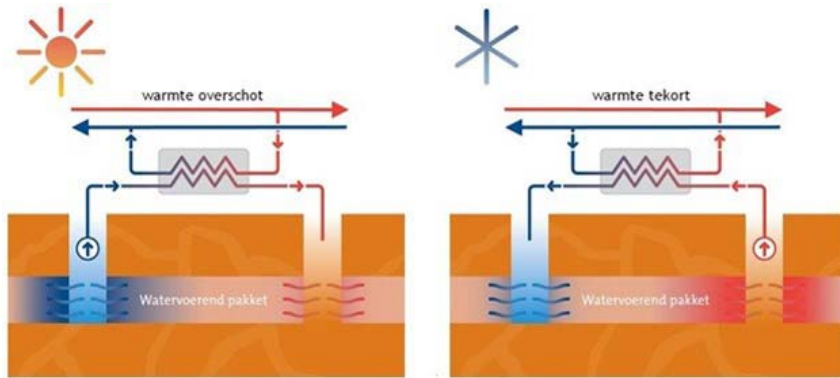


3. Hoge temperatuuropslag (HTO)

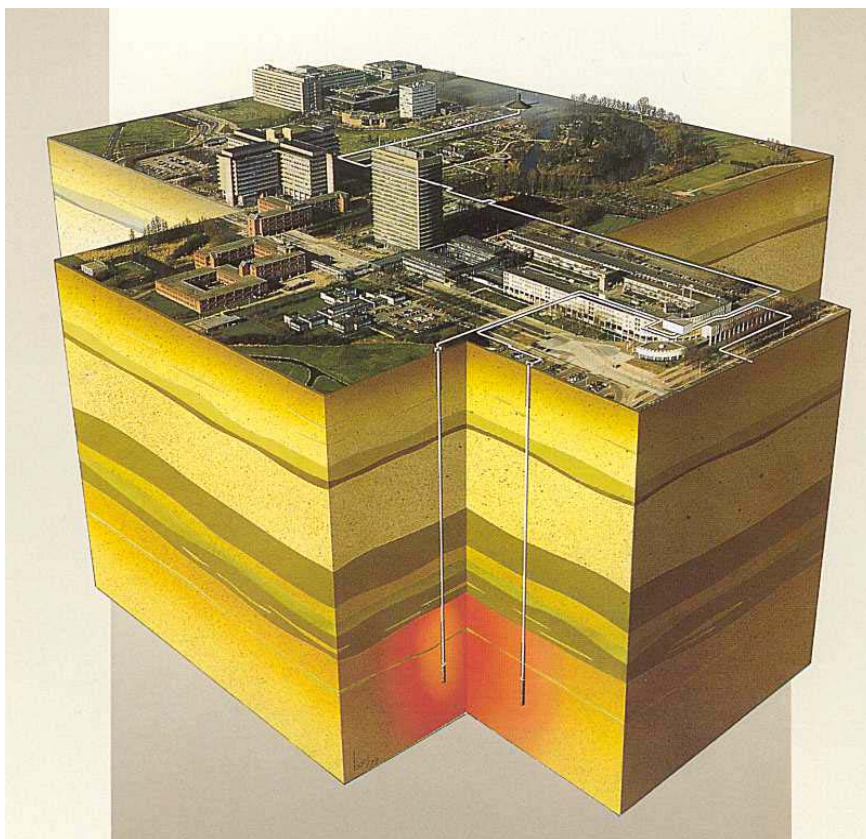
Algemeen	<p>In Nederland gaat veel restwarmte, die bijvoorbeeld vrijkomt tijdens industriële processen, verloren. De benutting van restwarmte vormt een interessante mogelijkheid. Daarnaast kunnen ook andere warmtebronnen warmte aanleveren. Bijvoorbeeld 'zomerwarmte' kan door middel van zonneboilers worden opgeslagen voor benutting in de winter.</p> <p>Door middel van hoge temperatuuropslag kan (rest)warmte in de bodem worden opgeslagen. Het gaat om seizoensopslag, vooral voor gebruik van (ruimte)verwarming in winter, maar mogelijk kunnen ook andere benuttingen interessant zijn.</p> <p>Hoge temperatuuropslag is in feite een vorm van warmtebuffering in de ondergrond, en daarmee vergelijkbaar met een open WKO-systeem. Er is sprake van een puttendoublet, met een put voor onttrekking en een put voor injectie. Vanaf bepaalde temperaturen moet naar het type materiaal dat wordt ingezet gekeken worden. Bij lagere temperaturen kunnen bijvoorbeeld kunststof putconstructies gebruikt worden, maar bij hogere temperaturen kunnen andere materialen zoals staal nodig zijn.</p> <p>Hoge temperatuuropslag kan tot enkele honderden meters diepte plaatsvinden, afhankelijk van de eigenschappen van de ondergrond. In diepere lagen is de doorlatendheid mogelijk een probleem, omdat injectieputten kunnen verstopten bij een te lage doorlatendheid. Een te hoge doorlatendheid en/of grondwaterstroming kan ook ongunstig zijn, omdat de opgeslagen warmte dan te snel zou kunnen verspreiden. Het rendement van het systeem gaat in dat geval omlaag. In ondiepere lagen is mogelijke interactie met en/of een temperatuureffect op zoet grondwater en de winning daarvan een aandachtspunt.</p>
Effecten	<p>Maaiveld</p> <p>In de aanlegfase is een boorinstallatie benodigd. Diepere boringen vergen een grotere boorinstallatie. In de operationele fase is een HTO-systeem vergelijkbaar met een WKO systeem. Het systeem bestaat uit minimaal 2 putten, enkele pompen en randapparatuur (bijvoorbeeld een warmtepomp).</p> <p>Ondergrond</p> <p>In de ondergrond is de mogelijke uitstraling van warmte naar zoete grondwatervoorraden het belangrijkste aandachtspunt. Het daadwerkelijke effect hiervan is sterk afhankelijk van de temperatuur van het geïnjecteerde water, de diepte en eigenschappen van de waterlaag en de geohydrologie in de omgeving.</p> <p>In de ondergrond spelen verder nog mogelijke drukverschillen door water onttrekking en injectie en is mogelijke verstopping van onttrekkings- of injectiefilters een risico.</p> <p>In sommige gevallen kan een WKO systeem worden ingezet ten behoeve van het saneren van bodemverontreinigingen. Vergelijkbaar hiermee zou ook HTO in aanmerking kunnen komen in ondiepe, voor drinkwatervoorziening bedoelde aquifers, waar deze lokaal (sterk) verontreinigd zijn. Het is echter de vraag of dit wenselijk is, vanwege het risico dat de verontreiniging wordt verplaatst naar schone delen van de aquifer door (sterke) opwarming van het water (convectiestroming).</p>

