

TNO-rapport

TNO-034-DTM-2009-05075

Beleidsanalyse voor de Potentieelstudie Diepe Ondergrond Noord Nederland – Confrontatie met het Provinciaal Omgevingsbeleid & Consequenties voor de Ondiepe Ondergrond

Datum	december 2009
Auteur(s)	Sonja Döpp (TNO) Muriel van der Kuip (TNO) Linda Maring (Deltares) Mike Duijn (TNO) Leslie Kramers (TNO)
Opdrachtgever	Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem (SKB)
Projectnummer	034.20400

Aantal pagina's 99 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Samenvatting

In deze rapportage is door middel van een bureaustudie, een beleidsanalyse uitgevoerd voor het technisch potentieel van de diepe ondergrond in Noord-Nederland geconfronteerd met het bestaande omgevingsbeleid van de drie noordelijke provincies Friesland, Groningen en Drenthe. De beleidsanalyse wordt per provincie uitgevoerd aan de hand van de beschikbare beleidsdocumenten (tot juli 2009) over het omgevingsbeleid, de diepe ondergrond, het bodem- en energiebeleid.

Eind vorig jaar is door IF Technology een onderzoek gepubliceerd waarin op hoofdlijnen dit technisch potentieel is beschreven (de Technische Potentieelstudie Diepe Ondergrond Noord-Nederland)¹. Aan de hand van de confrontatie tussen het voorgenomen omgevingsbeleid² en kennis van het potentieel van de ondergrond wordt een beeld geschetst van de match tussen ondergrondse potenties en bovengrondse ambities. Het doel van deze exercitie is om voor de drie noordelijke provincies een beleidsanalyse uit te voeren voor de Potentieelstudie voor de diepe ondergrond. De confrontatie van technisch potentieel en omgevingsbeleid is vervolgens vertaald naar consequenties voor de ondiepe ondergrond. Deze vertaalslag kan door de provincies benut worden voor het opstellen cq. nader uitwerken van de bodemvisies.

Het voorliggende rapport bespreekt de het technisch potentieel voor de volgende gebruiksfuncties in de diepe ondergrond: 1) zoutwinning, 2) aardgaswinning, 3) oliewinning, 4) geothermie, 5) CO₂-opslag, 6) gasopslag (Underground Gas Storage) en 7) persluchtopslag.

Naast het technisch potentieel van deze gebruiksfuncties zijn ook de mogelijke interferenties tussen deze functies vanuit een technische invalshoek in beeld gebracht. Daarbij is gekeken naar de volgende categorieën van interferenties:

- Beïnvloeding; verschillende gebruiksfuncties kunnen elkaar positief of negatief beïnvloeden,
- Concurrentie; tussen verschillende gebruiksfuncties moet een duidelijk afgewogen keuze gemaakt worden,
- Uitsluiting; een gebruiksfunctie sluit een andere gebruiksfunctie uit in de ruimte en/of in de tijd.

Voor gedetailleerde informatie over de bovengenoemde gebruiksfuncties en hun mogelijke interferenties wordt verwezen naar hoofdstuk 2 van deze rapportage, de paragrafen 2.2 t/m 2.8.

Het benutten van de gebruiksfuncties in de diepe ondergrond, ten behoeve van bovengrondse ruimtelijke ambities, kan mogelijk ook gevolgen hebben voor de bodemfuncties, cq. de ondiepe ondergrond. Samengevat komen deze mogelijke gevolgen neer op doorboring, bodemdaling en – trillingen en zetting van de bodem.

Naar een strategie voor het maken van afwegingen

Voor het benutten van de potenties van de diepe ondergrond in relatie tot de ruimtelijke ambities van de drie provincies, is het raadzaam om een strategie op hoofdlijnen te formuleren. Deze strategie helpt bij het maken van afwegingen voor het benutten en

¹ IF Technology in samenwerking met TNO en SNN, 2008, Technische Potentieelstudie Diepe Ondergrond Noord-Nederland, 1/58211/MvA.

² Zie tabel 1.1 voor de relevante beleidsdocumenten inzake het provinciale omgevingsbeleid.

faseren van de ondergrondse potenties en de afstemming van tussen deze potenties en het (voorgenomen) omgevingsbeleid in de drie provincies. We stellen de volgende strategie voor:

1. Het ruimtelijk-geografisch afstemmen van aanbod en vraag. Met aanbod wordt bedoeld de ondergrondse potentie(s) en met vraag de bovengrondse gebruiksfunctie(s);
2. Het realiseren van de ambities met de diepe ondergrond volgens het organisatieprincipe “provinciaal (lokaal / decentraal) wat kan, interprovinciaal wat moet”;
3. Het benutten van de potenties van de ondergrond volgens een gefaseerde opzet. Daarin wordt het beschikbaar komen van de potenties gekoppeld aan het ontwikkelingstempo van de bovengrondse gebruiksfuncties.

We verwachten dat door het hanteren van deze strategie de potentiële gebruiksfuncties in de diepe ondergrond op een zo duurzaam mogelijke manier ten goede komen aan bovengrondse, maatschappelijke behoeften en ambities.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	3
1	Inleiding en Werkwijze	7
1.1	Leeswijzer.....	8
2	Diepe ondergrondfuncties en mogelijke interferenties	11
2.1	Inleiding.....	11
2.2	Zoutwinning.....	12
2.3	Aardgaswinning	16
2.4	Oliewinning	19
2.5	Geothermie	21
2.6	CO ₂ -opslag.....	24
2.7	Aardgasopslag (Underground Gas Storage, UGS)	29
2.8	Persluchttopslag.....	33
2.9	Consequenties voor ondiepe ondergrond.....	35
3	Potentieel van de Diepe Ondergrond en het Omgevingsbeleid in de drie Noordelijke Provincies	37
3.1	Inleiding.....	37
3.2	Fryslân	37
3.3	Drenthe	46
3.4	Groningen	54
4	Het optimaal benutten van de gebruiksfuncties in de diepe ondergrond: Voorstel voor een strategie	63
4.1	Inleiding.....	63
4.2	Ruimtelijk-geografische afstemming van aanbod en vraag.....	64
4.3	‘Provinciaal wat kan, interprovinciaal wat moet’ als organisatieprincipe	66
4.4	Bij het benutten van de ondergrond rekening houden met tijdsfactor	68
4.5	Het gezamenlijk ontwikkelen van kennis over het benutten van de diepe ondergrond .	69
5	Referenties	71
6	Ondertekening	73
	Bijlage(n)	
	A Overlap gewenst gebruik met bestaand gebruik en toekomstig gebruik	
	B Overzicht mogelijke effecten van (chemische biotische, etc.) veranderingen op de functies van de bodem.	
	C Mogelijke kansen/effekten winning delfstoffen (diepe ondergrond)	
	D Effecten van aanbrengen put/buis	
	E Effecten van workover van verlaten putten (putreparatie)	
	F Zoutwinning	
	G Aardgaswinning	
	H Oliewinning	
	I Geothermie	
	J CO ₂ -opslag	
	K Kaarten Beschermingsgebieden Provincies	

1 Inleiding en Werkwijze

In deze rapportage is door middel van een bureaustudie een beleidsanalyse gemaakt van het technisch potentieel van de diepe ondergrond in Noord-Nederland geconfronteerd met het bestaande omgevingsbeleid – en dan met name het ruimtelijke beleid – van de drie noordelijke provincies Friesland, Groningen en Drenthe. Deze analyse wordt per provincie uitgevoerd aan de hand van de beschikbare beleidsdocumenten (tot juli 2009). Tabel 1.1 geeft een overzicht van de in deze studie gebruikte bronnen die ten tijde van het onderzoek tot onze beschikking stonden.

Tabel 1.1 Overzicht beleidsdocumenten per provincie

	Drenthe	Fryslân	Groningen
Omgevingsbeleid	POPII Reikwijdte&Detailniveau notitie opgesteld tbv de Plan-MER voor het nieuwe Omgevingsbeleid	Streekplan 2007-2010	POP2009-2013
Bodem	Bodemvisietraject loopt momenteel	Bodemvisietraject wordt momenteel herijkt.	Bodemvisietraject loopt momenteel – eindversie gereed (dec 2009): Bodem- en Ondergrondvisie Groningen
Diepe ondergrond	Technische potentieelstudie Diepe Ondergrond Concept-notitie Reikwijdte&Detailniveau – structuurvisie voor de ondergrond Beleidsnotitie ondergrond Drenthe	Technische potentieelstudie Diepe Ondergrond	Technische potentieelstudie Diepe Ondergrond CCS-traject als prioritaire invulling diepe ondergrond?
(Energie / klimaat)	Energieakkoord NN CCS in NN, PvA Programma Klimaat & Energie – Actieplan 2009	Energieakkoord NN CCS in NN, PvA Programmaplan Duurzame Energie – Fryslân geeft energie	Energieakkoord NN CCS in NN, PvA

Naast de beleidsdocumenten wordt bestaande kennis ingezet om het technisch potentieel van de ondergrond in de drie Noordelijke Provincies te beschrijven. Eind vorig jaar is door IF Technology een onderzoek gepubliceerd waarin op hoofdlijnen dit technisch potentieel is beschreven (de Technische Potentieelstudie Diepe Ondergrond

Noord-Nederland)³. Deze Potentieelstudie Diepe Ondergrond dient als basis voor de analyse. In deze rapportage zal deze studie aangeduid worden met ‘de Potentieelstudie’. In de Potentieelstudie is onderzocht welke technische mogelijkheden de diepe ondergrond van Noord-Nederland biedt voor:

- *winning* van delfstoffen aardgas, olie en zout, en de winning van aardwarmte (geothermie);
- *opslag* van CO₂, (aard)gas en gecomprimeerde lucht in lege gasvelden en zoutcavernes;
- *verwijdering* van afvalstoffen door deze in zoutcavernes op te slaan.

Daarnaast is in de Potentieelstudie gekeken naar het bestaan van mogelijke interferenties en/of synergie tussen de verschillende beschreven gebruiksfuncties. Om meer inzicht te geven in welke interferenties en/of synergie er mogelijk kunnen voorkomen, is de bureaustudie aangevuld met algemene kennisbronnen over de ondergrond en met state of the art expertkennis van de business unit Geo-energie en Geo-informatie van TNO Bouw en Ondergrond. Een technische evaluatie van interferentie en/of synergie is echter nog niet mogelijk, aangezien dit alleen mogelijk is in concrete situaties, op basis de benodigde locatie-afhankelijke kennis. De voorliggende analyse is daarom een eerste aanzet naar een overzicht en is een eerste stap gemaakt om meer inhoudelijke diepgang te geven aan de informatie uit de Potentieelstudie.

Aan de hand van de confrontatie tussen het voorgenomen omgevingsbeleid⁴ en kennis van het potentieel van de ondergrond wordt een beeld geschetst van de match tussen ondergrondse potenties en bovengrondse ambities. Het doel van deze exercitie is om voor de drie noordelijke provincies een beleidsanalyse uit te voeren voor de Potentieelstudie voor de diepe ondergrond. De confrontatie van technisch potentieel en omgevingsbeleid is vervolgens vertaald naar consequenties voor de ondiepe ondergrond. Deze vertaalslag kan door de provincies benut worden voor het opstellen cq. nader uitwerken van de bodemvisies.

In overeenstemming met de Potentieelstudie wordt de opslag van afval in deze beleidsanalyse buiten beschouwing gelaten. Alle potentieelkaarten voor de diepe ondergrond zoals gebruikt in deze rapportage zijn afkomstig uit de Potentieelstudie.

1.1 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 gaat in op de “werking” van gebruiksmogelijkheden van de diepe ondergrond en beschrijving van interferenties, ingrepen en effecten zoals beschreven in de literatuur.

In Hoofdstuk 3 wordt het (ruimtelijk) beleid van de drie noordelijke provincies beschreven en wordt dit geconfronteerd met potenties voor de diepe ondergrond. Tevens zijn de consequenties van deze confrontatie voor de ondiepe ondergrond in beeld gebracht.

In Hoofdstuk 4 wordt gekeken naar de potenties die de provincies bij voorkeur in gezamenlijkheid kunnen oppakken en welke zij beter zelfstandig van elkaar kunnen

³ IF Technology in samenwerking met TNO en SNN, 2008, Technische Potentieelstudie Diepe Ondergrond Noord-Nederland, 1/58211/MvA.

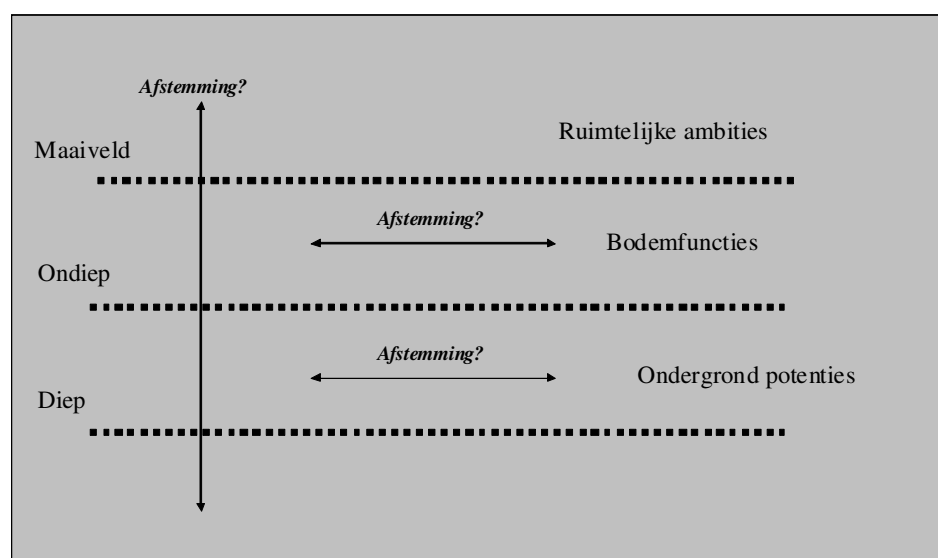
⁴ Zie tabel 1.1 voor de relevante beleidsdocumenten inzake het provinciale omgevingsbeleid.

benutten. Ook wordt er een voorstel gedaan voor een strategie waarmee provincies de gebruiksfuncties in de diepe ondergrond, zo optimaal mogelijk kunnen benutten.

2 Diepe ondergrondfuncties en mogelijke interferenties

2.1 Inleiding

De potentiële gebruiksfuncties in de diepe ondergrond bevinden zich op verschillende diepten en op geografische locaties ten opzichte van elkaar. Een zo optimaal mogelijke benutting van de gebruiksfuncties in de diepe ondergrond vraagt om een goede onderlinge afstemming. Afstemming tussen verschillende gebruiksfuncties vindt plaats zowel in het horizontale als in het verticale vlak. Met horizontale afstemming wordt bedoeld de afstemming van gebruiksfuncties in de diepe ondergrond onderling. Verticale afstemming is de afstemming van gebruiksfuncties van de ondergrond met de gebruiksfuncties in de ondiepe bodem en bovengronds. Interferentie ontstaat daar waar de verschillende functies elkaar in zekere mate overlappen in de ruimte en/of in de tijd. Het vraagstuk van horizontale en verticale afstemming is als volgt verbeeld:



Figuur 2.1: afstemming tussen ruimtelijke ambities, bodemfuncties en potenties in de diepe ondergrond

Interferentie wordt in dit hoofdstuk bekeken vanuit een technische invalshoek en kan het volgende inhouden:

- Beïnvloeding; verschillende gebruiksfuncties kunnen elkaar positief of negatief beïnvloeden,
- Concurrentie; tussen verschillende gebruiksfuncties moet een duidelijk afgewogen keuze gemaakt worden,
- Uitsluiting; een gebruiksfunctie sluit een andere gebruiksfunctie uit in de ruimte en/of in de tijd.

De ondergrondfuncties in de diepe ondergrond die in dit hoofdstuk in beschouwing worden genomen en apart zullen worden behandeld, betreffen:

- Zoutwinning,
- Aardgaswinning,
- Oliewinning,

- Geothermie,
- CO₂-opslag,
- Gasopslag (Underground Gas Storage),
- Persluchtopslag.

Per diepe ondergrondfunctie worden de volgende onderwerpen behandeld:

- De achtergrond van de techniek,
- De potentie in Noord Nederland (zoals in De Potentieelstudie is weergegeven),
- Mogelijke effecten van toepassing van de techniek,
- Mogelijke interferenties (per laag/formatie) van de diepe ondergrondfunctie met andere diepe ondergrondfuncties,
- Mogelijke interferenties met de ondiepe ondergrond en de waterlaag,
- Mogelijke interferenties met bovengrondse functies (occupatielaag), en
- De maatschappelijke baten van de diepe ondergrondfunctie.

De kennis die hiervoor gebruikt is komt deels uit de Potentieelstudie. Ook zijn resultaten uit andere (wetenschappelijke) onderzoeken die gepubliceerd zijn in de vrij toegankelijke literatuur gebruikt. In Bijlage C t/m K wordt deze per gebruiksfunctie weergegeven. De onderzoeken waaraan gerefereerd wordt zijn veelal een eerste inventarisatie geweest naar de interferenties tussen de verschillende gebruiksfuncties van de ondergrond. Aangezien onderzoek naar deze onderwerpen nieuw is, kan nog geen gegarandeerd compleet beeld van alle interferenties die kunnen ontstaan worden gegeven. Dit betekent dus dat dit hoofdstuk een eerste inzicht geeft van deze mogelijke interferenties en zeker niet als compleet mag worden beschouwd. Nader onderzoek kan een meer compleet technisch-inhoudelijk beeld geven van de mogelijke interferenties tussen gebruiksfuncties onderling, zowel diep als ondiep en in de tijd. Bovendien is er weinig bekend over de invloed van (diepe)gebruiksfuncties op de natuurlijke functies van de bodem (bijlage B).

2.2 Zoutwinning

2.2.1 *Techniek zoutwinning*

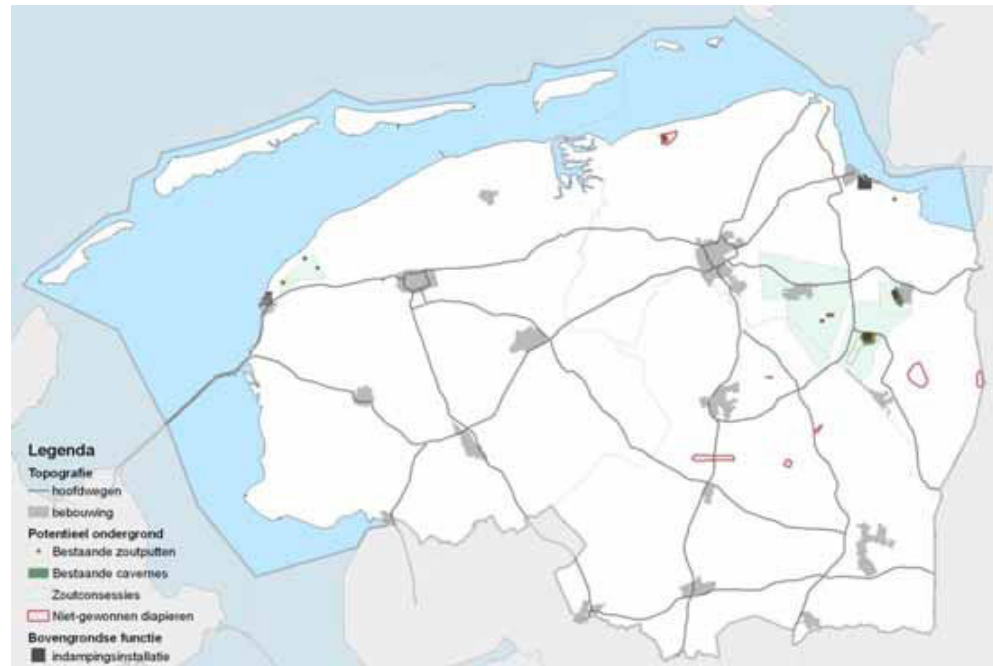
Zoutwinning vindt in Noord-Nederland plaats in zoutlagen op verschillende diepten. Zout kan op relatief ondiepe plaatsen worden gewonnen uit een zoutkoepel (diapier) op een diepte tussen 500 tot 1400 meter. Deze komen zowel in Groningen als in Drenthe voor. In Friesland wordt op grotere diepten (2500 – 3000 m) uit vlak liggende lagen en uit zogenaamde zoutkussens⁵ zout gewonnen.

Om zout te produceren wordt een put geboord met twee buizen⁶. Door de buitenste buis wordt water het zout in gepompt. Tegenwoordig wordt bij de productie van pekkel gebruik gemaakt van één toegangsboring per caverne waarbij injectie en onttrekking door concentrische buizen plaatsvindt. De injectie van water vindt bovenin de caverne plaats en de onttrekking van pekkel onderin, waardoor het injectie water tijdens het doorstromen in de caverne het aanwezige steenzout oplost. Hierbij wordt ongeveer 25-40 m³/uur vloeistof rondgepompt in de caverne. De pekkel wordt via leidingen

⁵ Zoutkussens zijn lokale verdikkingen van het zout als gevolg van plastische deformatie (vloeien van het zout, als gevolg van druk en temperatuur) die niet heeft geleid tot een diapier/zoutkolom.

⁶ Het gaat hier om zg. concentrische buizen.

getransporteerd naar de indampingsinstallatie. Om te zorgen dat de caveerne niet naar boven groeit, wordt een dekenvloeistof gebruikt. Dit is een vloeistof met een lagere dichtheid dan water waardoor het bovenin de caveerne blijft liggen. Hierdoor wordt het zout boven de dekenvloeistof afgeschermd van het geïnjecteerde water en kan het daarin niet oplossen.



Figuur 2.2 Potentieel zoutwinning diapieren (bron: De Potentieelstudie)

2.2.2 Mogelijke effecten van zoutwinning

- Bodemdaling

Bij zoutwinning bestaat de kans op (gelijkmatige) bodemdaling. Hoe dieper het zout gewonnen wordt hoe groter de kans is dat een ontstane caveerne inzakt en zodoende bodemdaling veroorzaakt. Bodemdaling is niet omkeerbaar. Wel wordt de caveerne zoveel mogelijk op druk gehouden door het injecteren van productiewater en dit achter te laten na beëindiging van de productie.

- Seismiciteit

Bij diepe zoutwinning is mogelijk kans op bodemtrillingen langs bestaande breuklijnen. Op de kaart in figuur 2.2 zijn deze breuklijnen niet weergegeven.

- Verstoring bodemlagen

Bij zoutwinning worden verschillende bodemlagen doorboord, met de daarbij behorende potentiële verstoring van de bodemopbouw,⁷ en wordt er water geïnjecteerd en (zout water) geproduceerd. De mogelijke effecten van beide processen zijn weergegeven in bijlage C.

⁷ Alhoewel de verstoring van de bodemopbouw door het boren van een gat van maximaal 16 inch verwaarloosbaar geacht mag worden.

2.2.3 *Functiecombinaties/conflicten zoutwinning met andere diepe ondergrondfuncties*

Voor zoutwinning is interferentie van gewenst gebruik met bestaand en toekomstig gebruik in de diepe ondergrond mogelijk met (zie Bijlage A):

- Aardgas- en oliewinning;
- Aardwarmtewinning voor warmte- en elektriciteitsopwekking;
- Gasopslag (bijv. CO₂-opslag, tijdelijke aardgas- en H₂ opslag in aardgasvelden, cavernes en in aquifers⁸);
- Warmte-koude opslag (hierna afgekort tot WKO).

Het gaat hierbij om ruimtelijke overlap tussen de verschillende ondergrondse potentiële (ruimte) omdat deze op dezelfde diepte dicht bij elkaar of boven elkaar gelegen zijn. In die gevallen kan gelijktijdige winning elkaar beïnvloeden⁹, zoals door drukverschillen, extra bodemdaling, doorbraak van geherinjecteerd water of putten die niet rechtstreeks geboord kunnen worden doordat deze dan door een ander potentieel zou lopen¹⁰. Vanaf een bepaalde afstand kunnen velden elkaar niet meer beïnvloeden. Hoe groot deze afstand is zal verder onderzoek moeten uitwijzen. Aangenomen mag worden dat de mate van beïnvloeding per gebruiksfunctie verschilt.

Ten tijde van zoutwinning kan de gecreëerde ruimte niet worden gebruikt voor opslag voor bijvoorbeeld gas. Na de zoutwinning is dit wellicht wel mogelijk. Per caverne zal echter onderzocht moeten worden of deze de vereiste stabiliteit hebben voor de beoogde gebruiksfunctie, denk hierbij bijvoorbeeld aan de dikte van het plafond en de wanden. Zoals eerder is aangegeven wordt permanente CO₂ opslag in uitgeproduceerde zoutcavernes wel als mogelijkheid gezien, maar de volumes zijn over het algemeen zo laag dat deze techniek, in het kader van CCS (Carbon Capture and Storage), niet zal worden toegepast. Als na beëindiging van de zoutwinning de infrastructuur verwijderd is, zal voor opslag een nieuwe put¹¹ geboord moeten worden. Er zal een afweging gemaakt moeten worden in hoeverre dit gewenst is en welke interferenties dit zal veroorzaken.

Zoutwinning vindt alleen plaats in de Zechsteinlaag in Noord-Nederland. Bekeken vanuit het oogpunt van zoutwinning blijkt uit de Potentieelstudie dat er geen interferenties in de Zechstein-laag zijn. Er bestaat mogelijk synergie met aardgas- en perslucht opslag.

⁸ watervoerende laagpakket

⁹ Deze invloed kan zowel positief als negatief van aard zijn.

¹⁰ Dit is overigens geen wet van Meden en Perzen: er zijn meerdere velden in Nederland waar door een ondiep gasveld geboord wordt naar een diepere gelegen gasveld (o.a. in Tietjerkstradeel).

¹¹ Een oude put moet bij wet afgesloten worden. Dit wordt gedaan door cementproppen in de put te plaatsen. Het is technisch mogelijk om oude putten weer bruikbaar te maken. Per put zal overwogen moeten worden of dit financieel haalbaar is of dat het boren van een nieuwe put vanuit economisch oogpunt interessanter is. Bij een nieuwe put kan bovendien gebruik gemaakt worden van de laatste technieken.

Tabel 2.1 Functiecombinaties/conflicten Zechstein Groep

Tabel 3.2 Functiecombinaties/conflicten Zechstein Groep

		winning				opslag		verwijderen	
		zout	gas	geo-warmte	geo-elektrisch	gas	perslucht	CO ₂	afval
winning	zout								
	gas								
	geo-warmte								
	geo-elektrisch								
opslag	gas								
	perslucht								
verwijderen	CO ₂								
	afval								

■ = conflicterend; ■ = synergievoordeel; ■ = geen interferentie.

2.2.4 *Interferenties zoutwinning met ondiepe ondergrond en de waterlaag*

Effecten van zoutwinning op de ondiepe ondergrond kunnen worden veroorzaakt door het doorboren van de verschillende lagen. Met (beschermd) waterwingebieden, WKO installaties, kabels en leidingen, tunnels, etc. moet rekening gehouden worden wanneer een boring wordt gepland. Mogelijke bodemdaling heeft tevens effect op de ondiepe ondergrond. Bodemdaling kan resulteren in een wijziging van de grondwaterstand en een veranderde waterhuishouding. Deze verandering kan gevolgen hebben voor de bodemecosystemen. Tevens kunnen boven- of ondergrondse verontreinigingen de bodemecosystemen beïnvloeden, eventueel versterkt door bodemdaling.

2.2.5 *Relatie zoutwinning met occupatielaag*

Effecten van zoutwinning op de bovengrondse functies zijn effecten ten tijde van zoutwinning en na beëindiging van de zoutwinning. Ruimtelijk bekeken zijn voor het produceren en verwerken van het zout bovengronds de ligging van de put, de installaties voor indamping en de pekelleidingen van belang. Ten tijde van zoutwinning kan de gebruikte ruimte bovengronds (voor de put, verdampingsinstallatie, pekelleidingen) niet gebruikt worden voor andere gebruikdoeleinden. Nadat de zoutwinning is beëindigd wordt de put afgesloten en de installaties verwijderd. Na beëindiging van de lopende vergunning, verwijdering van installaties of ontstane verontreinigingen en na goedkeuring van een beslissende instantie, kan in principe de bovengrondse ruimte heringericht worden voor andere doeleinden.

Er is geen directe ruimtelijke relatie tussen de locatie van de zoutwinning en de gebruikers van het zout. Het zout zal veelal vervoerd worden via weg- of waterverkeer.

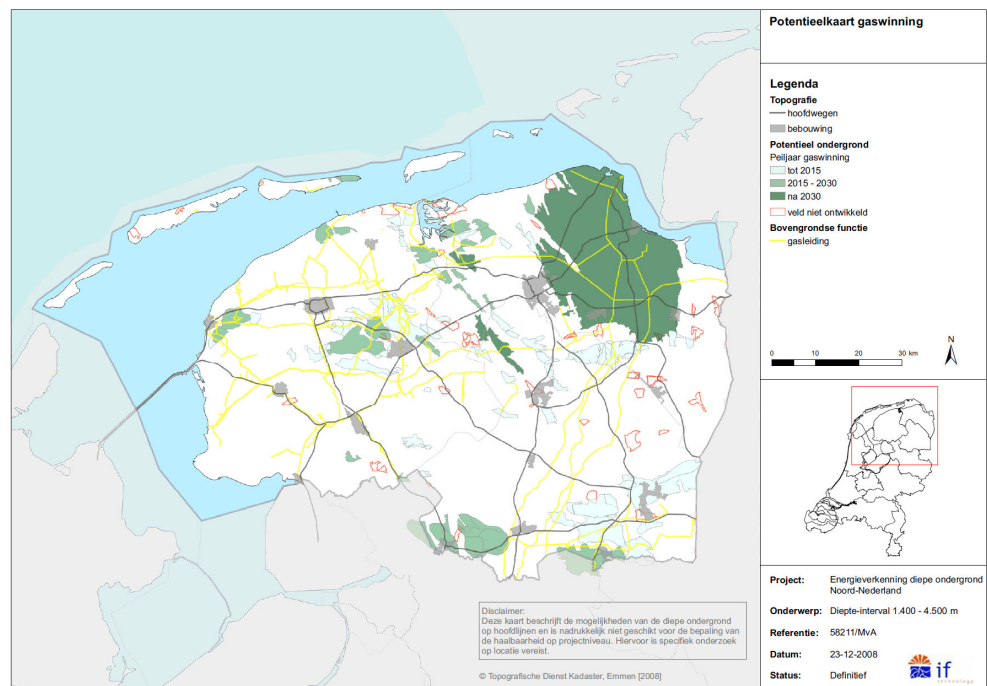
2.2.6 *Maatschappelijke kansen zoutwinning*

Zout wordt gebruikt voor consumptie, als bewaarmiddel voor o.a. voedsel, voor gladheidbestrijding en voor technische doeleinden zoals in de metaalraffinage. De winning van zout levert belangrijke grondstoffen op voor de samenleving en de industrie. Daarnaast creëert de zoutwinning in Noord-Nederland werkgelegenheid.

2.3 Aardgaswinning

2.3.1 *Techniek aardgaswinning*

Aardgas (en olie) komen onder invloed van een hoge druk en temperatuur vrij uit organisch rijk gesteente (bijvoorbeeld plantenresten of algen). Door de lagere dichtheid van de olie of het gas ten opzichte van het aanwezige water stijgt het omhoog door de bovenliggende lagen. Deze opstijging (migratie) van aardgas (en olie) kan worden gestuit door ondoordringbare lagen in de ondergrond, waardoor gas en olievelden ontstaan. Het ontstaan van een veld en de grootte daarvan hangt af van de details van de geologie. Een veld kan aangeboord worden waardoor het aardgas gewonnen kan worden. Aardgaswinning komt voor in verschillende formaties.



Figuur 2.3 Potentieelkaart aardgaswinning (bron: De Potentieelstudie)

2.3.2 *Mogelijke effecten van aardgaswinning:*

- Bodemdaling

Door de aardgaswinning in het noorden van Nederland is de druk in de gasreservoirs afgenomen. Reservoirs kunnen hierdoor iets in elkaar worden gedrukt; de bovenliggende lagen komen dieper te liggen. Aan het oppervlak kan er daardoor plaatselijk sprake zijn van bodemdaling. In de noordelijke Provincies is de bodemdaling het grootst in het centrum van het Groningenveld, maar ook in andere delen van Noord Nederland is sprake van significante daling (NAM, 2005). Bodemdaling is in principe onomkeerbaar. Verwacht wordt dat bodemdaling gecompenseerd kan worden door tijdelijke injectie van aardgas of permanente opslag van CO₂.

- Seismiciteit

Als gevolg van spanningsveranderingen in de diepe ondergrond door aardgaswinning, kunnen bodemtrillingen voorkomen. De mate van trilling is afhankelijk van de productie, de geologische structuur van de ondergrond en de bodem (zoals veenlagen).

- Verstoring bodemlagen als gevolg van boren

Bij aardgaswinning worden verschillende bodemlagen doorboord, met de daarbij behorende effecten (verstoring bodemopbouw). Eventueel wordt water geïnjecteerd om de gasproductie te stimuleren. De mogelijke effecten van deze processen zijn weergegeven in Bijlage H.

2.3.3 *Functiecombinaties/conflicten aardgaswinning met andere diepe ondergrondfuncties*

Voor aardgaswinning is interferentie van gewenst gebruik met bestaand en toekomstig gebruik in de diepe ondergrond mogelijk met (zie Bijlage A):

- Zoutwinning;
- Aardoliewinning;
- Diepe aardwarmtewinning;
- CO₂-opslag;
- Aardgasopslag;
- WKO.

De mogelijke interferenties van aardgaswinning met de gebruiksfuncties van de diepe ondergrond, tussen gebruiksfuncties in de diepe en ondiepe ondergrond en tussen de gebruiksfuncties in de ondiepe ondergrond en de bovengrond, zijn gelijk aan die van zoutwinning zoals besproken in paragraaf 2.2.2 en in bijlage G. In het geval van aardgaswinning kan echter wel tegelijk olie en gas worden geproduceerd. Tevens zal bij aardgaswinning geen caverne ontstaan aangezien aardgas uit poriën van gesteenten wordt gewonnen. De ondergrondse ruimte die door de winning van aardgas en/of olie vrijkomt, kan gebruikt worden voor de opslag van gassen (denk aan aardgas of CO₂). Een leeggepompt aardgasveld heeft per definitie een goede afsluitende laag –anders was er nooit een gasreservoir geweest- en heeft een groter volume in vergelijking met zoutcavernes. De grote aardgasvelden worden na gebruik mogelijk interessant voor permanente CO₂-opslag. Kleinere velden zijn doorgaans meer geschikt voor tijdelijke gasopslag vanwege kleinere hoeveelheden benodigd kussengas.

Aardgaswinning komt in Noord-Nederland voor in de carbonaatreservoirs in het Zechstein en zandsteen van de Rijnland Groep, de Hoofd Bontzandsteen Groep en het Boven-Rotliegend Groep. In de laatste drie lagen kan aardgaswinning conflicteren met geothermie, terwijl aardgas- en CO₂-opslag de aardgaswinning kunnen opvolgen. In de overige groepen in de ondergrond zijn geen conflicten met aardgaswinning en is er een mogelijk synergievoordeel met opslag van aardgas en CO₂ (De Potentieelstudie).

Tabel 2.2 Functiecombinaties/conflicten Rijnland Groep

Tabel 3.3 Functiecombinaties/conflicten Rijnland groep

		winning				opslag		verwijderen	
		zout	gas	geo-warmte	geo-elektrisch	gas	perslucht	CO ₂	afval
winning	zout	■	■	■	■	■	■	■	■
	gas	■	■	■	■	■	■	■	■
	geo-warmte	■	■	■	■	■	■	■	■
	geo-elektrisch	■	■	■	■	■	■	■	■
opslag	gas	■	■	■	■	■	■	■	■
	perslucht	■	■	■	■	■	■	■	■
verwij- deren	CO ₂	■	■	■	■	■	■	■	■
	afval	■	■	■	■	■	■	■	■

■ = conflicterend; ■ = synergievoordeel; ■ = geen interferentie.

2.3.4 *Interferentie aardgaswinning met ondiepe ondergrond en de waterlaag*

Effecten van gaswinning op de ondiepe ondergrond worden tijdens de aanleg veroorzaakt door het doorboren van de verschillende lagen. Voor effecten zie zoutwinning: zie paragraaf 2.2.2 en in bijlage G. Met (beschermd) waterwingebieden, WKO installaties, kabels en leidingen, tunnels, etc. moet rekening gehouden worden wanneer een boring wordt gepland.

Aardgaswinning kan ook leiden tot bodemdaling en bodemtrillingen met mogelijke schade aan bovengrondse constructies, zoals woningen, wegen. Ondergrondse constructies zijn daarnaast gevoelig voor differentiële verschuivingen, veroorzaakt door ongelijkmatige bodembeweging.

2.3.5 *Relatie aardgaswinning met occupatielaag*

Het produceren van aardgas wordt gedaan door middel van een of meerdere geboorde putten. Het aantal putten is afhankelijk van de eigenschappen van het gesteente en van economische overwegingen. Op het aardoppervlak zal hiervoor ruimte moeten worden vrijgemaakt voor de boring en om de put aansluiting en de pijpleidingen op te stellen. Desnoods kan gebruik gemaakt worden van een gaswasinstallatie¹². De boring wordt bij voorkeur niet uitgevoerd in de buurt van intensieve bebouwing. Om het bovengrondse ruimtegebruik te beperken wordt vaak een devierende boring geplaatst¹³. Dat wil zeggen dat er onder een hoek geboord wordt. Er worden echter al zeer hoge eisen gesteld aan de installaties voor aardgaswinning om explosiegevaar tot een minimum te beperken, zowel vanuit nationale en regionale wet- en regelgeving als door de productie operator zelf.

Nadat de aardgaswinning is beëindigd wordt de put afgesloten, de installaties verwijderd alsmede de eventuele ontstane verontreinigingen. Na goedkeuring van een beslissende instantie wordt de lopende vergunning beëindigd en kan in principe de bovengrondse ruimte gebruikt worden voor andere doeleinden. Ook kan de bestaande

¹² Dit is voornamelijk afhankelijk van de samenstelling van het aardgas.

¹³ Overigens is een intensieve bebouwing niet het enige motief voor een devierende boring. Denk bijvoorbeeld aan het ontzien van natuurwaarden in een bepaald gebied.

infrastructuur deels hergebruikt worden voor gasopslag of CO₂-opslag, als deze bestemming voor het gasveld is gekozen.

Er is geen directe (ruimtelijke) relatie tussen de locatie van gaswinning en de gebruikers van het gas, al zal om gas te vervoeren wel infrastructuur nodig zijn die bovengronds en ondergronds interferentie kan veroorzaken (zoals voor het weg-spoorverkeer, ondergrondse leidingennetwerk). Echter, doordat in Nederland een uitgebreide gasinfrastructuur aanwezig is, zullen geen grootschalige netwerken benodigd zijn en zal er daardoor geen significante interferentie ontstaan.

Ten tijde van gaswinning kan de gebruikte ruimte bovengronds voor de put, eventuele gaswasinstallatie en gasleidingen niet gebruikt worden voor andere gebruiksdoeleinden.

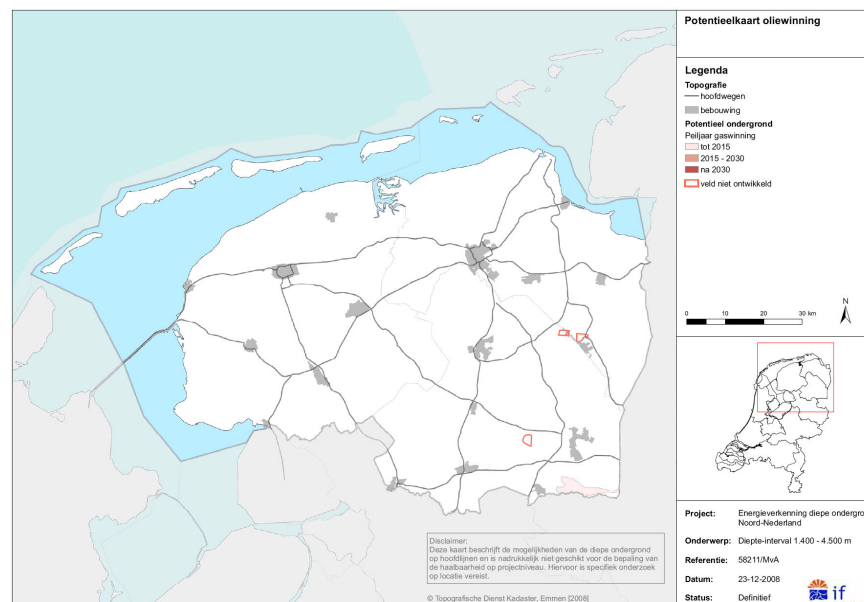
2.3.6 *Maatschappelijke baten gaswinning*

Omdat in Nederland grote hoeveelheden aardgas voorkomt in de ondergrond is het een belangrijk product van en voor onze maatschappij. Deze fossiele brandstof wordt gebruikt voor onder andere verwarming, elektriciteitsproductie, vervoer en heeft het gebruik van kolen voor onze energieproductie aanzienlijk verminderd. Gaswinning zorgt voor grondstoffen voor de (internationale) maatschappij en het creëren van werkgelegenheid. Voor de Nederlandse economie is aardgas een zeer belangrijk product.

2.4 Oliewinning

2.4.1 *Techniek oliewinning*

De techniek voor oliewinning komt overeen met die van aardgas. Informatie hierover is te vinden in paragraaf 2.3.1.



Figuur 2.4 Potentieelkaart oliewinning (bron: De Potentieelstudie)¹⁴

¹⁴ We merken hierbij op dat de legenda in deze figuur niet correct het. Er wordt in de legenda gesproken over gaswinning terwijl het hier om oliewinning gaat. De figuur is overgenomen uit de Potentieelstudie en kan niet door ons aangepast worden.

2.4.2 *Mogelijke effecten van oliewinning*¹⁵

- Bodemdaling

Bij oliewinning is er sprake van drukvermindering in het reservoir waardoor aan het oppervlak bodemdaling op kan treden. Bodemdaling is in principe onomkeerbaar maar verwacht wordt dat bodemdaling gecompenseerd kan worden door herinjectie van productiewater (brine), tijdelijke injectie van aardgas of permanente opslag van CO₂.

- Verstoring bodemlagen als gevolg van boren

Bij oliewinning worden verschillende aardlagen doorboord, met de daarbij behorende effecten (verstoring bodemopbouw). Productiewater dat wordt meegeproduceerd, wordt geherinjecteerd in de formatie. De mogelijke effecten van deze processen zijn weergegeven in bijlagen G en I.

2.4.3 *Functiecombinaties/conflicten oliewinning met andere diepe ondergrondfuncties*

Voor oliewinning is interferentie van gewenst gebruik met bestaand en toekomstig gebruik in de diepe ondergrond mogelijk met (zie Bijlage A):

- Zoutwinning;
- Aardgaswinning;
- Winning van drinkwater;
- Diepe aardwarmtewinning;
- CO₂-opslag;
- Aardgasopslag in gasvelden, cavernes en aquifers;
- Warmwateropslag.

De mogelijke interferenties tussen de gebruiksfuncties van de diepe ondergrond is besproken in relatie met zoutwinning in paragraaf 2.2.3 en geldt ook voor oliewinning. De aanvullingen uit paragraaf 2.2.4 zijn ook van toepassing op oliewinning. Een gaswasinstallatie wordt echter niet gebruikt daar waar alleen olie wordt geproduceerd.

2.4.4 *Interferenties oliewinning met ondiepe ondergrond en de waterlaag*

De relatie tussen oliewinning enerzijds en de ondiepe ondergrond en de bovengrond anderzijds komt overeen met die van zoutwinning en is besproken in par. 2.2.4.

2.4.5 *Relatie oliewinning met occupatielaag*

Ten tijde van oliewinning kan de gebruikte ruimte bovengronds (voor de put en olieleidingen) niet gebruikt worden voor andere gebruiksdoeleinden.

Er is geen directe (ruimtelijke) relatie tussen de locatie van oliewinning en de gebruikers van de olie, al zal om olie te vervoeren wel infrastructuur nodig zijn.

2.4.6 *Maatschappelijke baten van oliewinning*

In (Noord) Nederland zijn geen grote hoeveelheden olie aanwezig in de ondergrond, zoals ook zichtbaar in Figuur 2.. Het produceren van olie levert naast het verschaffen van brandstoffen en grondstoffen tevens een economisch voordeel op voor de maatschappij, alsmede het creëren van werkgelegenheid.

¹⁵ De olievelen in Noord-Nederland liggen geen van allen in seismisch gevoelige gebieden (De Potentieelstudie).

2.5 Geothermie

2.5.1 *Techniek geothermie of aardwarmtewinning*

De aarde is een voortdurende bron van warmte. De temperatuur in de aardkorst neemt met de diepte toe. Bij geothermie, ook wel aardwarmtewinning genoemd, wordt warm water dat opgeslagen is in watervoerende lagen, opgepompt en benut voor de verwarming van woningen, kantoren en/of kassen in de glastuinbouw. Indien de temperatuur van het opgepompte water hoger is dan 100 graden Celsius kan deze warmte gebruikt worden voor de opwekking van elektriciteit¹⁶.

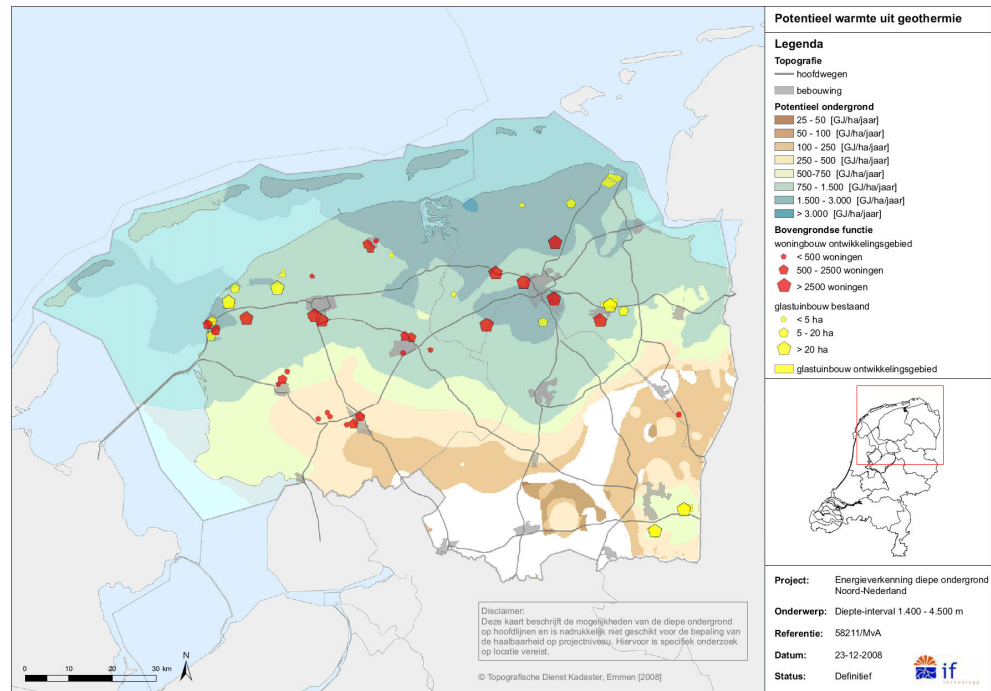
Voor het oppompen van aardwarmte worden 2 putten gebruikt, een productieput en een injectieput, met een gemiddelde afstand van 1,5 km. In Nederland wordt een ondergrondse minimale ruimte aangenomen van 5 á 6 km² waarbinnen 1 aardwarmte-installatie wordt geplaatst. Op deze manier wordt interferentie met een naastgelegen geothermisch systeem, bijvoorbeeld door afkoeling van het formatiewater door injectie van gebruikt en afgekoeld water, zoveel mogelijk voorkomen. Het gebruikte water wordt om verschillende redenen geherinjecteerd. Het gaat om:

- Het tegengaan van bodemdaling;
- Het op peil houden van de druk in de formatie waardoor de stroming naar de productieput blijft bestaan;
- Het opgepompte water bevat zoveel zouten en andere verontreinigingen waardoor deze lastig elders is te lozen.