	<p>Andere gebruiksfuncties</p> <p>HTO kan lagen waarin andere functies plaatsvinden, zoals WKO en drinkwaterwinning, thermisch beïnvloeden. Hetzelfde geldt mogelijk voor ondiepe geothermie en gaswinning. Of er binnen een bepaald HTO project daadwerkelijk een effect optreedt, is sterk afhankelijk van de locatie-specifieke situatie en de technische uitwerking van het project.</p>
Eenheden	<p>De temperaturen bij HTO kunnen variëren van 25 – 95 graden Celsius. Theoretisch kunnen nog hogere temperaturen worden opgeslagen.</p> <p>De diepte kan sterk variëren, en is vooral afhankelijk van de technische en beleidsmatige/juridische mogelijkheden. Algemeen geldt dat dieptes groter dan enkele honderden meters de haalbaarheid van een HTO-project niet ten goede komen.</p>
Economie	<p>Door restwarmte die normaal gesproken verloren gaat te benutten (hetzij door de uitvoerende partij zelf of door levering van warmte aan derden), wordt een belangrijke efficiency slag gemaakt. De kosten voor HTO hangen o.a. af van de diepte waarop de warmte wordt opgeslagen; de kosten nemen toe bij toenemende dieptes.</p> <p>In de praktijk is het benutten van (industriële) restwarmte gebonden aan een risico dat de leveringszekerheid niet gegarandeerd kan worden. Dat betekent dat er tijden zijn dat de het aanbod van warmte niet aansluit op de vraag. Dit is een belangrijke drempel voor het investeren in restwarmte projecten. Door gebruik te maken van de buffercapaciteit van de ondergrond kan dit risico sterk worden verkleind.</p>
Klimaat	<p>Door HTO kunnen bestaande warmtestromen beter worden benut. De warmte kan als vervanging dienen voor warmte die normaal gesproken met fossiele brandstoffen geproduceerd zou worden.</p>
Schaal /beleid	<p>De schaal van een HTO systeem kan sterk verschillen. Om een rendabel systeem te krijgen moet een systeem een bepaald minimum vermogen hebben en zijn er ook beperking aan het maximale vermogen.</p> <p>Relevant beleid heeft betrekking op het stimuleren van het gebruik van restwarmte.</p>
Wet- en regelgeving	<p>Provincies zijn bevoegd gezag voor HTO in het kader van de Waterwet, die zijn uitwerking heeft in de provinciale verordeningen. Toepassing van HTO kan conflicteren met het huidige beleid. De huidige Waterwet schrijft voor dat de infiltratietemperatuur niet meer mag bedragen dan 25 graden. Dit betekent dat HTO nu in de meeste gevallen niet mag. Maar per 1 juli 2013 treedt het Besluit bodemenergiesystemen in werking en dat is een Amvb op onder andere het Waterbesluit. Het Besluit bodemenergiesystemen stelt de infiltratietemperatuur ook op 25 graden, maar biedt de optie om daar beargumenteerd van af te wijken. Dan wordt HTO wel mogelijk.</p> <p>Bij HTO dieper dan 500 meter onder maaiveld is het ministerie van EZ bevoegd gezag in het kader van de Mijnbouwwet.</p>
Stand van zaken Flevoland 2012	<p>In Flevoland zijn nog geen HTO projecten gerealiseerd. Elders in het land lopen wel HTO projecten, met uiteenlopende technische specificaties. Een voorbeeld is de ruimteverwarming van het NIOO-gebouw in Wageningen. Water van 45-40 graden Celsius wordt op 300 meter geïnfiltreerd en in de winter gebruikt voor ruimteverwarming. In de zomer wordt het water opgewarmd door 116 zonnecollectoren (478 m²). Lees meer op: http://www.nioo.knaw.nl/sites/default/files/Lessons%20Learned%20NIOO_0.pdf</p>

Visuele indruk



Hoge temperatuuropslag met zonnecollectoren, in zomer en winter (bron: Waddenglas.nl)



Hoge temperatuuropslag Universiteit Utrecht (bron: meermetbodemenergie.nl)

4. Geothermie: warmtewinning en elektriciteitsproductie

Algemeen	<p><u>Warmtewinning</u></p> <p>Geothermie is het winnen van aardwarmte door het grondwater van een hoge temperatuur (45-120 graden) op te pompen uit diepe aquifers (1500-4000 meter). In Nederland wordt geothermie vooralsnog toegepast door de warmte direct te gebruiken voor verwarming. Op termijn zou de warmte gebruikt kunnen worden voor de opwekking van elektriciteit (Enhanced Geothermal Systems).</p> <p>Bij aardwarmte-doubletten worden een productie- en injectieput in dezelfde watervoerende laag (aquifer) geboord. De afstand tussen beide putten op de einddiepte (2 km of dieper) bedraagt ca. 1500 m. Ze worden vanuit dezelfde locatie geboord. Het warme water wordt opgepompt en geeft zijn thermische energie af via een warmtewisselaar. Het afgekoelde water wordt weer geïnjecteerd. Tijdens productie en injectie zal het koude geïnjecteerde water over een periode van enkele tientallen jaren naar de productieput toestromen. Zodra het koudefront contact maakt met de productieput, zal het doublet zijn vermogen verliezen.</p> <p>Naast aquifers komen mogelijk ook leeggeproduceerde gasvelden in aanmerking voor de winning van aardwarmte. In deze gasvelden bevindt zich namelijk ook voldoende water voor de winning van aardwarmte.</p> <p><u>Elektriciteitsproductie</u></p> <p>Bij Enhanced Geothermal Systems (EGS) wordt thermische energie vanaf grote dieptes (en dus hogere temperaturen) gewonnen. In Nederland kan water met een temperatuur van >120°C worden gewonnen op dieptes vanaf ca. 3500 a 4000 m. De hoge temperaturen kunnen worden gebruikt voor het opwekken van elektriciteit, door middel van een ORC/Kalina proces waarbij warmte wordt omgezet in elektriciteit. Hierbij geldt wel: hoe hoger de temperatuur, hoe groter het elektrische rendement. De opzet van de techniek is gelijk aan die van geothermie voor warmtelevering. Verschil is dat met de hogere beschikbare temperatuur eerst elektriciteit wordt opgewekt. De retourtemperatuur uit dit proces is in veel gevallen nog voldoende hoog om ook warmte te leveren aan bebouwing.</p> <p>Op grote dieptes neemt de doorlatendheid van het gesteente meestal sterk af en zal deze door stimulering moeten worden verbeterd. Bij EGS wordt daarom eerst koud water in de diepe laag gepompt. Door het grote temperatuurverschil tussen het geïnjecteerde water en het gesteente, en de hoge druk waarmee geïnjecteerd wordt, ontstaan er barsten en scheuren (een vorm van fracking).</p> <p>Het ligt voor de hand om geothermische energie uit een aquifer te winnen. Echter, er zijn ook mogelijkheden om de thermische energie in 'droge' zones te winnen. Dit wordt Hot Dry Rock (HDR) geothermie genoemd. Op technisch gebied zijn momenteel wereldwijd zeer veel ontwikkelingen gaande, met als doel de kosteneffectiviteit van geothermische elektriciteitsproductie te optimaliseren.</p> <p>De toepassing van geothermie kan niet overal plaatsvinden, omdat het specifieke eigenschappen van de ondergrond vereist. Vooral de temperatuur en doorlatendheid (permeabiliteit) van de waterlaag zijn van belang. Tevens is op de plek van de winning een grote warmtevraag nodig. De enorme potentie van geothermie wordt dus beïnvloed doordat een match van vraag en aanbod vereist is.</p>
-----------------	---

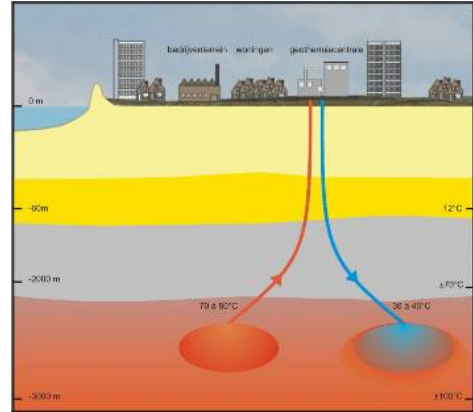
Effecten	<p>Bovengrond: Warmtewisselaars voor directe kassen- of huizenverwarming hebben een beperkte omvang en kunnen in een relatief klein gebouw bij de productie en injectieput worden geplaatst. Een warmtekrachtcentrale voor aardwarmte heeft een omvang van mogelijk enkele hectaren.</p> <p>Ondergrond:</p> <p>Bodemdaling: Bij de winning van aardwarmte is geen of nauwelijks bodemdaling te verwachten. Netto worden er geen stoffen onttrokken of geïnjecteerd waardoor er geen sprake van volume/druktoename is.</p> <p>Bodemtrillingen: De kans op bodemtrillingen bij standaard aardwarmte-doublers in aquifers is zeer gering. Er is geen sprake van significante drukverandering of veranderingen in de ondergrond die tot lokale spanningen leiden. Bij injectie van water in actieve breuken kunnen mogelijk wel bevingen optreden. Bij Enhanced Geothermal Systems bestaat wel een kans op het optreden van trillingen indien dit wordt uitgevoerd in een gebied met actieve breuken. Het fraccen zelf kan zeer lichte trillingen veroorzaken. Als de barsten en scheuren contact maken met (actieve) breuken, kunnen de vloeistoffen in de breuk komen waardoor de spanning afneemt en de breuk kan gaan bewegen. Dit soort bevingen kan mogelijk een grotere magnitude hebben dan de geïnduceerde bevingen bij gaswinning.</p> <p>Milieu: Geothermie heeft in het algemeen zeer beperkte gevolgen voor het milieu. Een aantal zaken verdient aandacht:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Het goed afsluiten van te doorboren lagen (bijvoorbeeld watervoerende pakketten) en afwerken van de put (verbuizing, cementering) zodat lekkage naar of aantasting van omliggende gesteentelagen wordt voorkomen. ▪ Emissies dienen geminimaliseerd te worden. Het gaat hierbij om emissie van lucht, geluid, licht en afval en emissies in de bodem en in de lucht. Hieronder vallen ook eventueel meegeproduceerde koolwaterstoffen. <p>Onomkeerbaarheid gebruiksfunctie: In het algemeen zal de aquifer na beëindiging van de aardwarmtewinning benut kunnen worden voor andere activiteiten (bijv. opslag in aquifers). De geologie en de eigenschappen van het gesteente zijn bepalend voor wat mogelijk is.</p> <p>Interferentie: <i>Competitie</i></p> <p>Olie/gaswinning: Wanneer aardwarmte in of nabij een olie/gasveld in dezelfde laag/aquifer plaatsvindt, is er mogelijk sprake van (wederzijdse) drukbeïnvloeding of het ongewenst meeproduceren van olie of gas. De beïnvloedingsafstand zal per situatie moeten worden bepaald.</p> <p>Opslag of buffering van stoffen op een nabijgelegen locatie in dezelfde laag. Deze activiteit kan niet in de buurt van aardwarmte plaatsvinden wegens het meeproduceren/vrijkomen van opgeslagen stoffen of het beïnvloeden van de druk. De invloedsradius zal per situatie moeten worden bepaald.</p> <p>Interferentie: <i>Synergie</i></p> <p>Opsporing van aardwarmte en koolwaterstoffen kunnen mogelijk van elkaar profiteren. Indien een opsporingsboring voor olie/gas geen voorkomen aantoonde, kan de put worden hergebruikt voor winning van aardwarmte.</p> <p>Benutting restwarmte van het meegeproduceerde formatiewater bij olie- en gaswinning. Dit water kan via een warmtewisselaar thermische energie leveren. (Zie verder tabel 4.1)</p>
Eenheden	Vanaf maaiveld worden de putten in een soort ‘spagaat’ geboord, zodat de putten circa 2 kilometer uit elkaar liggen. Het water uit de aquifer wordt bij een relatief groot systeem onttrokken met een debiet van 100 – 200 m ³ /uur.