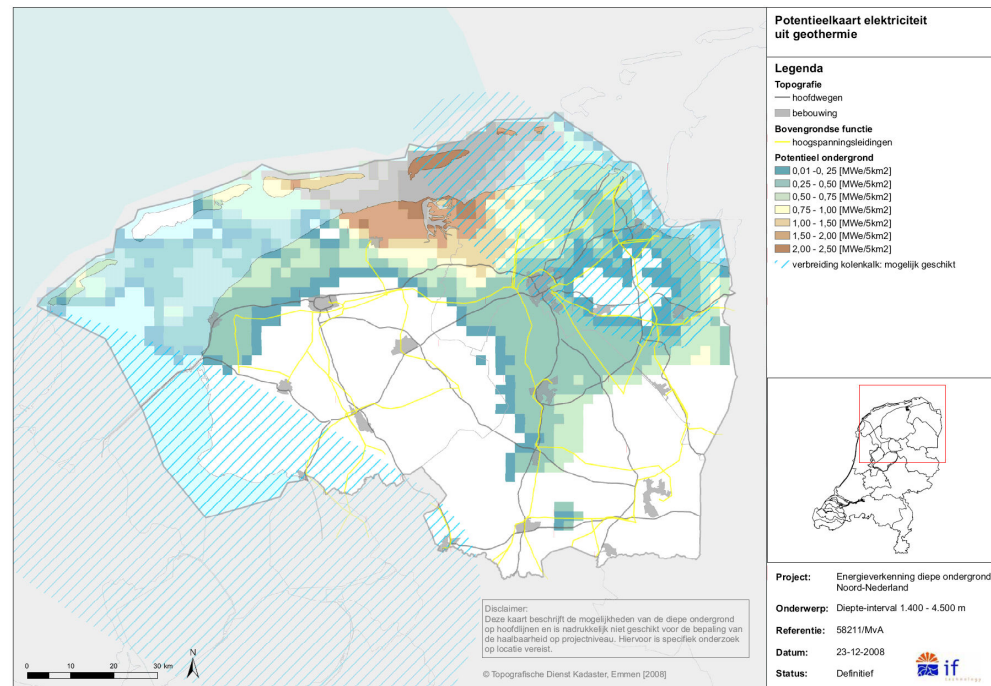
Water met een minimale temperatuur van 40 °C is geschikt voor de verwarming van kassen, water met een temperatuur van 60 – 65 °C wordt benut voor het verwarmen van woningen. In Nederland is water van deze temperatuur over het algemeen te vinden op een diepte vanaf 1000m. Daarnaast is het van belang dat er voldoende water per uur onttrokken kan worden, in de orde van 100 m³/uur. Dit is afhankelijk van de reservoir eigenschappen in de betreffende watervoerende laag.

In figuur 2.5 is de potentieelkaart voor de warmtewinning uit geothermie in Noord Nederland weergegeven. Figuur 2.6 toont de potentieelkaart voor elektriciteitswinning uit geothermie voor dezelfde regio.

¹⁶ Krogt, R.A.A. van der, A. Lokhorst, H.J.M. Pagnier, H.J. Simmelink, A.F.B. Wildenborg, 2006, Verkenning naar de mogelijkheden voor de opslag van CO₂ en het gebruik van aardwarmte in de provincie Drenthe. TNO rapport 2006-U-R0023/B



Figuur 2.5 Potentieelkaart warmtewinning uit geothermie



Figuur 2.6 Potentieelkaart elektriciteitswinning uit geothermie

In het Delft Aardwarmte Project (DAP) wordt door de Technische Universiteit van Delft momenteel een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar de mogelijkheid om CO₂-opslag te combineren met de winning van geo-warmte. In het gebruikte water dat wordt geherinjecteerd in de formatie wordt eerst CO₂ opgelost. In dat geval zal er een voordeel kunnen optreden tussen de productie van geo-warmte en de opslag van CO₂ (voor meer informatie, zie: www.tudelft.nl).

Eerste toepassing geothermie in Nederland

Het Nederlandse tuinbouwbedrijf A+G van den Bosch in het kassengebied in de buurt van Bleiswijk nabij Den Haag heeft de allereerste geothermische verwarmingsinstallatie in Nederland ontwikkeld. Het bedrijf verwarmt momenteel 7,2 ha tomatenkassen met warm water afkomstig van een met succes geboord geothermisch doublet dat reikt tot de watervoerende lagen in het Onder-Krijt op een diepte van 1700 m. TNO is nauw betrokken geweest bij de beoordeling van de geologische onzekerheden voorafgaand aan het boren, op basis waarvan het uiteindelijke boorplan voor het doublet is opgesteld. Tijdens de beoordeling zijn diverse eisen voor de watervoerende laag gesteld: de temperatuur van het water in de laag moet zo hoog mogelijk zijn, de watervoerende laag moet een flinke dikte en goede opslageigenschappen hebben en de laag blijft bij voorkeur tektonisch onverstord. Daarnaast mag er geen interferentie met nabijgelegen olie- en gasvelden zijn. Het water dat momenteel wordt geproduceerd heeft een temperatuur van ongeveer 60 °C en een productiesnelheid van om en nabij 150m³/hr. Het bovengrondse vergunningsgebied beslaat ongeveer 6,25 km² (2,5km*2,5km). Het bedrijf bespaart met de geothermische verwarmingsinstallatie zo'n 3 miljoen m³ aardgas.

2.5.2 *Mogelijke effecten van geothermie*

In het onderstaande worden de mogelijke effecten van geothermie besproken.

- Menging verschillende kwaliteiten grondwater

Bij WKO, soms gezien als een vorm van ondiepe bodemenergie, kan menging met grondwater ontstaan. Bij de diepe geothermie als beschreven in deze paragraaf is menging niet relevant, omdat het water dat geïnjecteerd wordt al afkomstig is uit hetzelfde reservoir en dit water is niet geschikt voor drinkwater.

- Temperatuurverandering watervoerend pakket

Gebruikt water voor geothermische doeleinden is afgekoeld, waarna het wordt geherinjecteerd. Dit resulteert in een verlaging van de watertemperatuur rondom de injectieput.

- Verstoring bodemlagen als gevolg van boren

Bij aardgaswinning worden verschillende bodemlagen doorboord, met de daarbij behorende effecten (verstoring bodemopbouw), en wordt productiewater dat meegeproduceerd wordt geherinjecteerd in de formatie. De mogelijke effecten van deze processen zijn weergegeven in bijlage J.

2.5.3 *Functiecombinaties/conflicten geothermie met andere diepe ondergrondfuncties*

Bij geothermie wordt formatiewater omhoog gepompt om er warmte aan te onttrekken voor verwarming en/of elektriciteitswinning. Vervolgens wordt het water weer naar beneden gepompt in dezelfde laag.

Een potentiële ontwikkeling van geothermie als gebruiksfunctie is interferentie met bestaande en toekomstige andere gebruiksfuncties in de diepe ondergrond mogelijk met (zie Bijlage A):

- Zoutwinning;
- Aardoliewinning;
- Aardgaswinning;

- Aardwarmte;
- CO₂-opslag;
- Aardgasopslag in aardgasvelden, cavernes en aquifers.

In het Zechstein komt geen geothermie¹⁷ voor en zijn geen conflicten met andere functies. In de Rijnland Groep, HoofdBontzandsteen Groep en het Boven-Rotliegend Groep kan geothermie conflicteren met gaswinning, gasopslag en CO₂-opslag. In de laatste genoemde laag kan geothermie tevens conflicteren met de winning van geothermisch water voor elektriciteitsproductie. Dat wil niet zeggen dat beide toepassingen van geothermie, de opwekking van elektriciteit en de winning van warmte, niet in samenhang ontwikkeld kunnen worden. Er wordt bijvoorbeeld nagedacht over het ontwikkelen van een zogenaamde cascade-model waarin overtollige warmte wordt benut voor andere, minder warmtevrugnende functies. In de overige groepen zijn geen conflicten met geothermie.

2.5.4 *Interferenties geothermie met ondiepe ondergrond en de waterlaag*

De mogelijkheid bestaat dat zout formatiewater uit de leidingen lekt en vervolgens in de hydrologische kringloop terecht komt¹⁸. Daarom moet rekening gehouden worden met diverse gevoelige functies zoals waterwingebieden. De kans dat dit optreedt is zeer klein. Op het moment dat geconstateerd is dat formatiewater weglekt uit een gesloten geothermisch systeem kan direct het systeem worden uitgeschakeld. Vervolgens zal de put waaruit het formatiewater weglekt een workover krijgen. Dit betekent dat nieuw cement zal worden aangebracht in de put om het lek dichten.

2.5.5 *Relatie geothermie met occupatielaag*

Een geothermisch systeem (een warmtewisselaar) kan in een gebruikersruimte geplaatst worden, zoals bij een kas of op een erf.

De (economische) haalbaarheid van geothermie is, naast het technisch potentieel, sterk afhankelijk van de lokale bovengrondse warmtevraag. Interessante lokaties waarbij sprake is van grootschalige warmtevraag zijn glastuinbouw, grote nieuwbouwprojecten (woningbouw) en uitbreiding of ontwikkeling van bedrijventerreinen. Het transporteren van aardwarmte over grotere afstanden naar andere locaties is vanwege grote rendementsverliezen niet haalbaar. Daarom wordt een geothermische doublet en de bijbehorende installaties zo dicht mogelijk bij de (bovengrondse) afnemer(s) van warmte en/of elektriciteit geplaatst.

2.5.6 *Maatschappelijke baten geothermie*

De effecten van geothermie en geothermische elektriciteitsopwekking op de bovengrondse functies is een bijdrage aan het reduceren van broeikasgassen door het aanleveren van energie in de vorm van warmte. Ook zal geothermie werkgelegenheid genereren.

2.6 **CO₂-opslag**

2.6.1 *Techniek CO₂-opslag*

CO₂, een bijproduct van verbrandingsprocessen en gezien als belangrijke veroorzaker van het broeikas-effect, kan worden opgeslagen in diepe ondergrondse formaties. CO₂

¹⁷ waarbij opgemerkt moet worden dat geothermie sowieso nog weinig voorkomt in Nederland.

¹⁸ Uit *Gebruik van de ondergrond, ingrediënten voor een afweging*. Royal Haskoning, januari 2009

wordt afgevangen bij grote puntbronnen, zoals elektriciteitsproducenten en raffinaderijen. In de rookgassen van elektriciteitscentrales zit een percentage CO₂ van ongeveer 15% dat zal moeten worden gescheiden van andere producten zoals waterdamp, de grootste component van de rookgassen. In het geval van raffinaderijen kan het zijn dat het aandeel CO₂ in de rookgassen 100% is, zoals bij de productie van ammonia. In dit geval hoeft de CO₂ in de rookgassen niet te worden gescheiden.

Gasvelden (en olievelden) staan als meest geschikte opslagmedium bekend aangezien hierin aardgas of olie voor langere perioden opgeslagen is geweest en er een aanzienlijke hoeveelheid informatie beschikbaar is over deze velden. Tevens kunnen aquifers (waterhoudende aardlagen), steenkoollagen en zoutcavernes als opslaglocatie dienen. Over het algemeen is het volume van zoutcavernes voor permanente CO₂-opslag te klein.

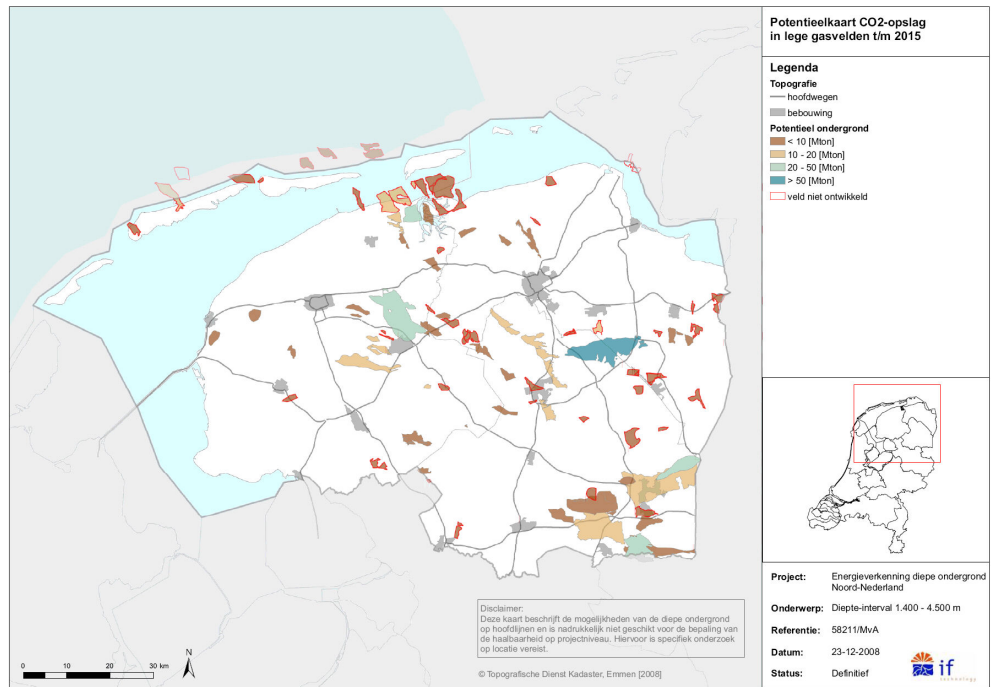
CO₂-opslag kan ook in combinatie met het produceren van een bijna leeg aardgas- of olieveld (EGR, enhanced gas recovery respectievelijk EOR, enhanced oil recovery). Het geïnjecteerde CO₂ zorgt ervoor dat op een relatief goedkope en effectieve manier moeilijk te produceren aardgas of olie kan worden geproduceerd. Deze techniek wordt al tientallen jaren toegepast, maar dan zonder het uiteindelijke doel van opslag van CO₂. Nadat de gasproductie is gestaakt kan het veld gebruikt worden voor CO₂-opslag. Zodra het veld gevuld is met CO₂ wordt de put afgesloten en is het CO₂ permanent opgeslagen.

CO₂-injectie in steenkoollagen wordt tevens gebruikt voor aardgas productie. CO₂ hecht makkelijker aan steenkool dan aardgas en zodoende kan het aardgas worden geproduceerd na injectie van CO₂. Deze techniek wordt Coal Bed Methane (CBM) genoemd. Voor het toepassen van CBM wordt een diepte aangehouden van ongeveer 1500 m. Het is twijfelachtig of dieper gelegen kolenlagen¹⁹ technisch en economisch geschikt zijn, alleen al vanwege de hogere boorkosten en de lagere permeabiliteit van de kolen (Van Bergen, 2007).

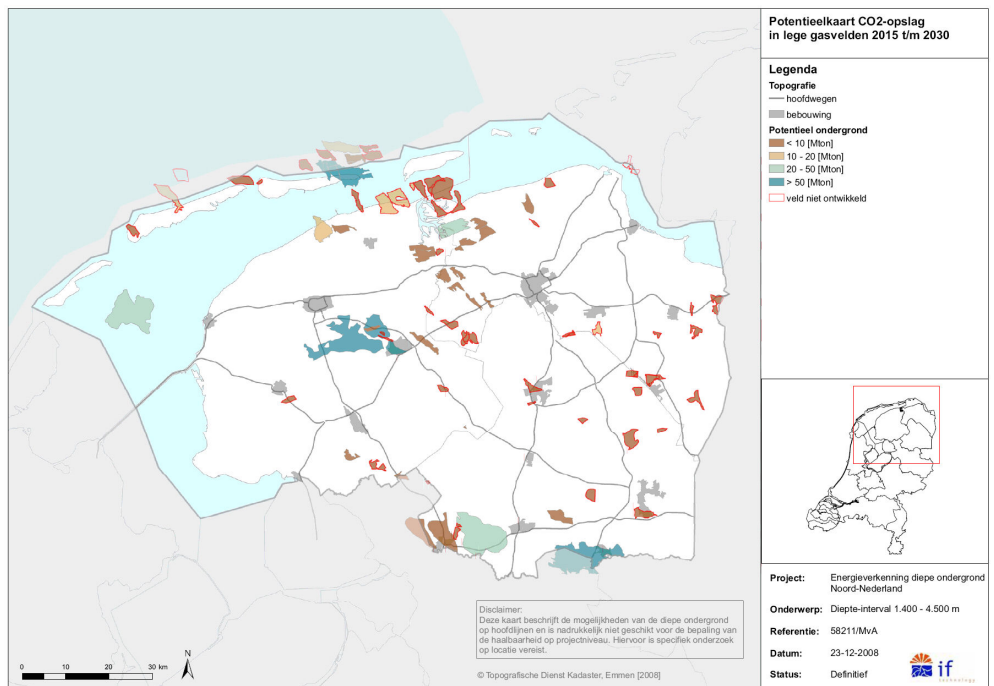
De komende tijd zal in Nederland de beschikbaarheid van lege olie- en met name gasvelden steeds groter worden. Veel onderzoek wordt momenteel uitgevoerd om te kijken of voor CO₂ bestaande infrastructuur (pijpleidingen, putten) hergebruikt kunnen worden.

In de volgende 3 figuren wordt het potentieel voor CO₂-opslag in Noord Nederland getoond per tijdsfase. De figuren 2.7 – 2.9 geven achtereenvolgens het beschikbare potentieel weer in 2015, in de periode tussen 2015 en 2030 en na 2030.

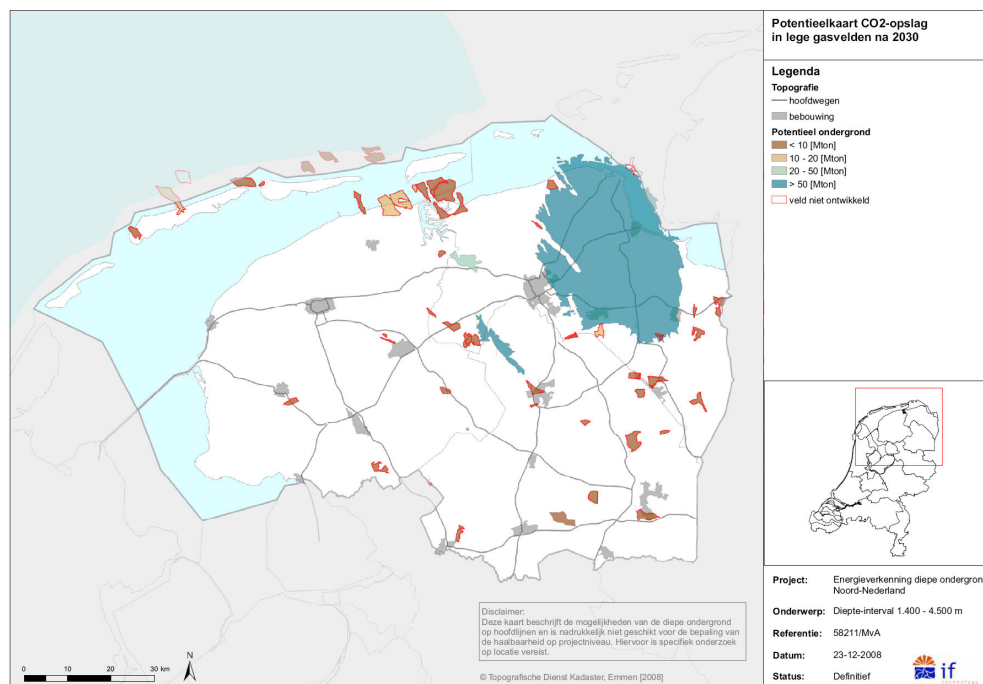
¹⁹ In Noord-Nederland ligt steenkool dus overal dieper dan 1500m en onder de diepste gasvelden.



Figuur 2.7 Potentieelkaart CO₂-opslag t/m 2015 (bron: De Potentieelstudie)



Figuur 2.8 Potentieelkaart CO₂-opslag 2015 t/m 2030 (bron: De Potentieelstudie)



Figuur 2.9 Potentieelkaart CO₂-opslag na 2030 (bron: De Potentieelstudie)

Het potentieel van CO₂-opslag (en aardgasopslag) in lege gasvelden is voor een groot deel afhankelijk van de aardgaswinning in de toekomst. De getoonde kaarten geven het opslagpotentieel weer in de Noord-Nederlandse gasvelden in Mton CO₂. De jaartallen laten zien wanneer bepaalde gasvelden beschikbaar komen voor opslag van CO₂.

2.6.2 Mogelijke effecten van CO₂-opslag

- Seismiciteit

Mogelijke seismiciteit is tijdens CO₂-opslag niet uit te sluiten, hoewel het niet waarschijnlijk is. Eventueel voorkomende bodemtrillingen zullen in elk geval niet groter zijn dan tijdens de fase van aardgaswinning. Dit dient per locatie onderzocht te worden.

- Compensatie bodemdaling

Verwacht wordt dat door CO₂-opslag de door aardgaswinning opgetreden bodemdaling verminderd kan worden. De eenmaal opgetreden bodemdaling is niet volledig omkeerbaar en zal door de opslag van CO₂ niet volledig worden teruggedraaid. Concreet onderzoek naar deze effecten wordt tot op heden nog niet uitgevoerd.

- Verstoring bodemlagen als gevolg van boren

Zowel bij hergebruik van de put als het boren van een nieuwe put worden verschillende bodemlagen doorboord, met de daarbij behorende effecten (verstoring bodemopbouw). De mogelijke effecten van deze processen zijn weergegeven in bijlage K.

2.6.3 Functiecombinaties/conflicten CO₂ opslag met andere diepe functies

Voor permanente CO₂-opslag is er mogelijk interferentie²⁰ met bestaand en toekomstige gebruiksfuncties in de diepe ondergrond met (zie Bijlage A):

²⁰ Er is hier sprake van positieve én negatieve interferentie. De positieve interferentie vloeit voort uit de win-win situatie bij EOR/EGR en CBM. En winning van extra gas/olie (economisch) en de vermindering van CO₂ uitstoot (maatschappelijk). de negatieve interferentie zou kunnen zijn dat velden die op elkaar liggen

- Zoutwinning – zoutcavernes zijn niet echt geschikt voor CO₂-opslag;
- Aardoliewinning – met uitzondering van EOR;
- Aardgaswinning – met uitzondering van EGR;
- CBM (coal bed methane) – benutten van CO₂ om methaan te winnen;
- Aardwarmte;
- Tijdelijke CO₂-opslag;
- Aardgasopslag in aardgasvelden, cavernes en aquifers.

De ruimte die wordt gebruikt voor permanente CO₂-opslag zal niet gebruikt kunnen worden voor andere doeleinden.

Mogelijke interacties tussen bovengronds ruimtegebruik en de (on-)diepe ondergrond als gevolg van CO₂-opslag ontstaan bij de aanleg van infrastructuur voor CO₂-injectie en –opslag. Het ruimtebeslag gaat ten koste van andere ruimtelijke bestemmingen.

Het wordt mogelijk geacht om bestaande infrastructuur voor de distributie en opslag van aardgas en olie te gebruiken voor de opslag van CO₂. In dit geval zal de ruimte die gebruikt is voor de infrastructuur van olie- of gaswinning behouden blijven voor onbepaalde tijd. Hoe lang dit ruimtebeslag zal duren hangt af van de grootte van het veld en de hoeveelheid CO₂ die per jaar kan worden geïnjecteerd. Nadat het veld gevuld is kan de infrastructuur verwijderd worden waardoor er weer ruimte vrijkomt.

Aardgas en CO₂ worden opgeslagen in structuren van verschillende grootte. Het wordt nu aangenomen dat grote velden interessanter zijn voor CO₂-opslag en kleinere velden voor gasopslag²¹. Voor CO₂-opslag zijn grote volumes namelijk aantrekkelijk. Voor gasopslag is een bepaalde hoeveelheid kussengas nodig is om het reservoir op een voldoende hoge druk te houden en is een relatief klein volume gewenst. Hierdoor zal een deel van het geïnjecteerde aardgas verloren gaan. Bij grote velden is dat economisch niet erg aantrekkelijk aangezien een grote hoeveelheid aardgas als kussengas zal moeten worden geïnjecteerd.

In de Zechstein Groep is opslag van CO₂ niet de meest voor de hand liggende keuze²², maar niet onmogelijk. In de Rijnland Groep, Hoofd-Bontzandsteen Groep, Boven-Rotliegend Groep kan CO₂ opslag met gaswinning synergie worden bereikt (vrijkomen van lege velden). Met de winning van aardwarmte en de opslag van gas kunnen mogelijk conflicten optreden.

2.6.4 *Interferentie CO₂-opslag met ondiepe ondergrond en de waterlaag*

Ook bij het realiseren van CO₂-opslag zullen lagen doorboord worden met mogelijke effecten tot gevolg. Zie ook bijlage J.

2.6.5 *Relatie CO₂-opslag en occupatielaag*

Ten tijde van CO₂-opslag wordt bovengrondse ruimte gebruikt voor de volgende gebruikdoeleinden:

- Afvanginstallatie

CO₂ zal eerst moeten worden afgevangen bij een locatie, zoals een elektriciteitsproducent (puntbron).

(gescheiden door een ondoordringbare laag) bij de een aardgaswinning toepast en bij de andere CO₂ opslaat. Mocht het CO₂ bijvoorbeeld ‘doorsijpelen’ naar een nabij gelegen gasveld waaruit men nog puur gas wint, dan moet dat gewonnen gas weer gezuiverd worden van het CO₂.

²¹ dit betekent overigens niet dat kleinere velden ongeschikt voor CO₂-opslag zouden zijn.

²² vanwege de lage permeabiliteit/doorlatendheid.

- Transport

De afgevangen CO₂ kan via pijpleidingen vervoerd worden naar een opslaglocatie²³. Transport via pijpleidingen is een belangrijke optie, zeker aangezien veel kennis van het vervoeren van aardgas aanwezig is.

- Opslaglocatie

Op de opslaglocatie zal een put aanwezig zijn. Zeer waarschijnlijk zijn compressoren nodig om het gas met de juiste druk in het veld te injecteren en om de pijpleidingen op de juiste druk te houden. Over het algemeen zal deze op de opslaglocatie zelf worden geplaatst.

2.6.6 *Maatschappelijke baten CO₂-opslag*

De effecten van CO₂-opslag op de bovengrondse functies is een bijdrage aan het reduceren van broeikasgassen en dit levert een economisch voordeel voor de toekomst op. Tevens wordt er werkgelegenheid gegenereerd.

2.7 **Aardgasopslag (Underground Gas Storage, UGS)**

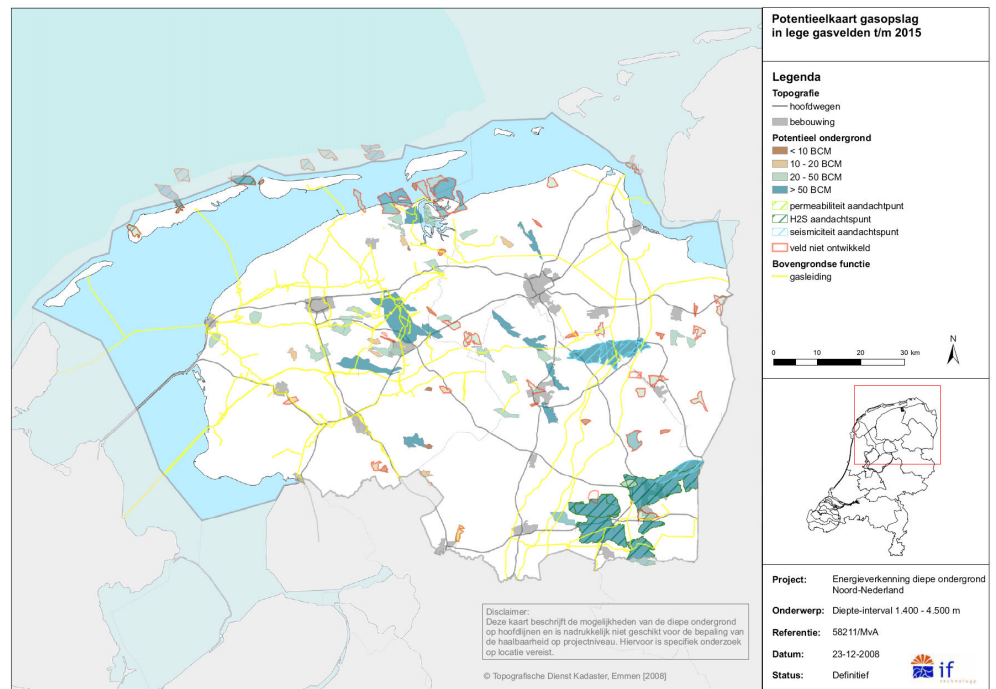
2.7.1 *Techniek aardgasopslag*

Aardgasopslag is het omgekeerde proces van aardgaswinning. Het doel van ondergronds aardgas opslag is om in perioden van grote vraag voldoende gas te kunnen leveren tegen minimale kosten. Voor deze techniek komen de kleinere uitgeproduceerde gasvelden het meest in aanmerking. Om het gas later weer te kunnen produceren is een bepaalde hoeveelheid gas benodigd om het reservoir op druk te houden (kussengas). Hiervoor wordt tevens aardgas gebruikt en dit gas wordt vanwege de geringe economische rendabiliteit niet meer geproduceerd. Vandaar dat voornamelijk kleinere velden worden gekozen om te dienen als bufferreservoir voor gas, aangezien hiervoor kleinere hoeveelheden aardgas als kussengas hoeft te dienen en verloren gaat.

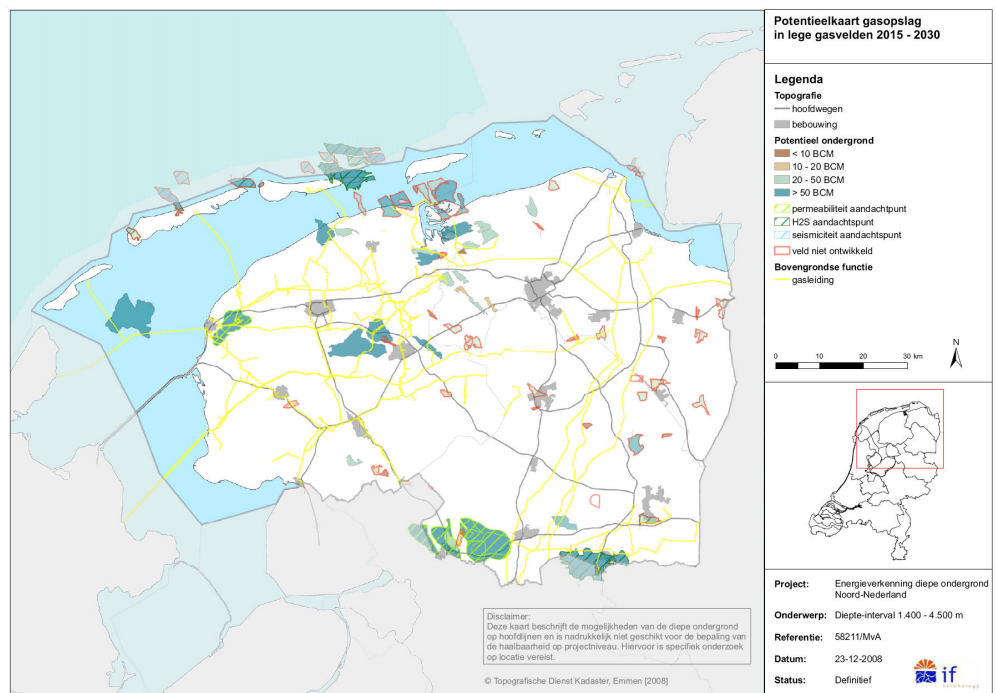
In de volgende 3 figuren wordt het potentieel voor UGS in Noord Nederland getoond per tijdsfase. De figuren 2.10 – 2.12 geven achtereenvolgens het beschikbare potentieel weer in 2015, in de periode tussen 2015 en 2030 en na 2030.

In figuur 2.13 wordt het potentieel van gasopslag in zoutcavernes getoond.

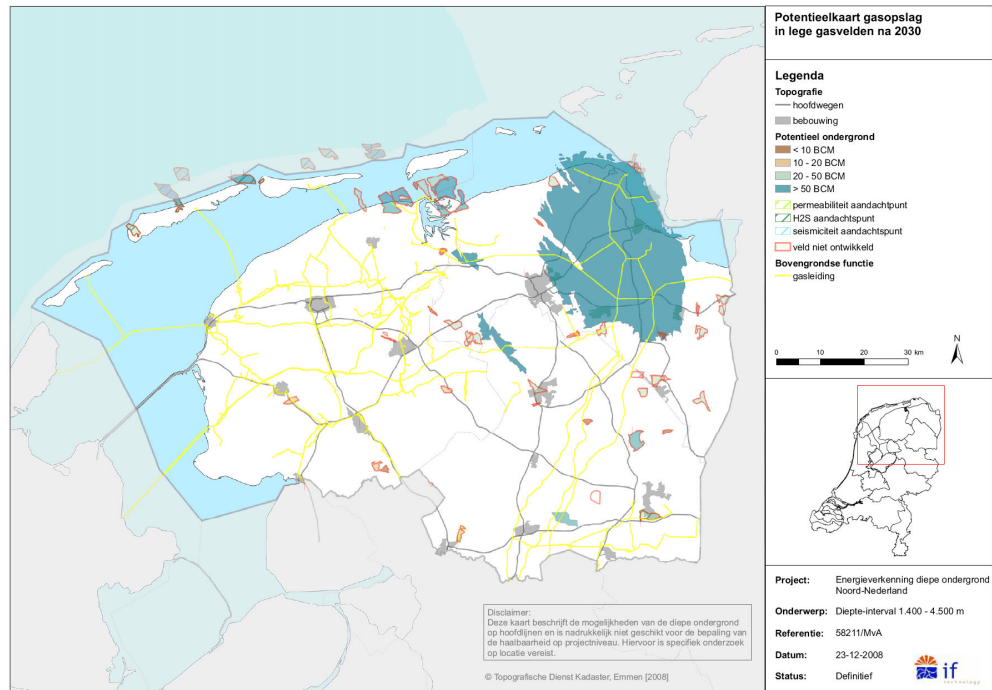
²³ Transport van afgevangen CO₂ zal het meest waarschijnlijk plaatsvinden via pijpleidingen maar andere modaliteiten zoals per schip of trein kunnen niet op voorhand worden uitgesloten.



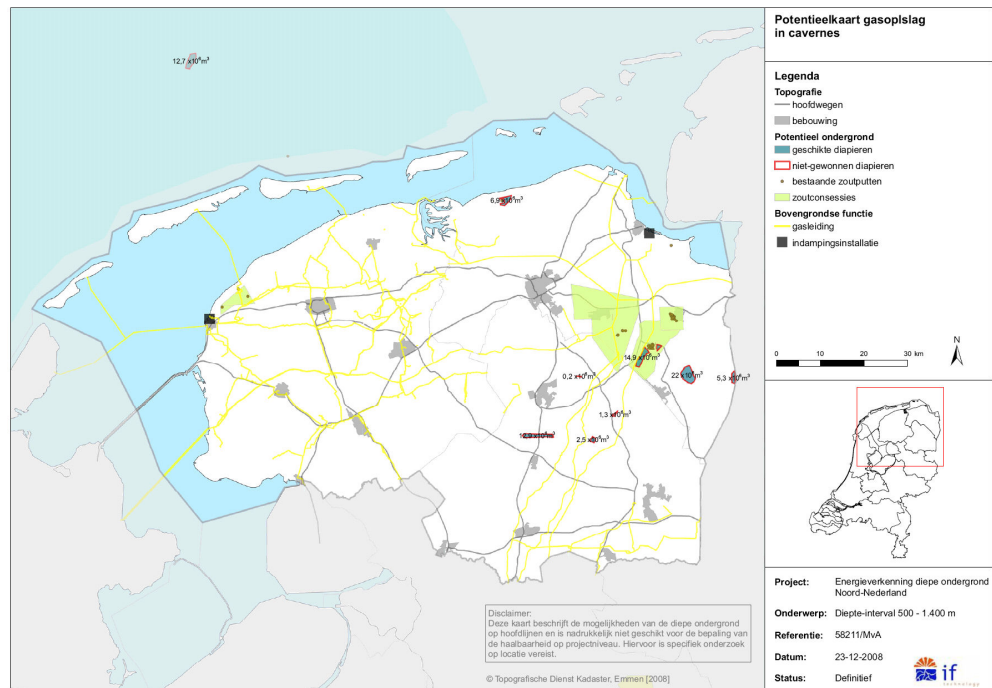
Figuur 2.10 Potentieelkaart gasopslag t/m 2015 (bron: De Potentieelstudie)



Figuur 2.11 Potentieelkaart gasopslag 2015 t/m 2030 (bron: De Potentieelstudie)



Figuur 2.12 Potentieelkaart gasopslag na 2030 (bron: De Potentieelstudie)



Figuur 2.13 Potentieelkaart aardgasopslag in zoutcavernes (bron: De Potentieelstudie)

Het potentieel van aardgasopslag (en CO₂-opslag) in zoutcavernes is voor een deel afhankelijk van de zoutwinning in de komende jaren. Figuur 2.13 (en beschrijving zoutwinning, §2.2.1) geeft het zoutwinningpotentieel in Noord-Nederland voor de komende jaren weer. De kaart toont de mogelijke locaties om nieuwe zoutcavernes uit te logen. Eerder hebben we opgemerkt dat de opslagcapaciteit van uitgeloopte zoutcavernes echter beperkt is. Tevens moet de technische haalbaarheid nader

onderzocht worden: zijn uitgeloopte cavernes beter geschikt te maken door specifieke eisen te hanteren?

2.7.2 *Mogelijke effecten van aardgasopslag*

De mogelijke effecten van aardgasopslag zullen veelal overeenkomen met die van CO₂ opslag (zie paragraaf 2.6.2) en in bijlage K.

2.7.3 *Functiecombinaties/conflicten aardgasopslag met diepe functies*

Voor aardgasopslag in gasvelden, cavernes en aquifers is er mogelijk interferentie met de volgende bestaande en toekomstige gebruiksfuncties in de diepe ondergrond (zie Bijlage A):

- Zoutwinning;
- Aardoliewinning;
- Aardgaswinning;
- Aardwarmtewinning;
- CO₂-opslag;
- Opslag van warm water.

Aardgasopslag in cavernes en aquifers overlapt tevens de opslag in aardgasvelden.

Een veld dat (eerder) gebruikt is voor de opslag van aardgas blijft (daarna) beschikbaar voor de permanente opslag van CO₂. In de tijd kan dit elkaar goed opvolgen.

In het Zechstein komt aardgasopslag voor maar zijn er geen conflicten met de in dit rapport beschreven functies. In de Rijnland Groep, de HoofdBontzandsteen Groep en het Bovenrotligend Groep en de overige groepen bestaat een conflict tussen aardgasopslag en de opslag van CO₂.

2.7.4 *Interferentie aardgasopslag met ondiepe ondergrond en de waterlaag*

Aardgasopslag kan bodemdaling compenseren. Hoewel bodemdaling onomkeerbaar is, zal het op druk brengen van een veld verdere bodemdaling eventueel kunnen tegengaan. Seismiciteit is niet vanzelfsprekend, maar blijft ook bij aardgasopslag een aandachtspunt voor locatiespecifiek onderzoek.

2.7.5 *Relatie gasopslag en occupatielaag*

De mogelijkheden van aardgasopslag worden niet alleen bepaald door geschikte opslagvelden, maar zijn ook afhankelijk van de aanvoermogelijkheden van aardgas. Aansluiting op het gasnet is van belang. Mogelijk is dat het bestaande aardgasnetwerk kan worden gebruikt als deze niet is verwijderd na aardgasproductie. De ligging van een gasveld ten opzichte van een gebruiker heeft geen significante invloed op de keuze om wel of geen aardgas te transporteren. Momenteel wordt aardgas over grote afstanden getransporteerd. De verliezen onderweg door lekkage zijn te verwaarlozen.

2.7.6 *Maatschappelijke baten van aardgasopslag*

Het aanleggen van een buffervoorraad aardgas om ten tijde van een piekvraag (zoals tijdens strenge winters) nog steeds aan de vraag te kunnen voldoen is een strategische keuze en creëert een voorzieningszekerheid. Tevens zal het werkgelegenheid stimuleren.

2.8 Persluchtopslag

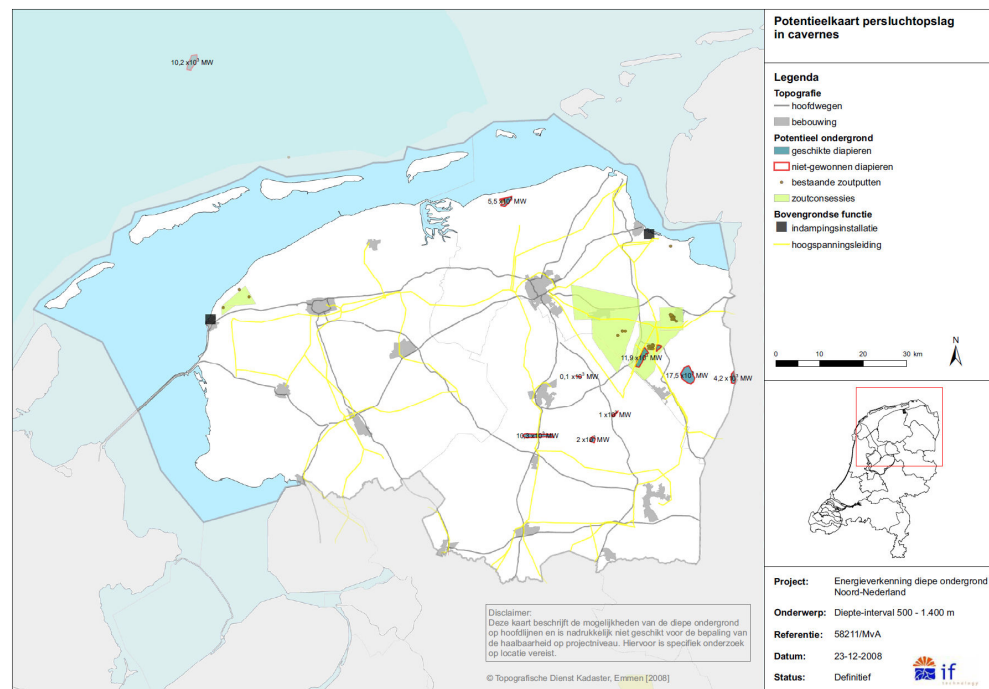
2.8.1 *Techniek persluchtopslag*

Oorspronkelijk was CAES (afgekort tot Compressed Air Energy Storage), oftewel persluchtopslag, bedoeld om opgewekte energie tijdens daluren en lage vraag tijdelijk op te slaan en deze te benutten gedurende perioden van piekvraag. Door de toenemende interesse en toepassing van elektriciteitsproductie door middel van windmolens heeft persluchtopslag een extra toepassingsmogelijkheid gekregen.

Het nadeel van windenergie is de fluctuatie in windsnelheid. De afstemming van vraag en aanbod in het distributienetwerk kan hierdoor verstoord worden, dat kan leiden tot ongewenste technische neveneffecten. Door de opgewekte energie te gebruiken voor het aandrijven van een compressor kan lucht tijdelijk in de ondergrond opgeslagen worden in tijden dat de energievraag laag is. Wanneer de energiebehoefte groot is kan de opgeslagen lucht gebruikt worden voor de aandrijving van een turbine. Zodra lucht wordt vrijgelaten uit de ondergrondse ruimte zal het door expansie sterk afkoelen. Door de lucht te verwarmen kan het vermogen worden verhoogd. Voor de verwarming van de lucht wordt gas verbrand. Hierbij wordt slechts een fractie (minder dan 40%) van het gas en de olie verstoekt die bij een conventionele pieklast-gasturbine zou worden gebruikt. Op deze wijze is er meer controle mogelijk en wordt het energienet niet onnodig belast. Dit principe van persluchtopslag vindt reeds plaats in het Duitse Huntorf²⁴, waar persluchtopslag in zoutcavernes wordt toegepast en er per zoutcaverne een vermogen van 290 MW opgeslagen kan worden.

Persluchtopslag kan in principe in aquifers en lege gasvelden worden toegepast, echter het meest waarschijnlijke is dat zoutcavernes gebruikt zullen worden. De criteria voor persluchtopslag in zoutcavernes komen overeen met die voor zoutwinning, aangezien eerst zout gewonnen zal moeten worden voor het creëren van de opslagruimte. In Figuur 2.14 worden potentiële (niet-gewonnen) cavernes weergegeven.

²⁴ Crotogino, F., Mohmeyer, K.U., Scharf, R. (2001) Huntorf CAES: More than 20 years of successful operation. SMRI Spring 2001 Meeting, Orlando



Figuur 2.14 Potentieelkaart persluchttopslag in cavernes (bron: de Potentieelstudie)

2.8.2 *Mogelijke effecten van persluchttopslag*

Bij persluchttopslag in zoutcavernes kan door het verlagen van druk bij het verwijderen van lucht enige mate van zoutvloei ontstaan. Op termijn resulteert dit in een verkleining van de caveerne. Daarom wordt in de potentieelstudie een absolute ondergrens van 1400 m diepte aangehouden, waarbij het zout nog stabiel is. Beneden deze grens is persluchttopslag in cavernes waarschijnlijk niet toepasbaar.

2.8.3 *Functiecombinaties/conflicten persluchttopslag met diepe functies*

In Bijlage A zijn de mogelijke functiecombinaties/conflicten niet uitgewerkt. Er kan gesproken worden van een functiecombinatie tussen persluchttopslag in een zoutcaveerne en zoutwinning, aangezien een caveerne die is gecreëerd via zoutwinning naderhand gebruikt kan worden voor persluchttopslag. Echter, ten tijde van persluchttopslag zal zoutwinning niet mogelijk zijn. Overige conflicten zullen verder moeten worden onderzocht, maar zullen waarschijnlijk overeenkomen met die van zoutwinning, zoals de conflicten op ruimtelijk niveau en opslag van gassen en warmte-koude.

2.8.4 *Interferentie persluchttopslag met ondiepe ondergrond en de waterlaag*

Effecten van persluchttopslag op de ondiepe ondergrond komen overeen met die van zoutwinning (zie sectie 2.2.4) met uitzondering van bodemdaling. Aangenomen wordt dat gebieden waar bodemdaling optreedt niet geschikt zullen zijn voor persluchttopslag. Echter, verder onderzoek zal moeten uitwijzen of dit inderdaad het geval is.

2.8.5 *Relatie persluchttopslag en occupatielaag*

De toepassing van persluchttopslag is niet alleen afhankelijk van geschikte cavernes, maar ook van de aan- en afvoer van elektriciteit. Daarom zijn in Figuur 2.14 hoogspanningsleidingen weergegeven. Daarnaast is deze vorm van elektriciteitsopslag vooral interessant in combinatie met duurzame energie, en is de nabijheid van een energiebron zoals een windmolenpark gewenst.

2.8.6 *Maatschappelijke baten van persluchttopslag*

De toepassing is voornamelijk interessant voor de koppeling met windenergie. In tijden van lage elektriciteitsvraag en hoog windenergieaanbod kan dit energieopslagsysteem als buffer dienen. Hierdoor gaat geen (duurzaam) opgewekte energie verloren en zal een economisch voordeel ontstaan. Daarnaast creëert persluchttopslag werkgelegenheid.