	<p><u>Temperatuur water:</u> Gemiddeld geldt dat de temperatuurstijging in de Nederlandse bodem ongeveer 30 °C per kilometer bedraagt. Vanaf ongeveer 70 °C wordt geothermie interessant. Een temperatuur hoger dan 120 graden is geschikt voor elektriciteitsopwekking)</p> <p><u>Diepte aquifers:</u> 1500-4000 meter</p> <p>Over het algemeen geldt hoe dieper, hoe warmer, maar de doorlatendheid van de lagen neemt af met de diepte. Hierdoor wordt het moeilijker het warme water te winnen.</p> <p><u>Vermogen:</u> Het potentieel voor geothermie is weergegeven in megawatts (MW). Hierbij is uitgegaan van een CoP-waarde (coefficient of performance) van minimaal 15, dit wil zeggen dat met iedere geïnvesteerde MW aan vermogen (m.n. pompdruk) minimaal 15 MW aan thermisch vermogen wordt gewonnen. Dit is een algemeen aanvaarde waarde (Garantieregeling Aardwarmte). Deze waarde wordt ook gebruikt in de sectie potenties hieronder.</p> <p>Voor de toepassing van geothermie wordt in Nederland met name gekeken naar glastuinbouw (vanaf circa 5 hectare) of woningbouw (vanaf circa 2.000 woningen).</p>
Economie	<p>Geothermie kenmerkt zich door grote investeringen, veroorzaakt door kostbare diepe boringen en het aanleggen van een warmtenet. Als vuistregel voor het boren naar geothermie kan gezegd worden dat 1 kilometer boren ongeveer 1,5 miljoen euro kost. Bij het boren naar geothermie zitten financiële risico's omdat de boring kan mislukken of de waterlaag ongeschikt blijkt. De terugverdientijd hangt dus sterk af van het 'boorsucces'.</p> <p>De hoge kosten van het boren van putten zijn een knelpunt voor de realisatie van geothermie. Daarom is het van belang dat er een financiële constructie aanwezig is, die de financiële risico's kan ondervangen. Dit kan in de vorm van een verzekering, of een samenwerking tussen grote partijen die de risico's zelf kunnen dragen.</p> <p>De terugverdientijd hangt erg af van de situatie, maar een terugverdientijd van circa 5 jaar is mogelijk gebleken bij een tuinder in Bleiswijk.</p> <p>Een belangrijke factor bij geothermie is ook de transportafstand van de bron naar de afnemer. Hoe verder deze afstand is, des te lager zal de temperatuur van het water zijn op de plek van de afnemer.</p>
Klimaat	<p>Geothermie kan gezien worden als duurzame, onuitputtelijke energiebron met enorm veel potentie. In de meeste gevallen is het een vervanging voor de toepassing van aardgas voor ruimteverwarming.</p>
Wet- en regelgeving	<p>Het Rijk ontwikkeld op dit moment een Structuurvisie Ondergrond (STRONG). Deze visie zal een kader vormen voor activiteiten in de ondergrond en de ordening daarvan.</p> <p><u>Mijnbouwwet:</u> Het ministerie van Economische Zaken (EZ) is bevoegd gezag voor vergunningverlening voor activiteiten in de diepe ondergrond. Voor geothermie is dit vanaf 500 meter onder maaiveld.</p> <p><u>Omgevingswet:</u> EZ is ook bevoegd voor het verlenen van de omgevingsvergunning.</p> <p>Provincies hebben een adviesfunctie bij beide vergunningverleningen. Gemeenten zullen het bestemmingsplan moeten wijzigen in het kader van de Wro.</p>

Stand van zaken Flevoland 2012

Er is potentie aanwezig voor geothermie in Flevoland, vooral in Noordoostpolder, maar ook andere gebieden. Er wordt onderzoek gedaan naar toepassing van geothermie bij tuinders in de Noordoostpolder.

Visuele indruk



Links: een geothermie boortoren (bron: TUDelft.nl)

Rechts: schematische weergave van het puttendoublet (bron: geoplein.nl)



Geothermiecentrale t.b.v. opwekking van elektriciteit in IJsland (bron: TNO)

5. Aardgas uit conventionele voorkomens

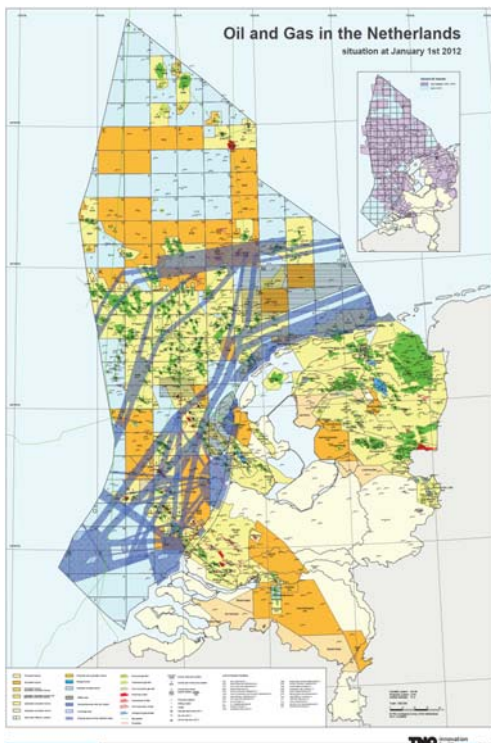
<p>Algemeen</p>	<p>Aardgas is gevormd in dieper gelegen, organisch rijke lagen onder invloed van temperatuur en druk. Na vorming is het aardgas omhoog gemigreerd naar lagen die zich onder een afsluitende laag bevinden. Deze structuren zijn door deze sterke afsluitende laag meestal ook geschikt als opslagruimte. Door het aanboren van de reservoirs waar het gas of de olie zit opgeslagen kunnen de delfstoffen gewonnen worden.</p>
<p>Effecten</p>	<p><u>Bovengrond:</u> Een gemiddeld boorterrein is ca. 0,5 tot 1 ha groot en de toren heeft een hoogte van ca. 30 m. Een boring neemt gemiddeld enkele weken tot mogelijk maanden in beslag. Bij kleine gasvelden is één productieboring veelal voldoende. Voor grotere olie- en gasvelden zijn soms tientallen productieboringen nodig.</p> <p>Op een gasbehandelingslocatie wordt het gas op de juiste kwaliteit (samenstelling, druk) gebracht voor levering aan een gasleverancier zoals de Gasunie. Vaak wordt de gasbehandeling gekoppeld aan een bestaande productielocatie maar dit is niet noodzakelijk. Een gasbehandelingsfaciliteit kan het gas van meerdere productielocaties behandelen. De omvang van de behandelingslocatie is over het algemeen ca. 1 à 3 Ha.</p> <p><u>Ondergrond:</u> Conventionele gaswinning leidt tot een afname van de druk in het reservoirgesteente. Hierdoor wordt de porieruimte in het gesteente deels dichtgedrukt en daalt de bodem. De daling is het grootst direct boven het veld en neemt geleidelijk af binnen een straal van enkele kilometers rond het veld. De omvang van de bodemdalingsskom neemt toe met toenemende diepte van de winning.</p> <p>Door de optredende drukdaling en daaruit volgende bodemdaling bij conventionele gaswinning kunnen mogelijk kleine geïnduceerde bevingen optreden in gebieden die daar gevoelig voor zijn (bijvoorbeeld rond bestaande breuken). Geïnduceerde bevingen hebben meestal een geringe magnitude van 1 à 2 op de schaal van Richter met een bovenwaarde van 3,9. Bevingen hebben een kortstondig effect met mogelijke schade aan gebouwen en infrastructuur.</p> <p><u>Interferentie: Competitie</u></p> <p>Aardwarmte in of nabij het gasveld indien in dezelfde laag/aquifer. De beïnvloedingsafstand zal per situatie moeten worden bepaald. Er is sprake van wederzijdse beïnvloeding (drukcommunicatie, bijvangst gas bij aardwarmte)</p> <p>Opslag of buffering van stoffen anders dan aardgas. Zowel in het veld zelf als ook de aangrenzende aquifer. De radius van beïnvloeding zal per situatie moeten worden bepaald.</p> <p><u>Interferentie: Synergie</u></p> <p>Opsporing van aardwarmte en koolwaterstoffen kunnen mogelijk van elkaar profiteren. Indien een opsporingsboring voor olie/gas geen voorkomen aantoont, kan de put worden hergebruikt voor winning van aardwarmte.</p>