2.9 **Consequenties voor ondiepe ondergrond**

In de voorgaande paragrafen zijn de mogelijke consequenties aangegeven van het benutten van het potentieel van de diepe ondergrond voor het ontwikkelen of versterken van bovengrondse gebruiksfuncties. De vraag is welke mogelijke effecten de benutting van de potenties van de diepe ondergrond heeft voor de ondiepe ondergrond. In het onderstaande worden de belangrijkste consequenties besproken.

Deze paragraaf is deels gebaseerd op de effecten van ondergrondse functies zoals gerapporteerd in Zoetbrood, 2009 en Maring et al, 2002.

2.9.1 *Doorboring*

Voor alle gebruiksfuncties van de diepe ondergrond geldt dat er boringen plaats moeten vinden waarbij verschillende bodemlagen worden doorboord (afhankelijk van in hoeverre gebruik kan worden gemaakt van bestaande infrastructuur). Hierdoor bestaat er de mogelijkheid dat de bodemopbouw wordt verstoord.

Bij onzorgvuldige boringen bestaat de kans dat scheidende lagen worden doorboord en menging van verschillende grondwaterlagen optreedt. Er ontstaat 'kortsluitstroming' tussen watervoerende pakketten. Eventueel aanwezige verontreinigingen of grondwater met een mindere kwaliteit kunnen daardoor verspreid worden en watervoerende pakketten verontreinigen, waardoor bijvoorbeeld (diepe) grondwaterreserves aangetast kunnen worden.

Andere gevolgen die kunnen ontstaan met betrekking tot boringen door bodemlagen zijn verontreinigingen door vloeistoffen die bij een boring of gedurende de exploitatie van diepe ondergrondfuncties worden geïnjecteerd of geproduceerd. Bijvoorbeeld verontreiniging door boorvloeistoffen, of zout formatiewater dat bij geothermie omhoog wordt gepompt en dat uit leidingen lekt. Door het herinjecteren van gebruikt water voor geothermische doeleinden kan water worden vermengd met andere kwaliteiten grondwater. Door het veranderen van grondwater- en bodemkwaliteit kunnen chemische en (micro)biologische evenwichten worden aangetast waardoor de natuurlijke functies van de bodem kunnen veranderen. Ook bij ontsnapping van CO₂ naar het grondwater kunnen chemische en microbiologische evenwichten worden verstoord. De invloed van chemische veranderingen op de biodiversiteit op grotere diepte is echter niet goed bekend.

Bij zorgvuldige boringen zijn de kansen dat bovenstaande effecten zullen voorkomen voor de meeste gebruiksfuncties klein. Om de effecten zoveel mogelijk te reduceren bestaan protocollen, zoals in wet- en regelgeving zijn vastgelegd. Desondanks zal bij het plannen van diepe boringen rekening moeten worden gehouden met gevoelige (bodem)functies zoals in natuurgebieden, waterwingebieden en gebieden waarin bijvoorbeeld aardkundige en/of archeologische waarden voorkomen. Daarnaast zal uiteraard ook rekening gehouden moeten worden met bestaande gebruiksfuncties en infrastructuur zoals WKO-installaties, kabels, leidingen, tunnels etc.

2.9.2 *Bodemdaling, zettingen en bodemtrilling*

De verschillende vormen van winning uit de diepe ondergrond kunnen bodemdaling tot gevolg hebben of (ongelijke) zettingen of bodemtrillingen veroorzaken.

Bodemdaling heeft niet alleen consequenties voor de occupatielaag (verzakkingen, schade aan constructies, ecologische effecten), maar heeft tevens effect op de ondiepe ondergrond. Ondergrondse gebruiksfuncties (kabels en leidingen, verblijfsruimten) zijn minder gevoelig voor bodembewegingen dan bovengrondse, maar er kan wel degelijk schade optreden.

Bodemdaling kan resulteren in een wijziging van de grondwaterstand en een veranderde waterhuishouding. Deze verandering heeft mogelijk gevolgen voor de bodemecosystemen, en de samenhangende regulerings- en zuiveringsfunctie. Ook zijn andere ondiepe ondergrondfuncties zoals archeologie gevoelig voor veranderingen in de grondwaterhuishouding en –kwaliteit. Bodemdaling kan een effect hebben (verplaatsing of verspreiding) op eventuele verontreinigingen die humane en/of ecologische risico's kunnen veroorzaken. Verontreinigingen kunnen de bodemecosystemen en natuurlijke bodemfuncties en mogelijkheden voor ander gebruik van de ondiepe ondergrond aantasten. Bodemdaling kan daarnaast een toename zoute kwel (verzilting) veroorzaken, wat invloed heeft op de zoete (grond)watervoorraden en op het (bodem)ecosysteem.

Bodemdaling kan ook leiden tot verstoring van de bodemopbouw en kan voorkomen bij winning van grondstoffen.

Injectie van CO₂ kan een deel van de bodemdaling veroorzaakt door onttrekking van aardgas compenseren. Anderzijds kan ook verdere compactie van het reservoir optreden doordat kalkhoudende elementen in oplossing gaan in een CO₂ en waterrijke omgeving. Dit kan juist leiden tot extra bodemdaling.

3 Potentieel van de Diepe Ondergrond en het Omgevingsbeleid in de drie Noordelijke Provincies

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt per provincie, het potentieel van de diepe ondergrond geconfronteerd met het omgevingsbeleid. Op deze wijze trachten we in beeld te brengen waar welke bovengrondse gebruiksfuncties mogelijk versterkt of ontwikkeld kunnen worden door het benutten van de potenties in de diepe ondergrond. Hierbij wordt rekening gehouden met de interferenties tussen de verschillende ondergrondse gebruiksfuncties die in het vorige hoofdstuk geïdentificeerd zijn.

3.2 Fryslân

3.2.1 *Potentieel diepe ondergrond*

De belangrijkste gebruiksmogelijkheden van de diepe ondergrond in de provincie Fryslân zijn geothermie en CO₂- of aardgasopslag in lege gasvelden. Daarnaast zijn er mogelijkheden voor (het voortzetten van) zout- en aardgaswinning. In Fryslân is geen potentieel voor oliewinning aanwezig.

In deze paragraaf wordt een korte samenvatting van de potentieelstudie voor de aanwezige gebruiksmogelijkheden in Fryslân gegeven.

3.2.1.1 *Zoutwinning*

Ten noordoosten van Harlingen (concessie Barradeel) vindt op dit moment zoutwinning plaats. Er zijn drie zoutputten aanwezig (Figuur 2.2). De potentieelstudie wijst uit dat er geen niet-gewonnen diapieren in de provincie aanwezig zijn, welke geschikt zouden kunnen zijn voor aardgas- en/of CO₂-opslag.

3.2.1.2 *Aardgaswinning*

Gasvelden waarvan wordt verwacht dat deze zullen produceren tot 2015 (Figuur 2.10) liggen vooral in het gebied ten noorden en (zuid)westen van Drachten, en zuidoosten van Leeuwarden. Daarnaast zijn kleinere gasvelden aanwezig nabij het Lauwersmeer, ten oosten en zuiden van Harlingen en in het zuidoosten van de provincie.

Gasvelden die naar verwachting tussen 2015 t/m 2030 zijn uitgeproduceerd liggen ten (noord)westen van Drachten, ten oosten van Harlingen, ten zuiden van het Lauwersmeer, ten noordwesten van Dokkum en in oost-Ameland (Figuur 2.11). Verwacht wordt dat na 2030 alle gasvelden in de Frysche ondergrond zijn uitgeproduceerd.

3.2.1.3 *Geothermie*

Potentiële regio's voor warmtewinning met geothermie bevinden zich in het noordoosten van de provincie en rondom Harlingen (Figuur 2.5). Elektriciteitswinning met geothermie is slechts in het uiterste noordoosten van Fryslân mogelijk (Figuur 2.6).

3.2.1.4 *Aardgas- en CO₂-opslag*

Aardgas- en CO₂-opslag is in Fryslân alleen mogelijk in lege gasvelden; er zijn geen geschikte bestaande of potentiële lege zoutcavernes aanwezig. Voor het Barradeel zijn

momenteel geen plannen om te onderzoeken of CO₂-opslag of aardgasopslag een mogelijke optie is.

Het potentieel van zowel aardgas- als CO₂-opslag is afhankelijk van de factor tijd. De reservoirs die mogelijk gebruikt zullen worden voor aardgas- of CO₂-opslag verschillen van elkaar vanwege de verschillende voorwaarden die aan de lege gasvelden gesteld worden (grootte van de capaciteit in relatie tot de hoeveelheid kussengas dat benodigd is, zie ook 2.6.3).

Het potentieel voor CO₂-opslag in de provincie Fryslân is het hoogst in de periode tussen 2015 en 2030.

- Tot en met 2015 hebben twee lege gasvelden een gemiddeld potentieel voor CO₂-opslag; een groot veld ten noorden van Drachten en een kleiner veld ten westen van het Lauwersmeergebied (groen in Figuur 2.7).
- Tussen 2015 en 2030 zijn mogelijkheden voor grootschalige CO₂-opslag in lege gasvelden onder en ten westen van Drachten, en op Oost-Ameland (donkergroen in Figuur 2.8). Velden met een gemiddeld potentieel zijn aanwezig onder de Waddenzee ten zuidoosten van Vlieland en ten zuidoosten van het Lauwersmeergebied.
- Na 2030 zijn in Fryslân alleen nog velden aanwezig met laag potentieel (bruin in Figuur 2.9).

Voor gasopslag in lege gasvelden geldt dat het hoogste potentieel benut kan worden t/m 2015.

- Tot en met 2015 zijn 4 gasvelden aanwezig die ‘goed geschikt’ zijn (donkerbruin in Figuur 2.10), waarvan 1 nog niet ontwikkeld is. Daarnaast zijn verschillende velden die ‘redelijk geschikt’ zijn (licht bruin en licht groen).
- Tussen 2015 en 2030 neemt het potentieel voor gasopslag aanzienlijk af (Figuur 2.11). Er is slechts 1 – niet ontwikkeld – ‘goed geschikt’ gasveld aanwezig in het zuiden van de provincie, verder slechts enkele ‘redelijk geschikte’ velden.
- Na 2030 zijn er slechts enkele, niet ontwikkelde, potentiële velden aan te wijzen (Figuur 2.12).

3.2.2 (Ruimtelijk) beleid Fryslân

Tabel 3.1 Beschrijving en ambities van gebruik diepe ondergrond in beleidsdocumenten Fryslân. In grijs: aanvullingen / mogelijkheden op basis van beschrijvingen in beleidsdocumenten.

Beleid/ bron	Diep	“ambitie”	Ondiep/waterlaag	occupatielaag
Provinciaal milieubeleidsplan	Afvalopslag	NIET	-	-
Streekplan Fryslân 2007	Winning diepe delfstoffen	Alleen buiten EHS (Ecologische HoofdStructuur) & bestaande natuurgebieden. Onder IJsselmeer alleen via vasteland, met uitsluitel van onevenredige schade.	Doorboren Risico's voor zoetwaterhuishouding (drinkwater)	Uitsluiting EHS/natuur/Waddengebied /IJsselmeer
	Aardgaswinning vasteland	Aflopente tendens, eindfase	Doorboren	Bodemdaling Productiesite onshore
	Aardgaswinning Waddenzee en Waddeneilanden	Tegen nieuwe opsporing en nieuwe winning (ook niet via vasteland)	Doorboren	Bodemdaling en gevolgen voor ecosysteem Productiesite on/offshore
	Zoutwinning	Noordwesten, mag tot bodemdaling 35 cm is, is bijna het geval, 2 ^e concessie komt er echter aan, (evt. procedures tot uitbreiding gebied). Afwijzing nieuwe winningactiviteiten zolang onzekerheden over schade niet zijn weggenomen	Doorboren Verzilting Waterhuishouding	Bodemdaling (max. 35cm) Handhaven hoogwaardige landbouw Productiesite = ruimtebeslag
	CO ₂ - en gasopslag	Na in kaart brengen voor- en nadelen standpunt innemen	Doorboren	Installatie, maatschappelijk beeld
	Geothermie		Doorboren	Zoekgebied glastuinbouw
	Diverse diepe winning / opslag activiteiten		Doorboren	Diverse. Beschermingsgebieden, oa grondwater, EHS, wadden, natuur (kaarten zie Bijlage L).
				Platteland met gebiedsspecifiek

				agrarische ontwikkelingsruimte
				Ruimtelijke ontwikkelingen voornamelijk infrastructureel (Zuiderzeelijn, verbinding Leeuwarden- Heerenveen)
	Geothermie voor warmte en CO ₂ -opslag	Klimaatbeleid: beperken emissies en CO ₂ . “faciliteren ruimtelijk inpassende energievoorzieningen” (met gemeenten) (aardwarmte wordt niet specifiek benoemd)	Doorboren	Duurzame stedelijke ontwikkeling Bovengrondse warmtevraag
Energie-akkoord NN	Geothermie	winning van diepe aardwarmte, mogelijk in Noordwest Fryslân		Toepassing van innovatieve energieopties bij enkele honderden ha glastuinbouw nabij Sexbierum
	Geothermie	Mogelijke toepassing in Noordwest Fryslân		Bovengrondse warmtevraag
	CO ₂ -opslag	CO ₂ -afvangen en opslaan in oude gasvelden nabij Akkrum, gebruikmakend van EGR (enhanced gas recovery) technologie		50MW ZEPP-centrale (zero emission power plant) in Drachten
Fryslân Geeft Energie (april 2009)	Geothermie	Samen met de andere Energy Valley-provincies en het Rijk een initiërende en faciliterende rol spelen. Verwachting: drie concrete aardwarmtebronnen in 2015.		Gedacht wordt aan locaties glastuinbouw (Sexbierum), in nieuw-Stroomland (Leeuwarden) en bij Terschelling.
	Geothermie	Stimuleren van gebruik geothermie. Opstellen van businesscase (in 2009) voor grootschalig gebruik in de glastuinbouwsector bij Sexbierum (Waddenglas), en bevorderen van het beschikbaar komen van financiële middelen.		Glastuinbouw bij Sexbierum

3.2.3 *Confrontatie ruimtelijk beleid met diepe ondergrondpotentieel*

In dit hoofdstuk worden de uitkomsten van de potentieelstudie geconfronteerd met de relevante beleidstukken van de Provincie Fryslân (zie Tabel 3.1). Hieruit volgen een aantal belemmeringen en kansen voor gebruiksmogelijkheden van de diepe ondergrond die aansluiten bij het (ruimtelijke) beleid van de provincie.

3.2.3.1 *Zoutwinning*

Voortzetting van de zoutwinning in Noordwest Fryslân (concessie Barradeel) lijkt weinig interferentie met ander gebruik van de ondergrond tot gevolg te hebben.

De concessie ligt wel in het zoekgebied voor glastuinbouw. Glastuinbouw is niet direct afhankelijk van waterhuishouding, maar mogelijk kan de verzilting problemen veroorzaken voor gebruik van gietwater.

Bodemdaling gaat geleidelijk. Positionering van wonen en werken in de economische kernzone Harlingen - Franeker - Leeuwarden kan mogelijk negatief beïnvloed worden door de bodemdaling, waardoor schade aan gebouwen of infrastructuur kan ontstaan.

3.2.3.2 *Aardgaswinning*

Aardgaswinning op het vasteland (ten zuidoosten van Leeuwarden) is in een eindfase en heeft een aflopende tendens. Eventueel kan uit nieuwe (nog niet ontwikkelde) velden aardgas gewonnen gaan worden. De provincie is tegen nieuwe opsporing /winning in het Waddengebied (ook niet via vasteland) vanwege de natuurwaarden.

Aardgaswinning kan seismiciteit en bodemdaling veroorzaken. In Friesland is de ondergrond niet extra gevoelig voor seismiciteit (zie Potentieelstudie).

In het geval er gekozen wordt om aardgaswinning toe te gaan passen in nieuwe velden, dan zal in sommige gevallen een aansluiting (infrastructuur) gemaakt moeten worden op het bestaande aardgasnetwerk. Hiervoor is zowel ruimte (ondiepe ondergrond) als een productiesite (occupatielaag) nodig.

3.2.3.3 *Oliewinning*

In Friesland zijn geen locaties voor oliewinning aanwezig.

3.2.3.4 *Geothermie*

Mogelijke interessante locaties voor de toepassing van geothermie in Fryslân worden beschreven in de volgorde van hoog naar laag potentieel:

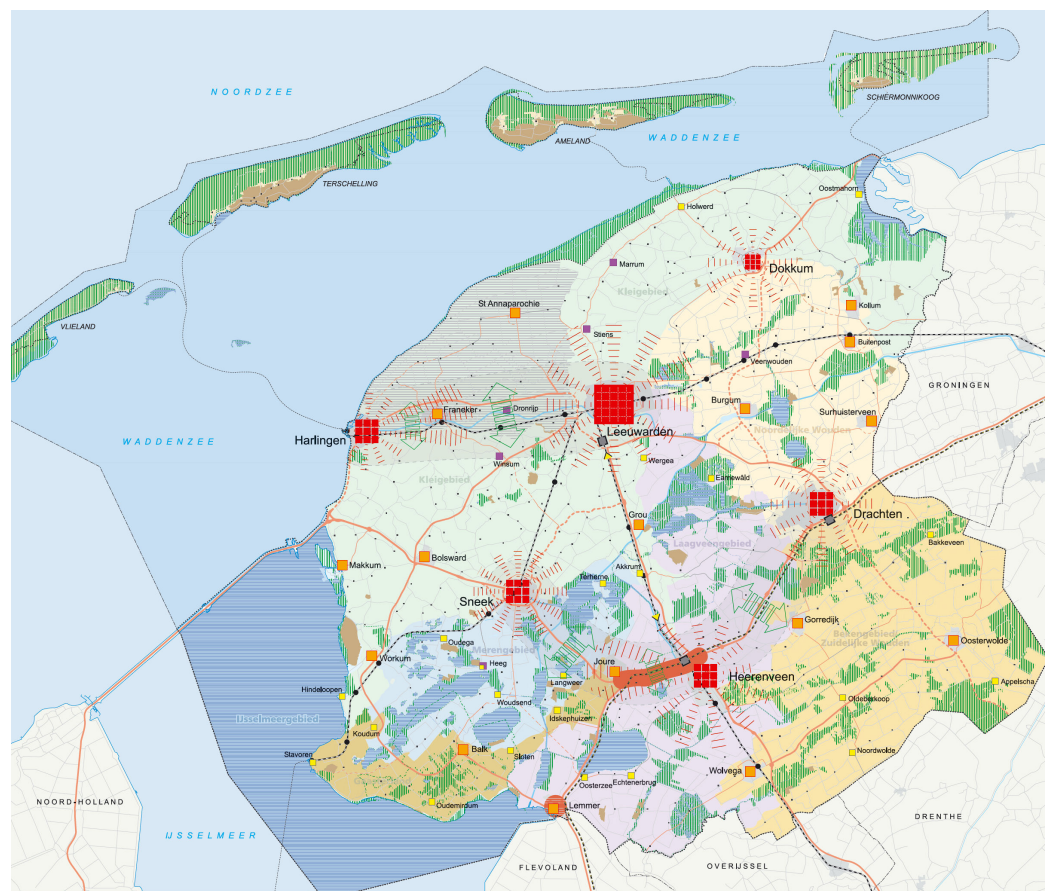
Het hoogste potentieel voor de toepassing van geothermie ligt in het noordoosten van Fryslân. In het bijzonder het potentieel voor elektriciteitswinning met geothermie is voor een groot deel geconcentreerd in dit deel van de provincie. Ontwikkelingsplannen in Noordoost- Fryslân die geschikt kunnen zijn voor de toepassing van geothermie zijn de zuidwestelijke woonuitbreiding bij Dokkum, en de uitbreiding van bedrijventerrein Betterwird (noordwest Dokkum) in westelijke richting.

Het Streekplan schetst dat de sociaal-economische situatie in Noordoost- Fryslân zorgen baart; centraal in de ruimtelijke visie van het gebied staan dan ook het benutten en versterken van de gebiedskwaliteiten als sociaal-economische impuls voor de regio. Het leveren van duurzame energie in de vorm van warmte en/of elektriciteit uit geothermie zou mogelijk als een gebiedskwaliteit gezien kunnen worden.

Ook in Noordwest-Fryslân zijn gebieden met hoog potentieel voor geothermie aanwezig. In deze regio liggen de meest interessante toepassingsmogelijkheden van

geothermie bij de glastuinbouw. Noordwest-Fryslân is één van de nationale projectlocaties voor glastuinbouw voor de opvang van 'uitplaatsing' van glastuinbouw uit het westen van het land. Er wordt ruimte geboden voor de uitbreiding van glastuinbouw met maximaal 450 hectare bruto. Ten noordwesten van Leeuwarden tot aan de kustlijn en Harlingen is hiervoor een zogenaamd zoekgebied glastuinbouw aangewezen (grijs gebied in Figuur 3.1). De netto oppervlakte glastuinbouw in de provincie bedraagt op dit moment ruim 100 hectare (bruto circa 250 hectare). De glastuinbouw is geconcentreerd op enkele locaties in Noordwest-Fryslân, waaronder een grote nieuwe concentratie bij Berlikum.

In het Energieakkoord en het Programmaplan Duurzame Energie van de provincie Fryslân wordt de locatie Sexbierum aangedragen als een van de drie concrete locaties voor geothermie (naast Terschelling en Nieuw Stroomland). In 2009 zal in opdracht van de provincie een businesscase worden opgesteld voor grootschalig gebruik van geothermie bij Sexbierum.



Figuur 3.1 Plankaart Streekplan Fryslân 2007; zoekgebied glastuinbouw is aangeduid als grijs gebied in Noordoost- Fryslân.

Potentiële woninguitbreiding in Noordwest-Fryslân die eventueel in aanmerking komt voor geothermie is gepland bij Franeker. De ontwikkeling van Franeker-Zuid zal voor 2010 van start gaan, waarvan het oostelijk deel waarschijnlijk na 2010 aan de orde komt. Ook potentiële uitbreiding van bedrijventerreinen biedt mogelijkheden voor geothermie; ten zuiden van het Van Harinxmakanaal is een nieuw bedrijventerrein (Kie) gepland. Na 2010 is uitbreiding van de bedrijventerreinen Oostpoort I en II ten noord(oosten) van Harlingen mogelijk, in oostelijke richting.

Het potentieel voor geothermie voor de locaties in Midden- Fryslân is ‘gemiddeld’. Het grootste woonuitbreidingsgebied in deze regio ligt aan de zuidkant van Leeuwarden. Een deel hiervan betreft de lopende planontwikkeling van Zuiderburen (inmiddels vergevorderd). Een ander deel betreft de nieuwe grote woonuitbreiding de Zuidlanden, waarvan de totale planontwikkeling doorloopt tot ruim na 2015. Er zal aandacht zijn voor duurzaam bouwen. Het toepassen van duurzame energiebronnen zoals geothermie zou hierbij goed kunnen aansluiten. Ook in Stiens zijn op kleinere schaal nieuwe plannen voor woningbouw. Aan de (zuid)westzijde van Leeuwarden zijn mogelijkheden voor nieuwe bedrijvigheid. Er wordt onder andere gedacht aan de uitbreiding van Newtonpark.

Een nieuw ontwikkelingsgebied dat niet is opgenomen in Streekplan 2007 is Gebiedsontwikkeling Nieuw Stroomland²⁵, ten zuidwesten van Leeuwarden. Het gebied verandert de komende jaren op het gebied van woningbouw, bedrijvigheid, infrastructuur, recreatie en landschap ingrijpend. De betrokken partijen, provincie Fryslân en de gemeenten Leeuwarden, Littenseradiel en Menaldumadeel, willen deze veranderingen baseren op duurzame energie, watertechnologie en het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit. De toepassing van geothermie sluit aan op de duurzaamheidsambities in dit gebied. In het Programmaplan Duurzame Energie van de provincie behoort ook deze locatie tot een van de concrete locaties voor geothermie.