	<p>Gasbuffering gaat goed samen met gaswinning. Vaak is het zelf voordeliger om de locatie vroeg in het productieproces om te bouwen tot een gasbuffer omdat dan minder kussengas hoeft te worden geïnjecteerd.</p> <p>Injectie van hulpstoffen (stikstof, CO₂) kan soms goed samen gaan met olie- en gaswinning indien het tot doel dient om extra gas te winnen</p> <p>Benutting restwarmte van het meegeproduceerde formatiewater bij olie- en gaswinning.</p>
Eenheden	<p>De jaarlijkse productie in 2007 bedroeg 68 miljard m³ aardgas en 2,5 miljoen m³ aardolie. In Nederland en op het Nederlandse deel van het Continentaal Plat zijn in totaal zo'n 20 mijnondernemingen actief op ongeveer 800 verschillende locaties op land en zo'n 150 op zee. De winning van aardgas is echter maar voor de helft op de enorme voorraad in Groningen gericht, de rest wordt gewonnen uit zo'n 300 kleinere velden. Er is nog zo'n 1.000 miljard m³ aardgas aanwezig in het Groningen reservoir (SodM).</p> <p>De diepte van gas- en oliereservoirs verschilt, maar ligt tussen de 1500-4000 m. De geologische aardolievoorraden onder het Nederlandse vasteland en het Nederlands deel van de Noordzee bedragen ongeveer 100 miljoen m³. De geologische aardgasvoorraad onder Nederlands grondgebied is vele malen groter dan de olievoorraad en wordt op 3.000 miljard m³ geraamd.</p>
Economie	<p>Sinds de ontdekking in de jaren zestig van het grote gasveld in Groningen is Nederland een van de grootste aardgasproducenten ter wereld. Dit levert de Nederlandse staat miljarden op, in 2007 alleen al zo'n 13 miljard Euro, en geeft Nederland een belangrijke positie in Europa (SodM).</p>
Klimaat	<p>Het gebruik van zogenaamde fossiele brandstoffen zoals olie en gas wordt in verband gebracht met klimaatverandering. Deze grondstoffen worden dan ook niet gewonnen uit klimaatoverwegingen, maar uit economische belangen. Wel is het zo dat de verbranding van aardgas een minder nadelig effect voor het klimaat heeft dan olie, in andere woorden: er komt minder CO₂ per eenheid vrij bij het verbranden van aardgas dan van olie. Eenmaal leeg kunnen de reservoirs in sommige situaties weer gebruikt worden.</p>
Wet- en regelgeving	<p>Het Rijk ontwikkeld op dit moment een Structuurvisie Ondergrond (STRONG). Deze visie zal een kader vormen voor activiteiten in de ondergrond en de ordening daarvan.</p> <p><u>Mijnbouwwet</u>: Het ministerie van Economische Zaken (EZ) is bevoegd gezag voor vergunningverlening voor activiteiten in de diepe ondergrond.</p> <p><u>Omgevingswet</u>: EZ is ook bevoegd voor het verlenen van de omgevingsvergunning.</p> <p>Provincies hebben een adviesfunctie bij beide vergunningverleningen. Gemeenten zullen het bestemmingsplan</p>

	moeten wijzigen in het kader van de Wro.
Stand van zaken Flevoland 2012	<p>In Flevoland is momenteel 1 gasveld geïdentificeerd: Marknesse. Er zijn concrete plannen voor de ontwikkeling van dit gasveld in de komende 5 jaar. Het vergunningsgebied Middellie (NAM) en Lemsterland (Vermilion) ligt ook deels binnen de grens van Flevoland. De aanwezigheid van het vergunningsgebied voor de winning van koolwaterstoffen betekent niet dat er een gasveld aanwezig is.</p> <p>In de provincie Flevoland zijn meerdere prospectieve structuren zijn onderkend, waar mogelijk aardgas en/of olie aanwezig kan zijn. Gezien de bedrijfseconomische gevoeligheid van deze informatie, wordt niet bij vermeld wat het aantal prospects of de omvang daarvan is, welke kans deze structuren op een succesvolle gas/olievondst bieden, en door wie deze structuren worden onderkend.</p>

Visuele indruk

Olie en gas in Nederland (bron: www.nlog.nl) en een gaslocatie (bron: NAM)



6. Aardgas uit onconventionele voorkomens

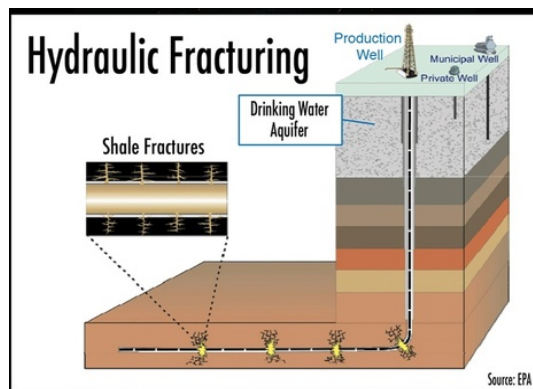
Technische beschrijving	<p>Bij de winning van gas (en olie) wordt gesproken van conventioneel en onconventioneel gas. Het verschil heeft te maken met de winbaarheid van het gas, op basis van het type gesteente waarin het gas aanwezig is. Er is dus geen verschil tussen het gas op zich, beide vormen zijn gewoon aardgas zoals dat in Nederland al decennia wordt gebruikt.</p> <p>Conventioneel aardgas bevindt zich in poreuze gesteentepakketten. Wanneer een put wordt geboord in deze pakketten, zal het gas vanzelf naar de put stromen door de goede doorlatendheid van het gesteente.</p> <p>Onconventioneel gas bevindt zich in slecht doorlatende gesteentelagen, bijvoorbeeld in schaliepakketten. Het gas is ontstaan in deze lagen en zit opgesloten in de kleine holtes (poriën) in het gesteente. Wanneer een put in deze lagen wordt geboord, zal het gas niet vanzelf naar de put stromen. Om het gas uit de grond te halen zijn extra stappen nodig, waarvan de belangrijkste zijn: meerdere horizontale boringen en fracking.</p> <p>Er worden verschillende vormen van onconventioneel gas onderscheiden, afhankelijk van het type gesteente waarin het voor komt. Schaliegas (shale gas) en steenkoolgas (coalbedmethane) zijn de bekendste vormen.</p> <p>Meerdere horizontale boringen</p> <p>Om de winning van onconventioneel gas mogelijk te maken, is zoveel mogelijk contact met de gesteentelaag van belang. Dit wordt bereikt door meerdere putten te boren, die horizontaal door de gesteentelaag reiken. Deze horizontale zijtakken kunnen enkele kilometers lang zijn. Meerdere horizontale boringen zorgen ook voor meer locaties en werkzaamheden aan maaiveld. Horizontaal boren wordt in de huidige winning van conventioneel gas op verschillende plekken ook al toegepast.</p> <p>Fracking</p> <p>Als de horizontale putten zijn geboord, wordt het horizontale deel van de put op meerdere plekken 'gestimuleerd'. Dit wordt gedaan door kleine haarscheurtjes in het gesteente te creëren met behulp van een vloeistof (hoofdzakelijk water en zand, met enkele mijnbouwhulpstoffen) onder hoge druk; een proces wat fracken wordt genoemd. Na het fracken zal een groot deel van de vloeistof weer naar boven komen, het zogenaamde flow back water. Dit water kan worden hergebruikt of moet worden verwerkt volgens de geldende milieuregels. Fracken is dus een techniek om de doorlatendheid van een gesteente te stimuleren.</p> <p>Fracken wordt ook in Nederland al geruime tijd toegepast, om een conventionele gasput te stimuleren (de instroom van gas te bevorderen). Nieuw is echter het fracken over een langere en</p>
--------------------------------	---

	<p>horizontale putlengte in pakketten waarin onconventioneel gas voorkomt (bijvoorbeeld schalies). Recent is hierover een factsheet gepubliceerd door NOGEPa, de brancheorganisatie voor olie- en gasbedrijven. Deze factsheet is gratis te downloaden van: http://www.nogepa.nl/nl/Home/DownloadCenter.aspx.</p> <p>Technisch gezien is de winning van onconventioneel gas dus iets ingewikkelder dan de winning van conventioneel gas, maar er wordt gebruik gemaakt van bestaande technieken. Naast de techniek is ook de schaal verschillend. Voor de winning van onconventioneel gas zijn relatief veel putten nodig. Dit zijn putten met horizontale zijtakken, tot enkele kilometers lang. Het fracken wordt toegepast op meerdere plaatsen in het horizontale deel van de put en het fracken kan meerdere malen nodig zijn om de productiviteit van de put te stimuleren.</p> <p>In Nederland is nog geen ervaring met de winning van onconventioneel gas, en dus ook niet met het fracken ten behoeve van deze winning.</p>
<p>Effecten</p>	<p>Maaiveld</p> <p>De effecten op maaiveld zijn vergelijkbaar met de effecten van conventionele gaswinning. Echter, door het feit dat het gas moeilijk winbaar is zijn relatief veel putten en winlocaties nodig. Mogelijk worden niet alle putten gelijktijdig geboord, waardoor een boorinstallatie herhaaldelijk (en dus voor een langere periode) in het landschap kan staan. Tijdens het fracking proces zijn tijdelijk meer installaties nodig en is de aanvoer van de frack vloeistof van belang. Ook de behandeling en opslag/bufferen van waterstromen ten behoeve van het fracken is van belang. De aanleg en opbouw van de winlocaties zal ook leiden tot een toename in het aantal verkeersbewegingen.</p> <p>Ondergrond</p> <p>Bij de winning van onconventioneel gas worden de putten horizontaal geboord om het contact met de gesteentelaag te maximaliseren. Dit betekent dat fracking op relatief grote schaal wordt toegepast, wat gepaard gaat met veranderingen in de ondergrond. De ondergrond wordt fysisch aangetast, maar ook chemische veranderingen vinden plaats door het injecteren van frack vloeistof en het onttrekken van aardgas. Een deel van de frack vloeistof zal in de ondergrond achterblijven, waardoor chemische veranderingen op de lange termijn ook een aandachtspunt zijn.</p> <p>Door het fracken kan er een risico zijn op seismische activiteit (bodemtrillingen), omdat bestaande breukzones kunnen worden gereactiveerd. Bij de planning van het winnen van onconventioneel gas zal hier uitvoerig naar gekeken moeten worden. Dit geldt ook voor het risico dat gas of vloeistof via natuurlijke of geïnduceerde (door fracken veroorzaakte) breukzones omhoog kan migreren. Een belangrijke vraag is of de</p>

	<p>kwaliteit van het zoete grondwater wordt bedreigd door de winning van onconventioneel gas.</p> <p>Andere gebruiksfuncties De winning van onconventioneel aardgas of olie kan van invloed zijn op andere gebruiksfuncties. Dit hangt af van het type onconventioneel gas en de exacte ligging van de geologische voorkomens ten opzichte van andere gebruiksfuncties.</p> <p><u>Interferentie: Competitie</u> Winning, opslag en buffering van stoffen in velden en aquifers waarvan de kleilaag waaruit schaliegas gewonnen wordt de afsluitende laag vormt. Er zal dan gekeken moeten worden of de integriteit van de afsluitende laag niet wordt aangetast door fraccing</p> <p><u>Interferentie: Synergie</u> Injectie CO₂ kan mogelijk een hulpstof zijn voor de winning van steenkoolgas. Vanuit het Rijk wordt momenteel gewerkt aan een studie die de effecten van schaliegaswinning in Nederland in beeld moet brengen. De resultaten worden in 2013 verwacht.</p>
Eenheden	De eenheden die bij de winning van onconventioneel gas van toepassing zijn, zijn vergelijkbaar met de eenheden van conventioneel gas.
Economie	Omdat er nog geen ervaring is met de winning van onconventioneel aardgas in Nederland, is er nog geen duidelijk inzicht in de economische haalbaarheid van een dergelijk project.
Klimaat	<p>Het gebruik van zogenaamde fossiele brandstoffen zoals olie en gas wordt in verband gebracht met klimaatverandering. Deze grondstoffen worden dan ook niet gewonnen uit klimaatoverwegingen, maar uit economische belangen. Wel is het zo dat de verbranding van aardgas een minder nadelig effect voor het klimaat heeft dan olie, in andere woorden: er komt minder CO₂ per eenheid vrij bij het verbranden van aardgas dan van olie.</p> <p>Voor onconventioneel gas is het, afhankelijk van de gebruikte technieken, mogelijk dat methaan 'ontsnapt' en in de atmosfeer terecht komt. Dit is vooral van belang bij situaties met een open opslagsysteem voor de waterstromen die tijdens het fracken ontstaan.</p> <p>Daarnaast is het theoretisch mogelijk om door middel van CO₂-injectie de gaswinning uit steenkoollagen te bevorderen. Het mes snijdt hierbij aan twee kanten. Enerzijds zorgt de methode ervoor dat het broeikasgas CO₂ niet in de atmosfeer terecht komt en anderzijds wordt de winning van aardgas uit steenkoollagen bevorderd. In praktijk is echter nog zeer weinig ervaring met deze techniek.</p>
Schaal/beleid	De potentie van onconventioneel gas wordt nog onderzocht. Mogelijk zijn aanzienlijke hoeveelheden in de Nederlandse ondergrond aanwezig. Door middel van proefboringen zal hier meer duidelijkheid over komen.

Wet- en regelgeving	<p>Het Rijk ontwikkeld op dit moment een Structuurvisie Ondergrond (STRONG). Deze visie zal een kader vormen voor activiteiten in de ondergrond en de ordening daarvan.</p> <p><u>Mijnbouwwet:</u> Het ministerie van Economische Zaken (EZ) is bevoegd gezag voor vergunningverlening voor activiteiten in de diepe ondergrond.</p> <p><u>Omgevingswet:</u> EZ is ook bevoegd voor het verlenen van de omgevingsvergunning.</p> <p>Provincies hebben een adviesfunctie bij beide vergunningverleningen. Gemeenten zullen het bestemmingsplan moeten wijzigen in het kader van de Wro.</p>
Stand van zaken Flevoland 2012	<p>In Flevoland spelen diverse plannen voor het winnen van schaliegas uit Carboon lagen. Deze komen in principe in de gehele provincie voor.</p> <p>De aanvragen voor exploratieboringen van Cuadrilla in Noordoostpolder zijn gehonoreerd. Er zijn meerdere aanvragen gedaan, maar de minister heeft aangekondigd eerst de mogelijke risico's voor mens en milieu te willen onderzoeken.</p>

Visuele indruk



Illustratie van hydraulisch fracken (bron: EPA)