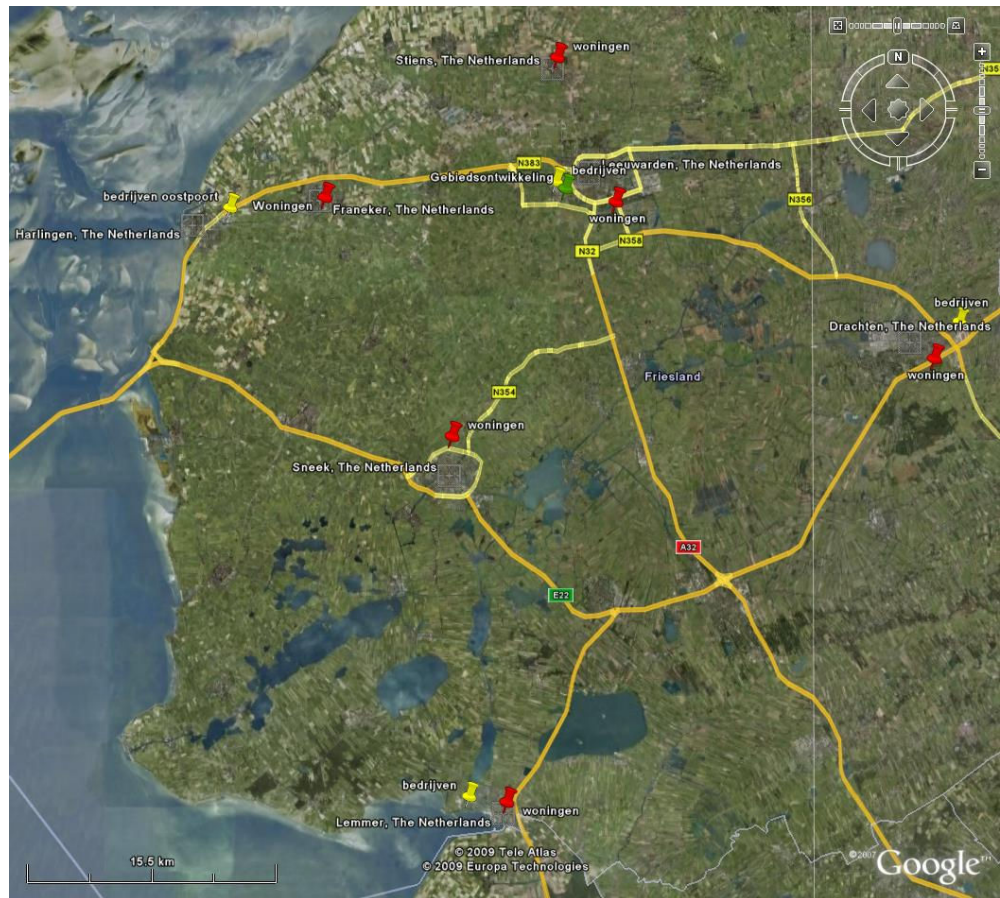
Ook in het westen van Fryslân is het potentieel voor geothermie ‘gemiddeld’. Rondom Drachten ligt het accent van verstedelijking op de oostzijde van de stad. Na 2010 wordt rekening gehouden met de aanleg van de nieuwe woonuitbreiding Drachten-Oost. Voor bedrijvigheid wordt het bedrijventerrein A7-Noord ontwikkeld. Afhankelijk van de behoefte en marktontwikkeling loopt deze planontwikkeling door tot na 2015. Voor de lange termijn (rond 2015, afhankelijk van taakstelling en behoefte) wordt rekening gehouden met de ontwikkeling van Drachten-Zuid. Deze multifunctionele verstedelijkingslocatie bevindt zich aan de overzijde (ten zuiden) van de A7. Voor de functionele invulling en ruimtelijke inpassing van Drachten-Zuid zal een ruimtelijke visie worden opgesteld waarbij de provincie betrokken zal zijn. Aangezien dit gebied nog volledig ontwikkeld zal moeten worden, biedt het wellicht kansen voor het toepassen van warmtewinning uit geothermie.

In Zuidwest- Fryslân ligt het potentieel van geothermie iets lager dan eerder genoemde locaties, maar nog in de categorie ‘gemiddeld’. De ontwikkelingsruimte in deze regio voor verdere verstedelijking wordt geboden in het bundelingsgebied Sneek. Na 2010 komt de nieuwe grote woonuitbreiding Harinxmaland aan de noordkant van de stad aan de orde, waarvan het plantempo doorloopt tot ruim na 2015.

Op de lange termijn – waarschijnlijk na 2015 – komt de ontwikkeling van een nieuwe woonlocatie in Lemmer in beeld, waarbij ook een eventuele herstructurering/herinvulling van het huidige bedrijventerrein Buitengaats betrokken kan worden.

Het potentieel voor geothermie rondom Heerenveen is ‘gemiddeld’ tot ‘laag’. Vraag naar nieuwbouw na 2010 kan leiden tot de ontwikkeling van een nieuwe woonwijk aan de westkant van Heerenveen (Heerenveen-West). Daarnaast bestaan ontwikkelgebieden voor uitbreiding van bedrijventerreinen op de lange termijn in het noordoostkwadrant van de kruising A32/A7.

²⁵ zie ook www.nieuwstroomland.nl



Toelichting:
 Rood = woninguitbreidingen
 Geel = bedrijventerreinen.

Figuur 3.2 Ontwikkeling van woningen, bedrijventerreinen en gebiedsontwikkeling in Fryslân (Google Maps)

Gebieden met hoog geothermie potentieel in Fryslân hebben geen overlap met (grondwater)beschermingsgebieden (Bijlage L).

3.2.3.5 *CO₂-opslag*

De actuele stand van zaken – per december 2009 – is dat de provincie Fryslan (voorlopig) geen locaties voor CO₂-opslag zal ontwikkelen²⁶. Men is van mening dat CO₂-opslag de omschakeling naar een meer CO₂-neutrale energievoorziening, niet dichterbij zal brengen. Maar mocht Fryslan in de toekomst het opslaan van CO₂ in de diepe ondergrond heroverwegen, dan zijn de onderstaande opmerkingen (opnieuw) relevant.

De lege gasvelden met het hoogste potentieel voor CO₂-opslag in de provincie Fryslân zijn gelegen in het gebied ten westen van Drachten en zuidoosten van Leeuwarden (Figuur 2.8). Dit potentieel geldt voor de periode 2015 t/m 2030. Een deel van dit gebied overlapt met het natuurbeschermingsgebied bij Eastermar. De eventuele injectielocatie van CO₂ in een van de velden zal in ieder geval niet in dit gebied geplaatst kunnen worden. Het voordeel van CO₂-opslag in dit gebied is de afwezigheid

²⁶ Zie: http://www.volkskrant.nl/binnenland/article1322573.ece/Friesland_keert_zich_tegen_CO2-opslag

van woningen en bedrijvigheid waardoor de ruimtelijke en maatschappelijke inpassing eenvoudiger zal zijn.

De belangrijkste potentiële gebieden voor CO₂-opslag komen niet overeen met bovengenoemde potentiële locaties voor geothermie, dus tussen deze gebruiksfuncties zijn geen interferenties te verwachten. De potentieelkaart voor CO₂-opslag in lege gasvelden t/m 2015 laat wel een veld zien met gemiddeld potentieel in het gebied met het hoogste potentieel voor geothermie (gelegen tegen het Lauwersmeergebied). Echter, warmtewinning via geothermie in dit gebied is wellicht niet realistisch vanwege het gebrek aan lokale grootschalige warmtevraag. Onderzocht kan worden of electriciteitswinning via geothermie in dit gebied wel een optie is.

Beschermingsgebieden vormen mogelijke belemmeringen voor CO₂-opslag op de locatie van de CO₂-injectie. Er is sprake van overlap van geschikte lege gasvelden en beschermingsgebieden bij de velden met het hoogste potentieel (bijlage L). Kansen voor CO₂-opslag in deze gebieden zijn afhankelijk van de (technische) mogelijkheden van injectielocaties buiten de beschermingsgebieden, en in hoeverre mogelijke effecten op de ondiepe ondergrond meespelen. Daarnaast kan onderzocht worden in hoeverre oude infrastructuur voor gaswinning aanwezig is, welke mogelijk gebruikt kan worden voor CO₂-opslag (rekening houdend met aanpassing van vergunningen).

3.2.3.6 *Aardgasopslag*

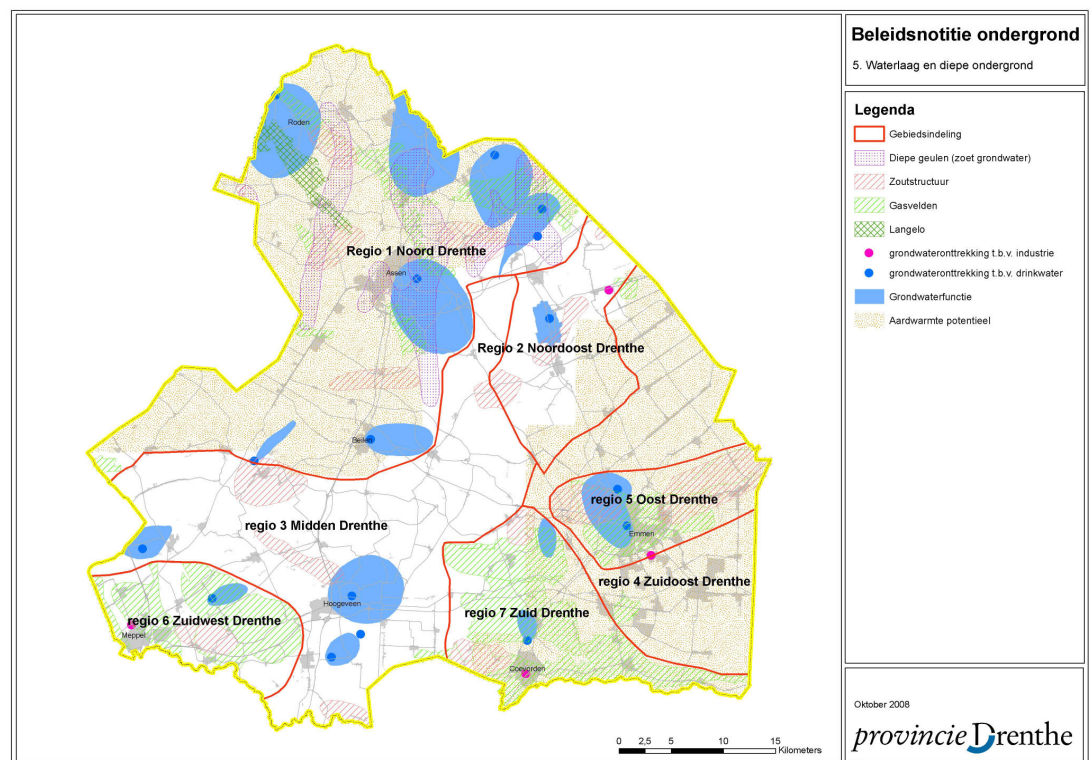
De gebieden in Fryslân die 'goed of redelijk geschikt' zijn voor aardgasopslag in lege gasvelden overlappen niet met mogelijk geschikte locaties voor geothermie die hierboven beschreven zijn. Er is dus geen negatieve interferentie tussen geothermie en gasopslag in lege gasvelden in Fryslân te verwachten.

De lege gasvelden in Fryslân die 'goed geschikt' zijn voor aardgasopslag zijn niet gelegen in de directe omgeving van verstedelijkte gebieden.

3.3 Drenthe

3.3.1 *Potentieel diepe ondergrond*

Voor de samenvatting van het technisch potentieel in Drenthe is naast de Potentieelstudie ook de Beleidsnotitie Ondergrond Drenthe²⁷ gebruikt. In deze notitie is ook gekeken naar de geschiktheid van de ondergrond in Drenthe voor de verschillende gebruiksfuncties. Op basis van technische eigenschappen van de waterlaag en diepe ondergrond is de provincie opgedeeld in 7 regio's (Figuur 3.3). Vervolgens zijn per regio de meest belangrijke autonome ontwikkelingen, kansen, randvoorwaarden en mogelijk conflicterende belangen meegenomen, zij het in beperkte mate. Het resultaat hiervan is weergegeven in Tabel 3.2 (afkomstig uit de Beleidsnotitie). Dit geeft een globaal overzicht van de technische geschiktheid van de ondergrond per regio.



Figuur 3.3 Regio indeling Drenthe op basis van technische eigenschappen van de waterlaag en diepe ondergrond

²⁷ Beleidsnotitie Ondergrond Drenthe, opgesteld door werkgroep ondergrond van de provincie Drenthe (7 november 2008)

Tabel 3.2 Samenvattende tabel geschiktheid ondergrond per regio (regio's zie Figuur 3.2) op basis van een kwalitatieve analyse uit de Beleidsnotitie ondergrond Drenthe.

	N	NO	M	ZO	O	ZW	Z
	1	2	3	4	5	6	7
Geschiktheid per functie							
Infrastructuur	-	-	+	0	+	++	-
Zandwinning	+	++	+	++	++	++	0
Drinkwater	++	++	+	-	+	+	-
WKO	++	+	++	0	-	++	+
Olie/aardgas winning	++	0	0	0	++	+	++
Opslag CO₂	++	0	0	0	++	++	++
Opslag aardgas	++	0	0	0	++	++	++
Geothermie	++	0	+	++	++	0	++
Luchtopslag	+	+	+	0	++	0	+
(Gevaarlijk) afval	--	--	--	0	--	0	--

- ++ Aanwezig / veel mogelijkheden
- + Aanwezig / beperkte mogelijkheden
- 0 Potentieel niet aanwezig
- Aanwezig / technisch niet geschikt
- Aanwezig / door beleid ongeschikt

Zoutwinning

In Drenthe vindt op dit moment geen zoutwinning plaats, er zijn geen bestaande zoutputten aanwezig. Er bevindt zich wel een aantal niet-gewonnen zoutdiapieren in midden en noord Drenthe. Deze kunnen in de toekomst wellicht interessant worden in verband met (aard)gas- of persluchtopslag als deze geschikt worden gemaakt voor dergelijke opslag.

Olie- en aardgaswinning

De verwachte winning van aardgas van de meeste gasvelden in Drenthe loopt t/m 2015. Relatief grote velden liggen vooral in Zuidoost-Drenthe, ten noorden van Coevorden en bij Emmen (licht groen in Figuur 2.3). Het winningpotentieel van de aanwezige gasvelden in Zuid en Zuidwest Drenthe wordt gegeven tussen 2015 t/m 2030 (groen in Figuur 2.3). Na 2030 is aardgaswinning alleen nog mogelijk in het noordwesten van Noord Drenthe, bij Langelo (donkergroen in Figuur 2.3).

Potentieel voor oliewinning is alleen aanwezig ten oosten van Coevorden, t/m 2015. Daarnaast heeft Drenthe twee nog niet ontwikkelde velden waar wellicht oliewinning zou kunnen plaatsvinden, afhankelijk van de economische haalbaarheid.

Geothermie

De toepassing van geothermie is mogelijk in grote delen van de provincie. Het hoogste potentieel bevindt zich in Noord Drenthe, ten zuidwesten van de stad Groningen. In de regio's Zuidoost (ten zuidoosten van Emmen), Oost, en Zuid Drenthe bevindt zich 'gemiddeld' potentieel voor warmtewinning uit geothermie. In Midden Drenthe is het gebied ten oosten van Hoogeveen geschikt voor de toepassing van geothermie.

Voor elektriciteitswinning met geothermie is geen 'hoog' potentieel aanwezig in de provincie. Alleen in Noord Drenthe ligt een gebied met 'gemiddeld' potentieel.

Opslag van (aard)gas, CO₂ en perslucht

De mogelijkheden voor aardgasopslag in lege gasvelden is beperkt in Drenthe. Er is een aantal velden met gemiddeld potentieel in Noord Drenthe, ten noorden en westen van Assen en enkele kleine niet-ontwikkelde velden met een hoog potentieel. Na 2015 loopt het potentieel af, alleen enkele niet-ontwikkelde velden laten een gemiddeld potentieel zien.

Het potentieel voor CO₂-opslag in lege gasvelden verschilt sterk van locatie in de tijd:

- t/m 2015 bevindt zich een groot gasveld met hoog potentieel in de provincies Drenthe en Groningen, bij Annerveen. Twee velden met een gemiddeld potentieel komen voor in Zuid en Zuidoost Drenthe, ten oosten van Coevorden en noordoosten van Emmen.
- In de periode 2015 t/m 2030 laat de potentieelstudie een veld met hoog potentieel zien onder en ten zuidwesten van Coevorden, deels in Overijssel. Een groot veld met gemiddeld potentieel ligt ten oosten van Meppel.
- Na 2030 komt het langgerekte gasveld 'Langelo' (ten noordoosten van Assen) in aanmerking voor CO₂-opslag. Momenteel is dit de locatie van Gasopslag Norg.

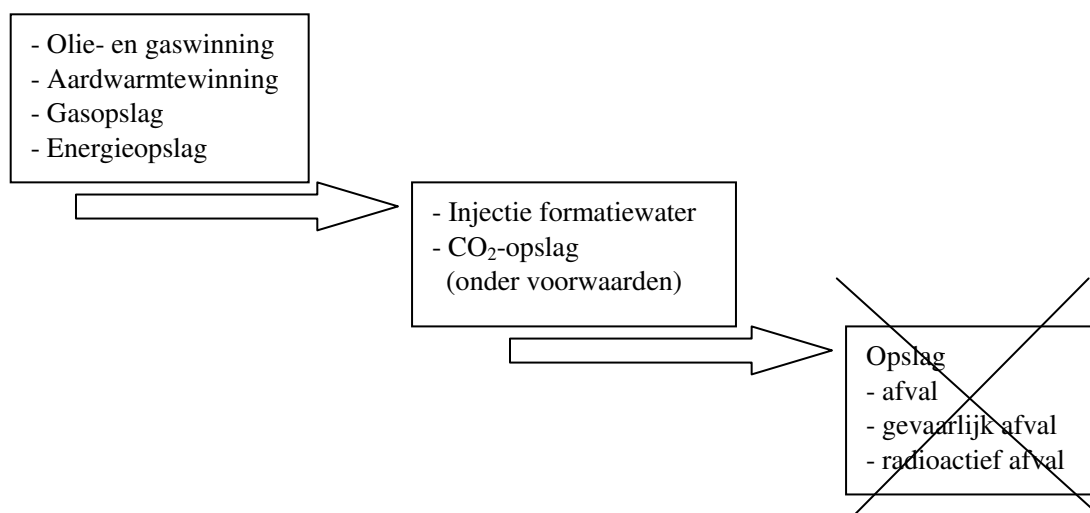
Er zijn 3 à 4 niet-gewonnen zoutdiapieren in Drenthe aanwezig die na winning wel geschikt zouden kunnen zijn voor gasopslag. De grootste diapier ($12,9 \times 10^6 \text{ m}^3$) bevindt zich tussen Beilen en Assen. Deze diapieren komen ook in aanmerking voor de opslag van perslucht.

3.3.2 (Ruimtelijk) beleid Drenthe

Tabel 3.3 Beschrijving en ambities van gebruik diepe ondergrond in beleidsdocumenten Drenthe. In grijs: aanvullingen / mogelijkheden op basis van beschrijvingen in beleidsdocumenten.

Beleid/ Bron	Diep	“ambitie”	Ondiep/waterlaag	Occupatielaag
Structuurvisie voor de ondergrond (onderdeel van Plan-MER, nov. 2008)	Winning en opslag mogelijkheden	Prioritering volgens de Ladder van Drenthe (zie Figuur 3.3)	Rekening houden met strategisch belang van voorraden kwalitatief hoogwaardig grondwater	
	CO ₂ -opslag	Realisatie CO ₂ -opslag in Drenthe		Knelpunt: invloed grootschalige installaties op Drentse kernkwaliteiten rust en ruimte, en invloed CCS op imago Drenthe
	Gasopslag			Buffer voor biovergistinggasinstallatie ZO-Drenthe
	Afvalopslag	NIET, met uitzondering van injectie formatiewater uit olie- en aardgaswinning		
Beleidsnotitie ondergrond Drenthe (nov. 2008)	Opslag perslucht	Uitbreiding windenergie tot 30mW in ZO-Drenthe		Windmolenparken
	CO ₂ -opslag	Ruimtelijke reservering voor CCS in ZO-Drenthe		Aanleg ZEPP-centrale in ZO-Drenthe
Programma Klimaat en Energie: Actieplan 2009	Geothermie	2009 – 2011 Starten project geothermie glastuinbouw ZO-Drenthe 2011 – 2020 Doorontwikkeling geothermieprojecten		Glastuinbouw
	CO ₂ -opslag	2009-2011 Meedraaien in CCS programma NN (FES)		

		2011-2020 Eerste CCS pilot in Drenthe		
POPII (juli 2004)	Opslag perslucht	15mW /jaar in 2010, Overweging windpark bij Coevorden		Windenergie
	Olie- en aardgaswinning	Winning en transport blijven komende 10 jaar noodzakelijk		
	Aardgas- en CO ₂ -opslag			Beïnvloeding omgevingskwaliteiten door grootschalige installaties
	Afvalopslag	NIET		
	Diverse diepe winning / opslag activiteiten			Grondwaterbeschermingsgebieden (zie Bijlage L)
Beleidsverkenning ondergrond Drenthe (2005)	Olie- en aardgaswinning	Tussen nu (2005) en 10 jaar beëindiging aardgaswinning Drenthe		
	Aardgas- en CO ₂ -opslag	Op korte termijn beleid ontwikkelen om voorbereid te zijn op lege gasvelden en bestaande infrastructuur over 10 jaar		



Figuur 3.4 Prioritering van gebruiksfuncties voor de diepe ondergrond volgens de Ladder van Drenthe (uit R&D-notitie tbv de Structuurvisie voor de ondergrond)

3.3.3 Confrontatie ruimtelijk beleid met diepe ondergrondpotentieel

3.3.3.1 Zoutwinning

Indien gebruik gemaakt wordt van de aanwezige zoutdiapieren voor gasopslag, zullen deze eerst geschikt gemaakt moeten worden. Daarnaast zullen in deze gebieden indampingsinstallaties en pekelleidingen moeten worden aangelegd en moet rekening gehouden worden met mogelijke effecten op de hydrologie (kans op toename zoute kwel) en kans op bodemdaling.

De zoutdiapier ten noorden van Borger overlapt voor een deel met een grondwaterbeschermingsgebied t.b.v. drinkwater (zie Bijlage L). Dit geeft mogelijke belemmeringen voor zoutboringen in dit gebied. Voor de overige diapieren wordt weinig interferentie verwacht.

3.3.3.2 Aardgaswinning

Er zijn gelet op de hoge energieprijzen en toenemende energieschaarste redenen om de huidige in productie zijnde gasvelden vooreerst beter te exploiteren, dus 'leger te maken'. Initiatieven daartoe zijn gewenst, als dat passend is in verband met keuzes voor opslag in gasvelden. Dat betekent dat het voor alle producerende gasvelden van toepassing is, met uitzondering van gasvelden in Zuidoost-Drenthe omdat die in aanmerking kunnen komen voor de aanleg van een ZEPP-centrale²⁸ in combinatie met CO₂-opslag.

Voor de velden Roswinkel (nabij Emmen) en Annerveen zijn de seismische gevolgen van door gaswinning geïnduceerde bodemtrillingen hoger vergeleken met de ander velden.

²⁸ ZEPP is de afkorting voor Zero Emission Power Plant.

3.3.3.3 *Oliewinning*

In Schoonebeek wordt gewerkt aan hernieuwde oliewinning in een deel van het olieveld²⁹. Op termijn zijn er ook mogelijkheden voor het oostelijke deel, dat tot nu toe nog buiten beschouwing is gelaten. Bovengronds dient rekening te worden gehouden met inrichtingen en infrastructuur, om deze ontwikkeling mogelijk te maken.

3.3.3.4 *Geothermie*

In de Beleidsnotitie ondergrond Drenthe wordt nieuw kassengebied bij Smilde of Beilen als voorbeeld genoemd bij de ontwikkeling van nieuwe bedrijvigheid in combinatie met de toepassing van geothermie. Op deze locaties is een gemiddeld potentieel voor geothermie aanwezig.