Boorlocatie naar schaliegas in Engeland (bron: Cuadrilla)

7. Herbenutting van gasvelden

Algemeen	<p><i>Deze factsheet bevat beschrijft zeer globaal de verschillende gebruiksfuncties die mogelijk zijn om een leeggeproduceerd gasveld te benutten.</i></p> <p>Nadat een gasveld is uitgeproduceerd kan het veld en in sommige gevallen de bestaande infrastructuur worden herbenut voor andere gebruiksfuncties. Afhankelijk van o.a. (geo)technische (injectiviteit, opslagvolume en integriteit van de opslagruimte en het afsluitende pakket) en beleidsmatige randvoorwaarden zijn diverse toepassingen mogelijk:</p> <p>Buffering van aardgas</p> <p>Een gasveld kan tijdens of na de winning worden benut als aardgasbuffer. Hiervoor dient altijd een bepaalde hoeveelheid 'kussengas' aanwezig te zijn. Voor deze functie dienen grote installaties te worden gebouwd. <i>Strategische aardgasopslag</i> in gasvelden is bedoeld om seizoensfluctuaties van de gasvraag op te kunnen vangen. Indien de injectiviteit van een gasveld zeer hoog is, kan het ook gebruikt worden voor <i>piekbuffering van aardgas</i>; het opvangen van pieken in de vraag naar aardgas. Gasbuffering omvat een zeer uitgebreide faciliteit met een omvang van 30 tot 80 ha, die zich op één locatie binnen een straal van enkele kilometers van een gasveld bevindt. Op het terrein bevinden zich o.a. productie/injectieputten, gasbehandelingsfaciliteiten (gassamenstelling) en compressiefaciliteiten. De installaties zijn aangesloten op het hoofd-gastransportnetwerk. Vanwege de omvang kunnen deze locaties een grote impact hebben op natuur en landschap.</p>  <p>Luchtfoto van gasopslag bij Norg (bron: gemeentenoordenveld.nl)</p> <p>Gasbuffering in gasvelden kan bodemdaling of -stijging veroorzaken. Als een veld geheel gewonnen is, zal de opgetreden daling deels weer teniet worden gedaan bij vulling.</p>
-----------------	--

Vanaf dat moment wordt de daling en stijging gestuurd door het ritme van de buffering. De amplitude zal dan gering zijn.

Opslag (en buffering) van CO₂

Een gasveld kan dienen als opslagmedium voor CO₂. Veelal zal het gaan om permanente opslag, maar tijdelijke buffering kan ook tot de mogelijkheden behoren (bv voor benutting in de glastuinbouw). Vooral de grotere gasvelden of een cluster van kleinere gasvelden zijn interessant, vanwege de grote hoeveelheden CO₂ die nodig zijn voor een haalbaar project. CO₂ opslag omvat een keten tussen de bron (bijvoorbeeld een energiecentrale) en de opslagruimte (gasveld, aquifer): CO₂ afvanginstallatie, CO₂ compressiefaciliteit, transportleiding en een injectielocatie. De afvanglocatie is vaak vrij omvangrijk, maar minder interessant in dit kader, omdat dit gelokaliseerd is bij de puntbron (bijvoorbeeld een energiecentrale). De omvang van de injectielocatie is meestal beperkt en komt overeen met een aardgasproductielocatie op land ter grootte van 1 à 2 ha. Het verdient de voorkeur dat de injectielocaties in de contour van het gasveld liggen en er zal bij voorkeur zoveel mogelijk gebruik gemaakt worden van de bestaande aardgasputten. Leidingen dienen te voldoen aan de eisen voor CO₂-transport.

Gasvelden die in aanmerking komen voor de opslag van CO₂ zijn in principe velden die economisch zijn leeg geproduceerd. CO₂-opslag is in principe permanent en onomkeerbaar. De velden die interessant zijn voor grootschalige opslag van CO₂ dienen een hoge injectiviteit te hebben en een capaciteit van meer dan 10Mton. Opslag van CO₂ in gasvelden zal in de regel leiden tot enige bodemstijging. Dit betreft een (gedeeltelijke) reductie van de daling die is opgetreden door de eerdere productie van gas.

Opslag van formatiewater

Formatiewater is zout water dat vrij komt bij de winning van olie en gas in Nederland. In plaats van zuivering van dit water, kan het ook weer worden teruggebracht in de diepe ondergrond via injectie in een gasveld. Dit gebeurt al op enkele plaatsen in Nederland, o.a. in Twente. Voor deze functie kan veelal gebruik worden gemaakt van bestaande putten, leidingen en locaties. Daarom heeft deze activiteit weinig (nieuwe) bovengrondse consequenties indien een gasveld hiervoor wordt hergebruikt. Opslag van formatiewater in een gasveld zal naar verwachting geen significante stijging veroorzaken omdat het geïnjecteerde volume en dus de druktoename in het veld relatief klein zijn.

Buffering van industriële gassen en perslucht

Kleine gasvelden kunnen in principe geschikt zijn voor de opslag van industriële gassen (bijvoorbeeld stikstof of waterstof) en perslucht. Echter, door diverse technische redenen verdienen zoutcavernes de voorkeur als opslagmedium voor deze gassen.

Winning van aardwarmte

De putten in een uitgeproduceerd gasveld zouden in principe

	<p>gebruikt kunnen worden voor de winning van aardwarmte. De haalbaarheid van deze mogelijkheid wordt o.a. bepaald door de warmtecapaciteit van de putten en door de warmtevraag aan de bovengrond. Meer informatie over geothermie is opgenomen in de betreffende factsheet.</p>
Effecten	<p>De milieueffecten van opslag en buffering in gasvelden zijn goed bekend. Risico's worden goed afgedekt door wettelijke regelingen waaraan het boren en de opslag van stoffen moeten voldoen. Hieronder volgt een overzicht van zaken die mogelijk relevant zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Het goed afsluiten van te doorboren lagen (bijvoorbeeld watervoerende pakketten) en het afwerken van de put (verbuizing, cementering) opdat lekkage naar of aantasting van omliggende gesteentelagen wordt voorkomen. ▪ Emissies: Het gaat hierbij om emissie <i>van</i> lucht, geluid, licht en afval en emissies <i>in</i> de bodem en in de lucht. ▪ Nemen van maatregelen om activiteiten zo veilig mogelijk uit te voeren. ▪ Goede kennis omtrent het gedrag van de stof in de ondergrond. Bij opslag in gasvelden is dit redelijk bekend omdat deze structuren al bewezen hebben over lange tijdsperioden gas vast te houden. <p>Vooraf voor aardgasbuffering geldt dat grote installaties nodig zijn, waardoor sprake kan zijn van invloed op de ruimtelijke kwaliteit en mogelijk ook andere effecten op mens, milieu en natuur, zoals geluidhinder.</p> <p>Bodemtrillingen kunnen in principe optreden bij de opslag (en buffering) van stoffen. De kans en omvang van de beving zijn sterk afhankelijk van de lokale situatie (geologie), het volume en de soort te injecteren stoffen en de snelheid waarmee dat gebeurt. Deze kans is niet gelijk aan de kans op beven bij winning (bijvoorbeeld in gasvelden).</p> <p>De kans op bodemtrillingen bij standaard aardwarmte-doublers in aquifers is zeer gering. Er is geen sprake van significante drukverandering of veranderingen in de ondergrond die tot lokale spanningen leiden. Bij injectie van water in actieve breuken kunnen mogelijk wel bevingen optreden.</p> <p>Permanente opslagen zijn per definitie niet opvolgbaar door andere functies. Alleen de opslag van formatiewater kan, in geval van een beperkte benutting van het volume, worden herbenut voor CO₂-opslag. Tijdelijke opslagen kunnen, wanneer ze leeg worden opgeleverd, worden herbenut voor andere doeleinden. In de praktijk gebeurt dit echter weinig gezien de investeringen die met de aanleg van bufferlocaties zijn gemoeid.</p>
Eenheden	<p>Deze factsheet is op hoofdlijnen ingevuld en omvat diverse gebruiksfuncties. Details over eenheden zijn niet nader uitgewerkt.</p>