De haalbaarheid van geothermie (technisch en economisch) is verkend in een TNO studie voor diverse locaties in het stedelijk gebied van Assen, voor bestaande en nieuwe glastuinbouwgebieden bij Emmen en globaal voor nieuwbouw in Leek-Roden³⁰. Zowel onder Assen-Messchenveld, Assen Zuid, Emmen Centrum en Emmen-Rundedal (tuinbouwgebied) moet het mogelijk zijn om een locatiekeuze voor een aardwarmte doublet te doen waarbij buiten de invloedssfeer van de aardgaswinning kan worden gebleven. Onder Leek-Roden zijn geschikte locaties beperkt en is er onzekerheid over al dan niet opgetreden drukdaling in de watervoerende laag.

In het Provinciaal omgevingsplan (POPII) is de verdere ontwikkeling van glastuinbouw tot 500 ha in 2010 beschreven. Deze ontwikkeling krijgt gestalte door de uitbreiding van de twee glastuinbouwconcentraties bij Emmen, namelijk Klazienaveen (het Rundedal) en Erika. De vertaling van de doelstelling om het areaal glastuinbouw uit te breiden naar 1000 ha in 2020 zal de komende jaren gestalte krijgen. Deze ontwikkelingen van glastuinbouw in een gebied met potentieel voor geothermie biedt kansen voor de toepassing van warmtewinning.

Voor technische combinaties met geothermie waarbij het overschot aan warmtewinning omgezet kan worden in elektriciteit, wordt Assen-Zuid genoemd, in de omgeving van het provinciehuis, en locaties in Zuidoost-Drenthe. In Zuidoost-Drenthe wordt ook gedacht aan de mogelijkheid om de restwarmte bij de winning van geothermie te gebruiken voor energievragende bedrijven en industrieën (zoals de fabricage van papier of aluminium).

Het potentiële gasveld voor CO₂-opslag ten oosten van Coevorden zou mogelijk kunnen interfereren met toepassing van geothermie in dat gebied (synergie-conflictkaart Rijnland Groep).

3.3.3.5 *CO₂-opslag*

In de Beleidsnotitie ondergrond Drenthe worden Zuidoost-Drenthe, Annerveen, Assen en Norg als mogelijke locaties beschreven voor CO₂-opslag op korte termijn.

Voor CO₂-opslag in Zuidoost-Drenthe zijn potentiële CO₂-bronnen (uit Drenthe) aanwezig, namelijk de NAM in Schoonebeek en Emmtec in Emmen. De nabijheid van bronnen maakt deze locatie aantrekkelijk voor CO₂-opslag.

²⁹ Het project HOS, Herontwikkeling Oliewinning Schoonebeek.

³⁰ TNO Bouw en Ondergrond, 2006. Aardwarmtewinning onder Assen, Roden-Leek, en Emmen: Globale Technische en Economische haalbaarheid. TNO-rapport-2006-U-RO202

In de Beleidsnotitie Ondergrond wordt bovendien de mogelijke aanleg van een ZEPP-centrale in Zuidoost Drenthe genoemd, in combinatie met CO₂-opslag.

De potentieelstudie laat een (klein) gebied van interferentie zien tussen CO₂-opslag en aardgaswinning t/m 2015 in Zuidoost-Drenthe (synergie-conflictaart Hoofdbontzandsteen Groep). Echter, vanwege het korte termijn karakter van dit potentieel is dit waarschijnlijk niet relevant.

Het gasveld van Annerveen is interessant vanuit het perspectief van CO₂-bronnen in Noord-Nederland, namelijk die van Eemshaven. Bij toepassing van CO₂-opslag in dit veld (dat voor een deel ook in Groningen ligt) moet men wel rekening houden met de ligging van grondwateronttrekkinggebieden t.b.v. drinkwater op deze locatie (Bijlage L).

In het gebied boven het potentiële gasveld ten noordoosten van Meppel bevindt een grondwaterbeschermingsgebied waar rekening mee gehouden dient te worden bij eventuele toepassing van CO₂-opslag.

3.3.3.6 *Aardgasopslag*

Drenthe heeft met zijn gasvelden en zoutvoorkomens een cruciale positie in de landelijke discussie over de 'gasrotonde'. Nederland wil hét Noordwest-Europese centrum worden op het gebied van handel, kennis, transport, opslag en conversie van aardgas. Aardgasopslag is daarbij een belangrijk strategisch onderdeel. Tot 2025 is de benodigde flexibele gasproductie gerealiseerd door de eigenschappen van het Groningenveld, in combinatie met de huidige drie aardgasopslaglocaties in Nederland. Aardgasopslag Norg in Drenthe, lokaal bekend 'Langelo' genoemd, is een van die drie locaties. Na het leegraken van het Groningenveld is verruiming van buffering en dus meer aardgasopslagcapaciteit noodzakelijk. Er wordt gesproken over aardgasopslag in lege gasvelden t.b.v. seizoenfluctuaties, en aardgasopslag in zoutcavernes t.b.v. de piek vraag naar aardgas na 2020-2025. Echter, volgens de potentieelstudie daalt het potentieel voor aardgasopslag in de bestaande gasvelden in Drenthe sterk na 2015. Dit zal afhankelijk zijn van tussentijds gebruik van deze velden, en verloop van peiljaren. Op basis van de potentieelstudie zal de ontwikkeling van aardgasopslagactiviteiten in deze vorm dus op korte termijn geïnitieerd moeten worden. De geschikte, nog niet-gewonnen zoutcavernes die in de provincie aanwezig zijn kunnen eventueel wel op een later moment als aardgasopslaglocatie ontwikkeld worden. Echter, aardgasopslag in lege gasvelden heeft het voordeel van aanwezige infrastructuur voor aardgastransport.

3.4 Groningen

3.4.1 *Potentieel diepe ondergrond*

Zoutwinning

Momenteel vindt in de provincie Groningen zoutwinning plaats binnen de zoutconcessies nabij Veendam en Winschoten. Uit de Potentieelstudie blijkt dat er in ieder geval vijf niet-gewonnen zoutdiapieren in de provincie aanwezig zijn. Daarvan ligt er een binnen de bestaande concessie Veendam, de overige diapieren liggen ten noordoosten van Stadskanaal tegen de Duitse grens en in het noordwesten van de provincie nabij de kust (Figuur 2.2). Het winnen van deze diapieren biedt mogelijkheden voor de opslag van aardgas en perslucht; de Potentieelstudie wijst uit dat alle geïdentificeerde niet-gewonnen diapieren voor deze gebruiksfuncties mogelijk geschikt zouden zijn.

Olie- en aardgaswinning

Volgens de Potentieelstudie is aardgaswinning uit het Slochteren gasveld in Groningen mogelijk tot na 2030. Daarnaast zijn enkele andere aardgasvelden aanwezig met potentieel t/m 2015 (Figuur 2.3), waaronder het aardgasveld bij Annerveen dat voor een deel in Drenthe ligt. In het noordwesten van de provincie liggen enkele velden met peiljaren tussen 2015 t/m 2030.

In de Potentieelstudie staat vermeld dat er in Groningen nog wel enkele olievelden voorkomen, welke momenteel niet in productie zijn. Echter, deze velden zijn niet weergegeven in de potentieelkaarten. Wel zijn er twee niet-ontwikkelde velden ten noordwesten van Stadskanaal geprojecteerd welke mogelijk olie zouden kunnen bevatten.

Geothermie

Het grootste deel van de provincie Groningen heeft een gemiddeld tot hoog potentieel voor warmtewinning uit geothermie. Hoog potentieel bevindt zich in het noordwestelijk deel van de provincie en nabij (vooral ten zuiden van) de stad Groningen (Figuur 2.5).

De potentieelkaart voor elektriciteitswinning met geothermie (Figuur 2.6) laat ook een toenemend potentieel zien richting het noordwesten, met uitzondering van een gebied tussen Groningen, Delfzijl en Winschoten waar potentieel ontbreekt. De ondergrond ten oosten van Lauwersmeer heeft volgens de Potentieelstudie een hoog potentieel voor de winning van elektriciteit met geothermie.

Het potentieel voor geothermie zal in Groningen op veel locaties afhankelijk zijn van mogelijke interferentie met gaswinning, vooral in de buurt van het Slochteren gasveld.

CO₂- en aardgasopslag

Voor ondergrondse opslag van CO₂- en aardgas zijn zowel geschikte lege gasvelden als lege zoutcavernes aanwezig in Groningen. Het opslagpotentieel in lege gasvelden verschilt in de tijd en verschilt voor de opslag van CO₂ of aardgas.

Het potentieel van de Groningse ondergrond voor CO₂-opslag ziet er als volgt uit in de tijd:

- t/m 2015 biedt het gasveld bij Annerveen hoog opslagpotentieel (donkergroen Figuur 2.7). Daarnaast zijn slechts enkele velden aanwezig met laag opslagpotentieel.
- In de periode tussen 2015 en 2030 is slechts een leeg gasveld met gemiddeld potentieel voor CO₂-opslag, gelegen aan de zuidoostkant van Lauwersmeer (licht groen Figuur 2.8).
- Na 2030 is het Slochteren gasveld geschikt om CO₂ in op te slaan, de potentieelstudie laat een hoog potentieel zien.

Voor de opslag van aardgas in lege gasvelden geldt:

- In de periode t/m 2015 zijn enkele lege gasvelden aanwezig met een 'gemiddeld' potentieel voor aardgasopslag (licht groen en licht bruin in Figuur 2.10).
- Tussen 2015 t/m 2030 ligt ten zuidoosten van Lauwersmeer een leeg gasveld met 'hoog' opslagpotentieel, en enkele (grotere) velden met 'gemiddeld' potentieel.
- Na 2030 biedt het Slochteren gasveld 'laag' potentieel voor de opslag van aardgas. Er zijn geen lege gasvelden meer aanwezig met gemiddeld of hoog potentieel.

In de potentieelkaarten voor alle tijdsperiodes zijn verschillende nog niet ontwikkelde velden met gemiddeld potentieel aanwezig (licht groen, rood omlijnd in figuur 2.10-12).

Opslag van aardgas (of ander gas zoals H₂) is ook mogelijk in de aanwezige zoutdiapieren, mits deze eerst gewonnen worden of geschikt worden gemaakt voor aardgasopslag. De niet-gewonnen diapier ten noordoosten van Stadskanaal biedt de grootste potentiële opslagcapaciteit voor aardgas van Noord Nederland, namelijk $22 \times 10^6 \text{ m}^3$.

3.4.2 (ruimtelijk) beleid Groningen

Tabel 3.4 Beschrijving en ambities van gebruik diepe ondergrond in beleidsdocumenten Drenthe. In grijs: aanvullingen/ mogelijkheden op basis van beschrijvingen in beleidsdocumenten

Beleid/ Bron	Diep	“ambitie”	Ondiep/waterlaag	Occupatielaag
Provinciaal Omgevingsplan 2009-2013	Opslag van stoffen en injectie van niet- gevaarlijke afvalstoffen	Beperkt toegestaan		
	Perslucht opslag	Realisatie van tenminste 750 megawatt windenergie (inclusief bestaande capaciteit) in de komende 10 jaar		Bestaande windparken en zoekgebieden windenergie (Eemshaven, Delfzijl en N33). Concentratie windparken op en bij industriegebieden om open landschap te ontzien.
	Berging/ opslag van radioactief afval en storten van gevaarlijke afvalstoffen	Niet toegestaan		
	Winning delfstoffen	Voldoende mogelijkheden bieden voor winning en infrastructuur (“Sterke regionale economie”)	Aanpassingen waterhuishouding (Onderzoek ism waterschappen naar noodzaak maatregelen tegen bodemdaling)	Bodemdaling, aantasting van landschap, trillingen (gebouw schade). Compensatieregelingen en afspraken met concessiehouders.
	Alle diepe ondergrond functies		Verbod op diepe boringen	Grondwaterbeschermingsgebieden en gebieden met verbod op fysische bodemaantasting (kaart Bijlage L)

	Delfstof winning Waddengebied	Ondersteuning aardgaswinning onder Waddengebied, geen boring <i>in</i> het Waddengebied		Alleen boringen vanaf vasteland. Voorkeur voor bundeling van buisleidingen voor gas, olie, elektriciteit en telecommunicatie, volgens aangewezen leidingstroken (POP kaart 3).
	Opslag aardgas, duurzame energie, stikstof, CO ₂	Faciliterende rol, oa investeren in infrastructuur gedurende opstartfase		
	CO ₂ -opslag	Ruimte bieden voor afvangen, transporteren en opslaan van CO ₂ . Streven naar voortrekkersrol in Europa op het gebied van schoonfossiele energie. Bereid om CO ₂ uit andere regio's door provincie te transporteren en in bodem op te slaan.		Ondersteuning van initiatieven, oa: -toekomstige energiecentrales van NUON en RWE in de Eemshaven (vanaf 2015) -hergebruik CO ₂ in industrie en glastuinbouw
	Geothermie	Onderzoek naar mogelijkheden voor geothermie in noordelijk verband		
	Geothermie	Ondersteunen energie innovaties glastuinbouw		
Bodem- en Ondergrondvisie Groningen	CO ₂ - en gasopslag	Een bijdrage leveren en mogelijkheden creëren voor de opslag van aardgas, stikstof en CO ₂ in lege gasvelden of in zoutcavernes		
	Co ₂ - en gasopslag	Participeren in landelijke en Europese projecten om een koploperspositie te verkrijgen bij de		

		benutting van de diepe ondergrond voor de opslag van aardgas, CO ₂ en stikstof		
	Geothermie	Mogelijkheden voor de benutting van geothermie onderzoeken en waar mogelijk stimuleren		
Energieakkoord	Persluchtopslag	Aanzienlijke bijdrage landelijke uitbreiding windenergie, accent op de provincies Groningen en Noord-Holland		Uitbreiding windmolenparken
	CO ₂ -opslag	Faciliteren en geschikt maken van de 1200 MW NUON Magnum-centrale voor CO ₂ -afvang en realisatie van opslag vanaf 2013/14 (Eemshaven)		Ontwikkeling NUON Magnum-centrale
	CO ₂ -opslag	Faciliteren en het geschikt maken van de 1600 MW RWE energiecentrale voor CO ₂ -afvang en realisatie van opslag vanaf 2013/14 (Eemshaven)		Ontwikkeling RWE energiecentrale

3.4.3 *Confrontatie ruimtelijk beleid met diepe ondergrond potentieel*

3.4.3.1 *Zoutwinning*

Voor zoutwinning in alle aanwezige diapieren in de provincie geldt dat er rekening gehouden dient te worden met bodemdaling en verzilting. Interferentie met andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond waar in Groningen rekening mee gehouden dient te worden is de winning van aardgas.

Het winnen van de zoutdiapier ten oosten van Veendam biedt mogelijkheden voor de opslag van perslucht in combinatie met windenergie dat opwekt wordt in het bestaande windturbinepark nabij Veendam. Dit park ligt slechts enkele km's verwijderd van de niet-gewonnen zoutdiapier met een potentiële opslagcapaciteit van 11.9×10^3 MW (zie: Potentieelstudie). De dichtstbijzijnde indampingsinstallatie is aanwezig bij Delfzijl. De zoutdiapier ligt binnen een bestaande zoutconcessie.

Mogelijke verzilting als gevolg van zoutwinning zou interferentie kunnen opleveren met de gebruiksfunctie voor drinkwater van het grondwater op deze locatie. Er zijn echter geen grondwaterbeschermingsgebieden in dit gebied aanwezig. Er is geen sprake van directe overlap met (potentiële) gaswinningsgebieden, maar mogelijke interferentie met gaswinning in het nabij gelegen gasveld Annerveen zou onderzocht moeten worden.

De opslag van perslucht in de ondergrond is in lijn met de ambitie van de provincie wat betreft het faciliteren van opslag van duurzame energie.

3.4.3.2 *Aardgaswinning*

Voor de gasvelden Slochteren en Annerveen zijn de seismische gevolgen van door aardgaswinning geïnduceerde bodemtrillingen hoger dan de overige velden in de provincie door de aanwezigheid van veenlagen in de ondergrond. Dit verdient dus aandacht bij locatiespecifieke studies.

Bij aardgaswinning moet rekening gehouden worden met bodemdaling en is aanpassing van de waterhuishouding op verschillende plaatsen noodzakelijk. Bodemdaling is het grootst in het centrum van het Slochteren gasveld.

3.4.3.3 *Geothermie*

Er wordt onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden om ruimte te bieden voor energieopwekking in het Lauwersmeergebied, onder andere via aardwarmte (POP 2009-2013). Het potentieel voor warmte en elektriciteitswinning met geothermie is hier het hoogst vergeleken met de rest van de regio Noord Nederland. Echter, de economische haalbaarheid van geothermie in dit gebied is waarschijnlijk beperkt vanwege het gebrek aan lokale grootschalige warmtevraag; warmte zal over relatief grote afstanden getransporteerd moeten worden met aanzienlijke rendementsverliezen tot gevolg. Indien een combinatie mogelijk is met lokale restwarmtelevering op kleine schaal, biedt elektriciteitswinning via geothermie wellicht de beste mogelijkheden.

De ontwikkeling van glastuinbouw in bij de Eemshaven biedt mogelijkheden voor de toepassing van geothermie. Het potentieel voor warmtewinning uit geothermie is hoog in dit gebied, en de directe warmteafname door glastuinbouw maakt deze gebruiksfunctie van de ondergrond hier zeer interessant. Een andere interessante locatie voor geothermie is het glastuinbouw ontwikkelingsgebied bij Hoogezand-Sappemeer.

Het berekende potentieel voor warmtewinning is lager dan in het Eemshavengebied, maar nog steeds voldoende geschikt (750-1500 GJ/ha/jaar). Voor beide locaties geldt dat er interferentie kan optreden met de aanwezige aardgaswinning. Onderzoek zal moeten uitwijzen in hoeverre en tot welk termijn gaswinning de toepassing van geothermie uitsluit. Het toepassen van geothermie in de glastuinbouwsector sluit aan bij de ambitie van Groningen betreffende de toepassing van innovatieve energieopties in de glastuinbouw, en de ambitie om mogelijkheden voor de benutting van geothermie te stimuleren waar mogelijk.

In 2014 is mogelijk uitbreiding nodig van bedrijventerreinen bij Eemshaven. Ook deze uitbreiding biedt perspectieven voor de toepassing van geothermie in dit gebied.

Andere interessante gebieden voor geothermie binnen Groningen met een grote lokale warmtevraag zijn nieuwe woningbouwlocaties. In het Nationaal Stedelijk Netwerk Groningen-Assen vindt ontwikkeling van woningbouwlocaties plaats, ondermeer via de gebiedsontwikkeling van Meerstad³¹ aan de oostzijde van Groningen. In dit gebied worden de komende jaren in totaal ongeveer 10.000 woningen gerealiseerd. Woninguitbreiding zal tevens plaats bij Hoogezand-Sappemeer Zuid. Ook dit gebied heeft overlap met het Groningen gasveld, dus kan er interferentie zijn tussen warmtewinning via geothermie en gaswinning.

Transformatie van de bestaande woningvoorraad in de regio's Eemdelta en (het noorden van) Oost-Groningen biedt ook kansen voor de toepassing van geothermie, mits vervanging van woningen op grote schaal plaats vindt.

Volgens het POP 2009-2013 moeten gemeenten bij de locatiekeuze voor grootschalige nieuwbouw aangeven hoe de energieaspecten zijn meegewogen in de besluitvorming. Bij grootschalige nieuwbouw moeten energieopties in het kader van de energieprestaties op locatie (veelal afgekort tot EPL) in breed perspectief worden beoordeeld. Geothermie zou hierbij meegenomen kunnen worden.

3.4.3.4 CO₂-opslag

Op de lange termijn zijn de mogelijkheden voor grootschalige opslag van CO₂ in Groningen afhankelijk van de gaswinning uit het Groningenveld (Slochteren). Pas wanneer dit veld uitgeproduceerd is (waarschijnlijk rond 2050) zal dit veld geschikt zijn voor CO₂-opslag, waarbij een potentiële opslagcapaciteit van 7350 Megaton CO₂ geschat wordt. Gezien de lange tijdsduur voor het beschikbaar komen van het Groningenveld, zal voor CO₂-opslag op korte termijn gebruik gemaakt moeten worden van andere velden.

In de periode t/m 2015 biedt het gasveld bij Annerveen het hoogste opslagpotentieel voor CO₂-opslag in Groningen. Dit veld ligt voor een groot deel in Drenthe. Bij toepassing van CO₂-opslag in dit veld moet men rekening houden met de ligging van grondwateronttrekkinggebieden t.b.v. drinkwater op deze locatie (Bijlage L).

Tussen 2015 en 2030 laat de potentieelstudie een gasveld met gemiddeld potentieel zien ten zuidoosten van het Lauwersmeergebied. Dit veld ligt voor een deel in het natuurbeschermingsgebied Lauwersmeer, wat de toepassingmogelijkheden van dit veld zou kunnen beperken.

³¹ <http://www.meerstad.eu/index.php>

Gezien de geplande ontwikkelingen op het gebied van CO₂-afvang en –opslag in Groningen (o.a. energiecentrales RWE, NUON), zal waarschijnlijk gebruik gemaakt moeten worden van velden in de andere noordelijke provincies.

Voor alle potentiële velden voor CO₂-opslag geldt dat er overlap is met potentieel voor geothermie. Dit betekent dat er in deze gebieden keuzes gemaakt moeten worden in het gebruik van de ondergrond. Echter, voor de locaties waar gaswinning plaats vindt is deze interferentie niet aan de orde aangezien warmtewinning met geothermie en gaswinning op dezelfde locatie niet mogelijk is.

3.4.3.5 *Aardgasopslag*

De velden bij Annerveen en Lauwersmeer zijn niet alleen geschikt voor de opslag van aardgas, maar ook voor de opslag van CO₂; hier zullen dus keuze gemaakt moeten worden. Op basis van de potentieelstudie gaat de keuze naar het gebruik voor CO₂-opslag, aangezien het potentieel voor aardgasopslag ‘laag’ is.

Groningen kan zich ontwikkelen tot Europese Gasrotonde. Maar dan moet de bestaande infrastructuur, vooral in de Eemdelta, op een aantal onderdelen worden uitgebreid.

In Groningen zijn zowel lege gasvelden als potentiële zoutcavernes aanwezig die gebruikt kunnen worden voor opslag van aardgas of andere gassen. Ook hier geldt dat aardgasopslag in lege gasvelden voordeel kan hebben van bestaande infrastructuur dat bij gaswinning gebruikt is.

4 Het optimaal benutten van de gebruiksfuncties in de diepe ondergrond: Voorstel voor een strategie

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden op basis van de inhoudelijke gegevens, zoals besproken in de voorgaande hoofdstukken, kansen benoemd die de noordelijke provincies zouden kunnen benutten. Op basis van “wat is er mogelijk” (hoofdstuk 3), zal nu gekeken moeten worden naar “wat willen we”, en “hoe gaan we dan te werk”?. Dit hoofdstuk vormt voor deze vragen een eerste aftrap.

De winning van olie, gas en zout wordt sterk gedreven door de economie. In Noord-Nederland zijn het geaccepteerde en bekende functies van de diepe ondergrond. De provincies beslissen hierover niet zelf, dat ligt bij de bevoegdheden van het ministerie van EZ (Mijnbouwwet). Winning van delfstoffen levert de provincies wel wat op in termen van werkgelegenheid en “waarde” voor Nederland. Negatieve gevolgen van winning (schade door bodemdaling, aardbevingen) worden veelal vergoed door het Rijk in het kader van de Mijnbouwwet. Een relatief nieuwe vorm van winning uit de diepe ondergrond is geothermie.

De winning van olie, gas en zout leidt tot nieuwe kansen voor benutting van de ondergrond. Het vrijkomen van ondergrondse ruimte door de winning van voornoemde delfstoffen en de “ontdekking” van het potentieel aan aardwarmte biedt kansen voor de mitigatie van de negatieve effecten van fossiele brandstoffen en voor een verduurzaming van de energievoorziening. Nieuwe technologieën maken de verdere exploitatie van bestaande olie- en gasvelden efficiënter.