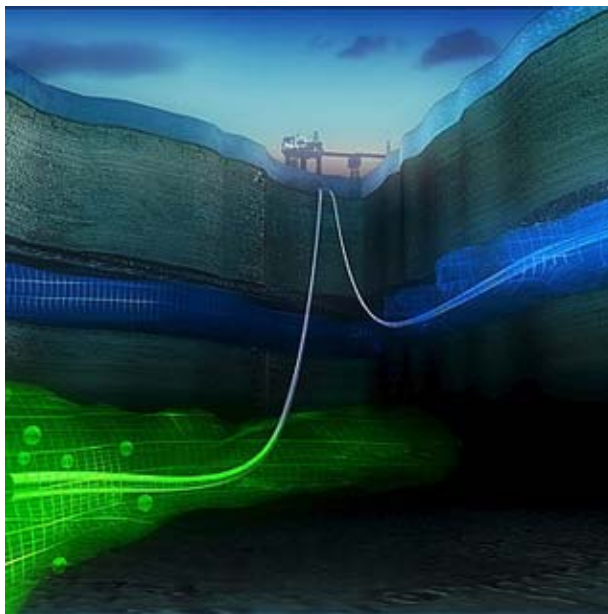
Economie	Deze factsheet is op hoofdlijnen ingevuld en omvat diverse gebruiksfuncties. Details over economie zijn niet nader uitgewerkt.
Klimaat	Deze factsheet is op hoofdlijnen ingevuld en omvat diverse gebruiksfuncties. Details over klimaat zijn niet nader uitgewerkt.
Wet- en regelgeving	<p><u>Mijnbouwwet</u>: Het ministerie van Economische Zaken (EZ) is bevoegd gezag voor vergunningverlening voor activiteiten in de diepe ondergrond.</p> <p><u>Omgevingswet</u>: EZ is ook bevoegd voor het verlenen van de omgevingsvergunning.</p> <p>Provincies hebben een adviesfunctie bij beide vergunningverleningen. Gemeenten zullen het bestemmingsplan moeten wijzigen in het kader van de Wro.</p>
Stand van zaken Flevoland 2012	In Flevoland is 1 gasveld geïdentificeerd, nabij Marknesse. De geotechnische eigenschappen van dit veld lijken niet gunstig voor hergebruik. Elders in Nederland liggen gasvelden die veel beter geschikt zijn voor hergebruik. Bovendien is het gasveld nog niet ontwikkeld. Wanneer de gaswinning zou starten, zal de productie jaren tot decennia duren. Hergebruik van het gasveld Marknesse lijkt dus onwaarschijnlijk, maar is op voorhand niet uit te sluiten en zal pas relevant worden na beëindiging van de gaswinning.
Visuele indruk	<i>Zie hierboven</i>

8. Opslag in aquifers

Algemeen	<p>Naast de lege gasvelden kan CO₂ ook worden opgeslagen in zogenaamde aquifers, dit zijn diepe waterhoudende lagen die door hun specifieke vorm en stapeling ook uitstekend CO₂ kunnen vasthouden. Het afvangen en transporteren van CO₂ is hetzelfde als bij CO₂ opslag in een leeg gasveld. Het verschil zit in de opslaglocatie. Vanuit de olie- en gasindustrie weten we in Nederland erg veel van de voorkomens in de Nederlandse ondergrond. Van aquifers is minder kennis beschikbaar, waardoor opslag van CO₂ zich in Nederland tot nu toe vooral richt op de opslag in gasvelden. Vooral op het gebied van injectiesnelheden, opslagcapaciteit en drukverloop tijdens de injectie zijn voorspellingen moeilijker te doen dan bij opslag in gasvelden.</p>
Effecten	<p><u>Bovengrond:</u> CO₂-afvanginstallaties zijn vrij omvangrijk, maar zullen doorgaans op het terrein van de CO₂-bron (bijvoorbeeld elektriciteitscentrales) komen te staan. De omvang van een injectielocatie is meestal beperkt en komt overeen met een aardgas productielocatie op land (1 á 2 hectare met lage bebouwing/buizen).</p> <p><u>Ondergrond:</u> Opslag van CO₂ in aquifers zal naar verwachting enkele mm's stijging veroorzaken. De druktoename is vrij gering en verdeeld zich over grotere gebieden. Bodemtrillingen kunnen in principe ook optreden bij de opslag van CO₂ in aquifers. De kans en omvang van de beving zijn sterk afhankelijk van de lokale geologische situatie, het volume dat geïnjecteerd wordt en de snelheid waarmee dat gebeurt. Deze kans is niet gelijk aan de kans op beven bij winning van aardgas.</p> <p><u>Interferentie:</u> Het relatief warme water in diepe aquifers kan ook worden ingezet voor de winning van geothermische energie. CO₂-opslag in aquifers kan daarom van invloed zijn op de mogelijkheden om geothermie te benutten.</p> <p><u>Gelijktijdige winning of opslag in gasvelden en winning of opslag in aquifers:</u> In deze gevallen kan er sprake zijn van drukbeïnvloeding tussen deze geologische eenheden.</p>
Eenheden	<p>De capaciteit van aquifers is veel groter dan dat van gasvelden. In Nederland hebben we veel kennis van gasvelden en daarbij vindt nog gaswinning plaats in veel gasvelden, waardoor (met het oog op drukbeoefening tussen aquifers en gasvelden) men zich richt op CO₂ opslag in gasvelden.</p> <p>In vergelijking met olie- en gasvelden, is de potentie van opslag in aquifers enorm. Aquifers komen over de hele wereld voor en de totale opslagcapaciteit van deze waterlagen is vele malen groter dan de opslagcapaciteit van olie- en gasreservoirs. Door deze potentie wordt verwacht dat CO₂-opslag in diepe aquifers een belangrijk element wordt van systemen wereldwijd voor het afvangen en opslaan van CO₂.</p>
Economie	<p>Het uitstoten van CO₂ is schadelijk voor het milieu en heeft daarom een prijs. Dit is geregeld in het emissiehandelsysteem (ETS). Momenteel is de CO₂-prijs echter te laag voor CCS;</p>

	<p>voor de meeste bedrijven is het uitstoten van CO₂ naar de atmosfeer de goedkoopste optie. Om CCS van de grond te krijgen moet er dus een hogere CO₂-prijs zijn (rond de 30-40 euro wordt veelal genoemd als richtbedrag). Vanuit Europa wordt gestreefd om CCS in 2020 als commerciële techniek beschikbaar te hebben, om te kunnen voldoen aan de klimaatdoelen. Doordat het ETS deze rol (nog) niet kan vervullen, zijn subsidies nodig.</p> <p>Een andere mogelijkheid is het invoeren van een CO₂-tax. Een bekend voorbeeld is het Sleipner-project van Statoil voor de kust van Noorwegen. Op deze plek wint Statoil aardgas met relatief hoge concentraties CO₂. Dit CO₂ wordt gescheiden van het aardgas en vanuit de winningslocatie direct weer in een diepe aquifer geïnjecteerd. De reden van deze ontwikkeling is dat Noorwegen een CO₂-tax heeft ingevoerd, waardoor het uitstoten van CO₂ naar de atmosfeer duurder is geworden dan het injecteren in een aquifer.</p>
Klimaat	<p>CCS wordt momenteel gezien als een interim oplossing voor de klimaatproblematiek, tot op grote schaal meer duurzame energiebronnen kunnen worden toegepast. Voorzien wordt, dat vanaf 2020 CO₂-opslag op industriële schaal zal gaan plaatsvinden. In het kader van het Energieakkoord Noord Nederland zijn afspraken gemaakt betreffende een eventuele realisatie van een CO₂-opslag en CO₂-emissiereductiedoelstellingen, waar mogelijk via afvang en opslag van CO₂.</p>
Wet- en regelgeving	<p>Voor opslag in aquifers zijn met name offshore locaties in beeld. In Europa is hiervoor onder andere het OSPAR-verdrag van belang.</p> <p><u>Mijnbouwwet:</u> Het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EZ) is bevoegd gezag voor vergunningverlening voor activiteiten in de diepe ondergrond.</p> <p><u>Omgevingswet:</u> EZ is ook bevoegd voor het verlenen van de omgevingsvergunning.</p> <p>Provincies hebben een adviesfunctie bij beide vergunningverleningen. Gemeenten zullen het bestemmingsplan moeten wijzigen in het kader van de Wro.</p>
Stand van zaken Flevoland 2012	<p>Er is voor opslag in aquifers geen beleid of plannen geformuleerd door de provincie Flevoland. De techniek is nieuw en nog niet uitontwikkeld. Er is nog veel onderzoek nodig. Ook van de geschikte aquifers is nog weinig bekend en ook nog weinig onderzoek naar gedaan.</p>

Visuele indruk



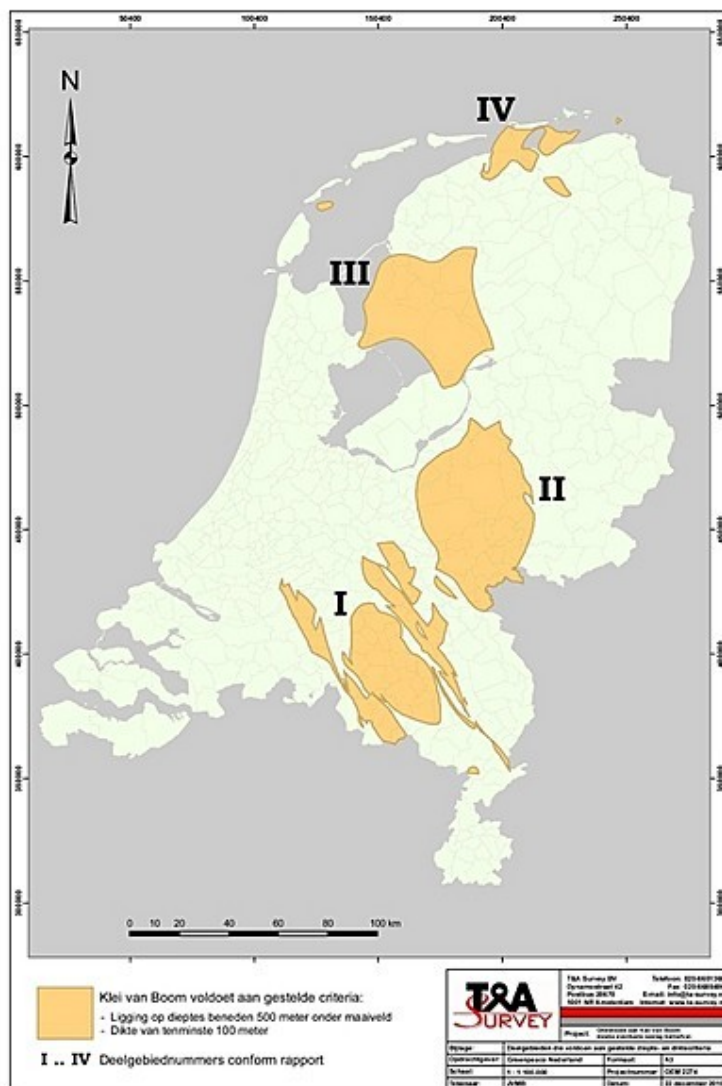
Illustratie van het Sleipner-project, waarbij CO2 wordt opgeslagen in een aquifer diep onder de Noordzee (bron: Statoil)

9. Opslag kernafval

Algemeen	<p>Radioactief materiaal kent vele toepassingen. Bekend zijn onder andere toepassingen in de medische wereld en het opwekken van elektriciteit. Door het gebruik van radioactief materiaal ontstaat radioactief afval. Hoewel de toepassing van radioactief materiaal zeer nuttig kan zijn, vormt het tegelijkertijd een risico voor mens en milieu. Door de eigenschappen van radioactieve deeltjes komt namelijk straling vrij, die zeer schadelijk kan zijn. De vrijkomende straling kan zeer lang aanhouden, in de orde van vele duizenden jaren voor sommige stoffen, waardoor de opslag van radioactief afval letterlijk een beladen dossier is.</p> <p>Radioactiviteit komt ook van nature voor, bijvoorbeeld als achtergrondstraling vanuit de ruimte en in stoffen in bijvoorbeeld de diepe ondergrond.</p> <p>In Nederland wordt kernafval voor minstens 100 jaar bovengronds opgeslagen. De Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) in Nieuwdorp (bij Vlissingen) is verantwoordelijk voor de opslag van kernafval. Opslag gebeurt in een speciaal gebouw: het Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslag Gebouw (HABOG).</p> <p>Tijdens deze periode wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheden gezocht voor een definitieve (ondergrondse) berging voor het afval. Dit onderzoek vindt plaats binnen het Nationaal OnderzoeksProgramma Eindberging Radioactief Afval (OPERA).</p> <p>Op dit moment is er geen enkel land dat een eindberging voor bestraalde splijtstof heeft. Nederland heeft hier nog geen beslissing over genomen. Wel is besloten dat eenmaal opgeborgen radioactief afval terug te halen moet zijn. Het kabinet komt uiterlijk in 2014 met een stappenplan voor de eindberging van radioactief afval.</p> <p>In OPERA worden zoutcavernes en kleilagen als opslaglocaties onderzocht. Voor opslag in klei is in Nederland de "Boomse klei" in beeld. Voor opslag zouden holle ruimten in de kleilagen gecreëerd moeten worden, waar de vaten met radioactief afval in geplaatst kunnen worden. De ondergrond is niet overal geschikt voor opslag, want de zout- en kleilagen moeten aan diverse geotechnische eigenschappen voldoen om in aanmerking te komen als opslaglocatie.</p>
Effecten	<p>Het is nog onduidelijk hoe een eindberging van kernafval er precies uit gaat zien. Mogelijke effecten kunnen daarom nog niet worden beschreven. Omdat de opslag 'voor eeuwig' is moet bijvoorbeeld ook rekening worden gehouden met mogelijk risico's die erg ver in de toekomst liggen, zoals ijstijden.</p>
Eenheden	<p>In Nederland wordt door de kerncentrale Borssele 4 Terawattuur (TWh) per jaar aan elektriciteit geproduceerd. Dat komt overeen met ruim 14 Petajoule (PJ, 1 TWh = 3.6 PJ, Peta = 10¹⁵) en is ca. 4% van het Nederlandse elektriciteitsverbruik in 2009.</p>

	<p>Op de website van Kennislink (www.kennislink.nl) staat het volgende over de hoeveelheid kernafval in Nederland:</p> <p><i>De totale hoeveelheid radioactief afval die Nederland produceert is relatief klein: nog geen duizend kubieke meter per jaar. Het gaat met name om laag- en middelradioactief afval, zoals handschoenen, laboratoriumglaswerk, kleding en injectienaalden. De hoeveelheid hoogradioactief afval, die voornamelijk uit de resten van de brandstof van kerncentrales bestaat, groeit met minder dan 1.5 kubieke meter per jaar; net iets meer dan tien (kleine) klike's. Bijna al het uranium dat bij de opwekking van kernenergie gebruikt wordt kan namelijk opnieuw de reactor in. Slechts vier procent kan niet worden hergebruikt. Het probleem is dan ook niet de hoeveelheid afval, maar de tijd die het duurt voor het onschadelijk is geworden. In het geval van het afval uit kerncentrales praten we dan over honderdduizend jaar, al worden er pogingen gedaan die tijd te bekorten. Want honderdduizend jaar is lang, erg lang: het is bijvoorbeeld honderdduizend jaar geleden dat de eerste Neanderthalers in Europa verschenen.</i></p>
Economie	Voor de eindberging van radioactief afval is een kostbaar opslagsysteem nodig.
Klimaat	Vanuit het oogpunt van CO ₂ -uitstoot is het gebruik van kernenergie relatief gunstig ten opzichte van het gebruik van andere fossiele brandstoffen zoals aardgas of steenkool.
Wet- en regelgeving	<p>Het Rijk ontwikkeld op dit moment een Structuurvisie Ondergrond (STRONG). Deze visie zal een kader vormen voor activiteiten in de ondergrond en de ordening daarvan. In STRONG zal aansluiting worden gezocht met OPERA, maar hoe dit exact zal plaatsvinden is momenteel nog niet duidelijk.</p> <p><u>Kernenergiewet:</u> Het ministerie van Economische Zaken (EZ) is bevoegd gezag voor vergunningverlening voor activiteiten in de diepe ondergrond.</p> <p><u>Omgevingswet:</u> EZ is ook bevoegd voor het verlenen van de omgevingsvergunning.</p> <p>Provincies hebben een adviesfunctie bij beide vergunningverleningen. Gemeenten zullen het bestemmingsplan moeten wijzigen in het kader van de Wro.</p>
Stand van zaken Flevoland 2012	Aangezien er geen zoutcavernes zijn in Flevoland en ook niet gecreëerd kunnen worden, wordt hier verder niet op in gegaan. Mogelijk zijn er wel geschikte kleilagen aanwezig.

Visuele indruk



Geschiede kleilagen in Nederland (bron: T&A survey)