Illustratief is in dit verband een passage uit een rapportage (*uit: lessons learned*³²) die eerder in dit onderzoeksproject is opgesteld:

Kracht van de regio Noord-Nederland

Uit de inventarisatie naar de technische gebruiksmogelijkheden van de diepe ondergrond die voor de beleidsvisie diepe ondergrond Noord-Nederland is uitgevoerd, blijkt dat de gebruiksmogelijkheden met de diepe ondergrond grensoverschrijdend zijn. Een duurzaam en strategisch gebruik van de diepe ondergrond in relatie tot mogelijkheden en ontwikkelingen in de ondiepe ondergrond en bovengrond, vraagt dan ook om een bundeling van (provinciale) krachten. Hoewel keuzes over het gebruik van de diepe ondergrond voornamelijk onder de bevoegdheden van het Rijk vallen, stellen de drie Noordelijke provincies zich proactief op om de kans op een duurzaam en strategisch gebruik van de diepe ondergrond te verhogen en om de ontwikkeling en versterking van de regio Noord-Nederland een impuls te geven (SNN).

In de praktijk betekent dit dat de drie noordelijke provincies de kansen en belangen voor de regio Noord-Nederland voorop kunnen stellen bij het ontwikkelen van een visie en maken van keuzes. Niet alleen vergroot dit de kans op een duurzaam en strategisch gebruik van de diepe ondergrond, ook draagt dit bij aan de ontwikkeling en versterking van de regio Noord-Nederland.

³² Linda Maring, Muriel van der Kuip, Mike Duijn, april 2009. Duurzame ruimtelijke ontwikkelingen tot in de diepe ondergrond. SKB-deelrapportage 2, interviews en bijeenkomsten. TNO-rapport TNO-034-DTM-2009-01601

Voor het benutten van de potenties van de diepe ondergrond in relatie tot de ruimtelijke ambities die elk van de drie provincies voor zichzelf heeft geformuleerd, is het raadzaam om een algemene strategie te hanteren. Deze strategie helpt bij het maken van afwegingen voor het benutten en faseren van de ondergrondse potenties en de afstemming met het omgevingsbeleid in de drie provincies. We stellen voor de volgende strategie te hanteren:

- Het ruimtelijk-geografisch afstemmen van aanbod en vraag. Met aanbod wordt bedoeld de ondergrondse potentie(s) en met vraag de bovengrondse gebruiksfunctie(s);
- Het realiseren van de ambities met de diepe ondergrond volgens het organisatieprincipe “provinciaal (lokaal / decentraal) wat kan, interprovinciaal wat moet”;
- Het benutten van de potenties van de ondergrond volgens een gefaseerde opzet. Daarin wordt het beschikbaar komen van de potenties gekoppeld aan het ontwikkelingstempo van de bovengrondse gebruiksfuncties.

De strategie wordt hieronder besproken en geïllustreerd met voorbeelden. We merken op dat de strategie moet leiden tot een duurzame omgang met de mogelijkheden van de diepe ondergrond. Daarnaast moet deze bijdragen aan de gewenste verduurzaming van de samenleving, bijvoorbeeld van de energievoorziening door middel van geothermie en het opslaan van perslucht verkregen door windenergie³³.

4.2 Ruimtelijk-geografische afstemming van aanbod en vraag

De ruimtelijk-geografische afstemming van de ondergrondse potentie(s) en met de bovengrondse gebruiksfunctie(s) moet bijdragen aan een efficiënt(er) gebruik van ruimte, infrastructuur en investeringsmiddelen. Het belang van een goede afstemming van aanbod van en vraag naar ondergrondse mogelijkheden werd al eerder op heldere wijze verwoord³⁴:

Eén van de mogelijkheden is het gebruik van de diepe ondergrond als bijdrage aan het klimaatvraagstuk. Zo zijn er kansen voor geothermie, (tijdelijke) aardgasopslag en CO₂-opslag. De drie provincies in Noord-Nederland hebben hierin nog geen prioriteiten gesteld of keuzes gemaakt. De deelnemers van het werkatelier op 25 september 2008 gaven aan dat voor de gebruiksfuncties in de diepe ondergrond het leggen van (provincie) grensoverschrijdende koppelingen tussen aanbod (denk aan geschikte locaties voor geothermie, aardgasopslag of CO₂-opslag) en de vraag (bijvoorbeeld vanuit de energiebehoefte vanuit bovengrondse activiteiten) kansen biedt. Deze koppeling is nodig om voldoende rendement te kunnen behalen uit die diepe ondergrond, maar ook om duurzame en strategische afwegingen te kunnen maken in relatie tot het gebruik van de diepe ondergrond en (ruimtelijke) ontwikkelingen bovengronds.

Ten behoeve van de ontwikkeling (proactief) van een duurzame en strategische visie over het gebruik van de diepe ondergrond in de regio Noord-Nederland door de drie provincies gezamenlijk (via werkgroep diepe ondergrond Noord Nederland), moet een dergelijke afstemming tussen aanbod en vraag plaatsvinden.

³³ Het opslaan van CO₂ uit fossiele brandstoffen kan o.i. niet als verduurzaming worden opgevat maar draagt wel effectief bij aan het behalen van de mitigatiedoelstellingen in het klimaatbeleid.

³⁴ Zie rapportage over de ‘lessons learned’.

Grootschaligheid (en dus vraag naar warmte en energie) van functies en activiteiten (bv. woonfunctie en bedrijvigheid) lijkt hierin een bepalende factor te zijn.

Dit betekent ook dat de uitdaging is om de gebruiksmogelijkheden van de diepe ondergrond zoveel mogelijk te koppelen aan lopende (bv. ruimtelijke, economische of maatschappelijke) opgaven en maatschappelijke thema's. Op die manier kan het gebruik van de diepe ondergrond een bewuste en strategische plek krijgen in (ruimtelijke, economische, maatschappelijke) thema's, beleid en de planning van activiteiten en functies. Zowel op regionaal, als op provinciaal niveau. Zowel ondergronds, als bovengronds.

Voor het benutten van sommige potenties van de ondergrond is een ruimtelijk-geografische afstemming van aanbod en vraag een voor de hand liggende zaak. De winning van geothermie bijvoorbeeld, als relatief nieuwe functie van de diepe ondergrond. In Noord-Nederland is in alle drie de provincies de potentie voor geothermie aanwezig, in warmtepotentieel toenemend in noordelijke richting. Ook voor deze vorm van energiewinning uit de diepe ondergrond is de Mijnbouwwet van toepassing. De provincies hebben met de winning van geothermie echter een directere relatie dan met de winning van aardgas/olie/zout omdat er een duidelijk ruimtelijk verband is met de lokale toepassing van aardwarmte. Warmtetransport leidt tot een sterke vermindering van rendabiliteit van de investeringen waardoor de economische haalbaarheid kleiner wordt. Een lokale warmtevraag is dan ook een belangrijke voorwaarde voor de toepassing van geothermie. Een bijkomend voordeel van een directe(re) geografische koppeling tussen aanbod van en vraag naar geothermie, ligt op het gebied van duurzaamheid. Er is sprake van een minder grote 'footprint' veroorzaakt door transport en opslag. Vanzelfsprekend zijn hiervoor ook minder grote investeringen nodig. Daarnaast is gebruik cq. afname min of meer gegarandeerd doordat de bovengrondse gebruiksfunctie (grotendeels) ontwikkeld is op basis van de beschikbaarheid van de ondergrondse potentie(s). Kansen liggen voornamelijk bij de toepassing in nieuwe gebieden met een warmtevraag (wonen, werken en glastuinbouw).

Op (inter-)nationaal niveau kunnen de potenties van de diepe ondergrond een belangrijke bijdrage leveren aan duurzame energiedoelstellingen. Op (inter-)provinciaal niveau geeft de ontwikkeling van duurzame energie, bijvoorbeeld door middel van geothermie, een impuls aan de economische ontwikkeling en de werkgelegenheid. De drie provincies willen hierbij samenwerken in het kader van het Energie-akkoord maar hebben ook een eigen handelingsruimte. Enerzijds is de toepassing van geothermie een zaak die de provincies ieder apart kunnen oppakken. Het is een relatief lokale ondergrondfunctie, niet per definitie provinciegrensoverschrijdend, en er is weinig ruimtelijke afstemming nodig. Bovendien zijn de baten van de toepassing van geothermie zeer lokaal. Anderzijds wijzen de ambities van de provincies wat betreft geothermie alle drie dezelfde kant op en hebben ze het Energieakkoord ondertekend waarin de geothermie gestimuleerd wordt. Het leveren van duurzame energievoorziening, waarmee een bijdrage geleverd kan worden aan klimaatdoelstellingen, is dus een zaak waarin Rijk en provincies gezamenlijk moeten optrekken. In samenspraak met gemeenten en Rijk kunnen provincies gezamenlijk werken aan de stimulering en toepassing van geothermie. De wens tot bestuurlijke samenwerking tussen Fryslân en Groningen (plus gemeenten en Ministerie van LNV) is uitgesproken bij ontwikkeling van het Lauwersmeergebied. Hierbij wordt onder andere onderzoek naar de mogelijkheden van aardwarmte in dit gebied genoemd³⁵.

³⁵ uit POP Groningen 2009-2013.

De opslag van perslucht kent bij voorkeur een lokalisering in de nabijheid van windenergieparken. De opgewekte elektriciteit kan dan zonder veel rendementsverlies opgeslagen worden in de vorm van perslucht.

4.3 ‘Provinciaal wat kan, interprovinciaal wat moet’ als organisatieprincipe

Op basis van de analyse in de eerdere hoofdstukken kunnen we constateren dat het benutten van de potenties van de diepe ondergrond op verschillende schaalniveaus het meest optimaal georganiseerd kan worden. Sommige potenties worden het best benut door lokale projecten binnen één provincie, andere vragen om een meer interprovinciale aanpak. Dit geldt in ieder geval voor het benutten van grensoverschrijdende potenties, zoals de lege gasvelden of geothermie-bronnen die zich uitstrekken over provinciegrenzen heen. Dat is met name in Groningen en Drenthe het geval. Voor het afstemmen van aanbod en vraag over provinciegrenzen heen, moet echter altijd een bestuurlijke keuze vooraf gaan. Denk bijvoorbeeld aan het benutten van Drenthse geothermie-bronnen (Noord-Drenthe) voor warmtegebruik in (nieuwe uitbreidingslocaties) rond de stad Groningen kan alleen door een interprovinciale aanpak tot stand komen. Ook de ambitie om in de nabije toekomst de CO₂ van de RWE- en Nuoncentrales in de Eemshaven op te vangen in lege gasvelden, vraagt om een interprovinciale aanpak omdat de opslagcapaciteit in de provincie Groningen op de kortere termijn (tot 2030) eenvoudigweg ontoereikend is.

Een interprovinciale aanpak verdient de voorkeur bij projecten die bovenlokale schaalgrootte of omgevingsinvloed hebben. In het onderstaande staan enkele voorbeelden genoemd.

Gaswinning

In Noord-Nederland zijn veel gasvelden, waarvan enkele grensoverschrijdend. De grootste velden liggen in Groningen. Bij de provincies liggen kansen met betrekking tot de gaswinning om bij te dragen aan het economisch voordeel dat ontstaat bij het winnen van extra product door de toepassing van nieuwe technologieën³⁶. Daarnaast leveren de lege velden ruimte op voor toekomstige functies, zoals aardgas- of CO₂-opslag.

Opslag van CO₂

De opslag van CO₂ in de diepe ondergrond is een relatief nieuwe gebruiksfunctie van de ondergrond. CO₂-opslag draagt bij aan het verminderen van het aandeel CO₂ emissies naar de atmosfeer, door permanente opslag van CO₂ in lege gasvelden te realiseren. Dit in tegenstelling tot de opslag van aardgas in lege gasvelden dat een tijdelijk en dynamisch karakter heeft. In principe kunnen uitgeproduceerde gasvelden worden gebruikt voor opslag van CO₂ en aardgas. Echter, gasvelden met een groot volume zijn met name interessant voor CO₂-opslag, maar het gebruik van meerdere ‘kleine’ velden hoort tevens tot de mogelijkheden. Velden met een relatief klein volume zijn doorgaans gunstiger voor opslag van aardgas (zie paragraaf 2.6.1). De provincies kunnen gezamenlijk bepalen welke van de functies gekozen zal gaan worden. Een gezamenlijke keuze is noodzakelijk omdat CO₂-opslag een permanente bestemming van de diepe ondergrond inhoudt die andere toekomstige bestemmingen in hetzelfde reservoir in principe uitsluit. Ook zijn provincies afhankelijk van elkaar voor het tijdig realiseren

³⁶ http://www.volkskrant.nl/economie/article1266833.ece/Opnieuw_grotere_reserves_aardgas_in_bodem

van voldoende opslagcapaciteit (zie eerdere opmerking over de nieuwe Eemshaven-centrales). De keuze zal voor een deel gebaseerd zijn op het potentieel van de velden voor de verschillende functies en de fasering in de tijd (vrijkomen van velden). Daarnaast kan er sprake zijn van strategische overwegingen, waarbij goede afstemming en overleg tussen provincies noodzakelijk zal zijn. Er is een aantal grensoverschrijdend (uitgeproduceerde) gasvelden die nu al in aanmerking komen voor CO₂-opslag, bijvoorbeeld het gasveld bij Annerveen. Het Slochterenveld in Groningen heeft de grootste oppervlakte en daarmee de grootste potentiële opslagcapaciteit. Zoals uit figuur 2.8 blijkt komt het veld pas na 2030 beschikbaar voor CO₂-opslag, waarbij de vraag of dit daarvoor ook ingezet gaat worden, nog geheel open staat.

De bestuurders van Groningen en Drenthe zijn momenteel actief betrokken bij de besluitvorming rond CO₂-opslag. De provincies trekken nu al gezamenlijk op door informatiebijeenkomsten over CO₂ te organiseren, zoals voor Gedeputeerde Staten. Het beoogde CCS-project in Barendrecht laat zien dat goede communicatie met belanghebbenden cruciaal is.

Als een provincie besluit eigen, of wellicht vanuit een andere provincie, CO₂ emissies ondergronds op te slaan neemt de provincie een zekere "last" op zich. Daartegenover draagt de provincie wel bij aan het oplossen van het klimaatvraagstuk en kan het tevens een economisch voordeel opleveren. Denk bijvoorbeeld aan de verhuur ondergrondse ruimte en aan subsidies vanwege inzet voor klimaatverbetering.

In plaats van het bijkopen van emissierechten zouden CO₂-producerende bedrijven opslagcapaciteit in de Noord-Nederlandse ondergrond kunnen 'kopen' om hun productieproces veilig te stellen en tijd te hebben voor een reductie van hun uitstoot (door de toepassing van nieuwe technologieën).

Opslag van aardgas: de gasrotonde

De ambities voor de zogenaamde gasrotonde vragen om interprovinciale samenwerking tussen Groningen en Drenthe, vanwege de benodigde beschikbaarheid van vooral kleinere, lege gasvelden, in combinatie met de al bestaande infrastructuur voor gasdistributie en -opslag. Aardgasopslag wordt al op verschillende locaties in Nederland toegepast. De reden om aardgas op te slaan is om beter te kunnen insprijngen op verschillen van vraag en aanbod.

De ligging van potentiële gasopslaglocaties ten opzichte van de gebruiksfuncties speelt geen belangrijke rol bij de keuze voor deze gebruiksfunctie van de ondergrond. De aanwezigheid van infrastructuur is wel van belang. Het verdient dan ook aanbeveling om zoveel mogelijk synergie in investeringen na te streven bij het up-to-date brengen van de bestaande infrastructuur voor gasdistributie en -opslag. Van belang is voorts om na te gaan welke provincie meest geschikte velden voor aardgasopslag heeft, om zo tot een optimale fasering te komen door de meest geschikte velden als eerste te ontwikkelen.

Tegenover de noodzaak voor een interprovinciale aanpak voor het benutten van de potenties op het gebied van CO₂- en aardgasopslag en de gaswinning, staan potenties die beter op lokale of regionale schaal binnen elke provincie opgepakt kunnen worden. Het benutten aardwarmte voor (nieuwe) woningbouw, glastuinbouw of industriële activiteiten door geothermie wordt het beste op lokaal of regionaal niveau ingericht. Per project kan bekeken worden of geothermie een bijdrage kan leveren aan de energievoorziening, zonder dat er een directe noodzaak is tot interprovinciale afstemming.

Ook voor olie- en zoutwinning geldt dat deze potenties binnen elke provincie afzonderlijk verder ontwikkeld cq. afgebouwd kunnen worden. Olievelden komen slechts in enkele plaatsen voor. In Zuidoost Drenthe (het Schoonebeek veld) en enkele velden in Groningen (op de grens met Drenthe). Hier zien we weinig aanvullende uitdagingen en kansen voor de provincies naast de huidige praktijk. Zoutwinning komt voor in Noordwest Fryslân en in Groningen (aan de grens met Drenthe). Daarnaast komen er ook enkele niet gewonnen diapieren voor in Groningen en Drenthe. Cavernes die overblijven na zoutwinning kunnen mogelijk benut worden voor de opslag van aardgas of perslucht. Dit moet echter per locatie onderzocht worden.

4.4 Bij het benutten van de ondergrond rekening houden met tijdsfactor

Ten derde vraagt ons strategievoorstel aandacht voor de tijdsdimensie bij het benutten van de potenties van de diepe ondergrond. Naast het vermogen om over de provinciegrenzen heen te kijken, vereist het benutten van ondergrondse ruimte voor de opslag van CO₂ en aardgas dat de provincies over een langere tijdsperiode zicht hebben op de vraag wanneer welke velden beschikbaar komen en wat hun relatieve omvang / capaciteit is. Kortom, het benutten van de ondergrondse potenties heeft een belangrijke tijdsdimensie. In de Potentieelstudie is steeds aangegeven wanneer welke ondergrondse ruimte beschikbaar komt (tot 2015, tussen 2015 – 2030 en na 2030). Daarnaast zijn we in het voorgaande steeds nagegaan voor welke bovengrondse gebruiksfunctie(s) de beschikbaar gekomen ondergrondse ruimte benut zou kunnen worden. Als laatste moet opgemerkt worden dat het beschikbaar houden van de bestaande infrastructuur voor de opslag van CO₂ en/of aardgas, ook middelen vereist. Het langjarige beheer en onderhoud aan bestaande installaties is een zaak die alle drie provincies aangaat omdat het bijdraagt aan de realisatie van gezamenlijke ambities.

Aanvullende opmerkingen

De provincies moeten alert zijn op het mogelijk ontstaan van overcapaciteit in de drie provincies in gevallen waarin voor hetzelfde type projecten gekozen wordt bij het benutten van de potenties van de diepe ondergrond. Overcapaciteit kan ertoe leiden dat de provincies uit elkaar gespeeld worden door marktpartijen waardoor er minder gunstige rendementen gerealiseerd kunnen worden. Dat maakt het terugverdienen van investeringen aanzienlijk lastiger. Om de grote investeringen die bijvoorbeeld voor de ontwikkeling van CO₂- en/of gasopslagcapaciteit gemoeid zijn, is enige schaarste (bijvoorbeeld door een strakke fasering) wenselijk. Zo kan onderbenutting en/of 'leegstand' voorkomen worden. Met deze constatering pleiten we er tevens voor dat de provincies niet alle drie inzetten op het benutten van dezelfde potenties van de ondergrond maar dat men komt tot een (gefaseerde) verdeling daarvan. Door de oogparen heen betekent dit dat de provincies de volgende accenten cq. prioriteiten kunnen aanbrengen in het benutten van hun ondergrond-potentieel: Alle drie de provincies zetten in op de ontwikkeling van kennis over en de toepassing van geothermie voor de nieuwe ontwikkelingslocaties voor woningbouw, glastuinbouw en bedrijvigheid. Daarnaast leggen Groningen en Drenthe in de eerste instantie een accent op de opslag van CO₂- en gas. Op sommige locaties kunnen verschillende functies voor de diepe ondergrond tegelijkertijd voorkomen. Noord-Nederland zou *een gezamenlijke voorkeurstrits* (naar analogie van de ladder van Drenthe) kunnen voorstellen om de keuze voor een bepaalde functie te faciliteren. De uiteindelijke keuze op een locatie zal door iedere afzonderlijke provincie bij iedere specifieke case gemaakt moeten worden. Bij provinciegrensoverschrijdende potenties / (effecten van) functies moet deze keuze

gezamenlijk gemaakt worden. Door het inzichtelijk maken wat de consequenties van de keuzes zijn, wordt het afwegingsproces gefaciliteerd (wat levert het op, wat zijn ingrepen, effecten, randvoorwaarden en mogelijke gevolgen).

Als laatste willen we hier opmerken dat het van belang is dat de context waarin de provincies opereren voor elk van de ontwikkelingspotenties in beeld gebracht wordt. Bijvoorbeeld: de markten voor duurzame energie en voor CO₂-emissierechten overstijgen het schaalniveau van de provincie. De actuele marktverhoudingen zullen de kansrijkheid en urgentie van deze projecten wel mede bepalen.

4.5 Het gezamenlijk ontwikkelen van kennis over het benutten van de diepe ondergrond

Aan de hand van de gezamenlijk geformuleerde ambities voor de benutting van de potenties van de ondergrond en de geïdentificeerde mogelijkheden in Noord-Nederland, is het aanbevelenswaard om de benodigde kennis in gezamenlijkheid te ontwikkelen, beheren én te exploiteren. Kennis, innovatie en communicatie is voor de provincies al een belangrijk thema, vooral op het gebied van energie en duurzaamheid. Het verdient aanbeveling om dit op het schaalniveau van Noord-Nederland op te pakken in plaats van door elke provincie afzonderlijk. De gezamenlijke kennisontwikkeling kan de volgende aandachtsvelden hebben:

- Kennisontwikkeling inzake gaswinning, met name rond het winnen van extra product als het veld bijna leeggeproduceerd is. Bijvoorbeeld het verder doorexploiteren van bestaande gasvelden door het verhogen van de druk met behulp van CO₂,
- Kennisontwikkeling van alle aspecten rond CO₂-opslag (financiële vereveningsconstructies, afwegingsfactoren gas/CO₂, communicatieve aspecten rond maatschappelijk draagvlak CO₂-opslag, technisch-inhoudelijke aspecten),
- Kennisontwikkeling rond de problemen die veroorzaakt kunnen worden door winning (zoals bodemdaling, bevingen, verontreinigingen, afval), en het voorkomen hiervan, of het voorkomen of verminderen van schade hierdoor (zoals alternatief bouwen, aangepaste aanleg infrastructuur),
- Kennisontwikkeling met betrekking tot technische interferenties tussen verschillende gebruiksfuncties en mogelijkheden van benutten van verschillende gebruiksfuncties binnen bepaalde afstanden, zoals binnen de provincie grenzen of tussen grenzen van verschillende provincies
- Kennisontwikkeling over het benutten van de potenties van de ondergrond onder natuurbeschermingsgebieden kan een aanvullende uitdaging zijn,
- Kennisontwikkeling rond de effecten van geothermie op de ondergrond, alsmede over de omgevingseffecten en de ruimtelijke inpassing van deze nieuwe energiebron. Met name wat betreft elektriciteitswinning met geothermie is nog meer informatie benodigd om de potentie te bepalen.

5 Referenties

De studie maakt daarnaast gebruik van literatuur waarin interferenties tussen verschillende ondergrond en bovengrondfuncties in kaart zijn gebracht en de effecten van ingrepen.

Technisch-wetenschappelijke referenties:

Bergen F. van, Pagnier, H.J.M., Van Tongeren P.C.H. Peat (2007). Coal and coalbed methane, Geology of the Netherlands, edited by Th. E. Wong, D.A.J. Batjes and J. de Jager, Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2007: 265-282

Crotogino, F., Mohmeyer, K.U., Scharf, R. (2001). Huntorf CAES: More than 20 years of successful operation. SMRI Spring 2001 Meeting, Orlando

IF Technology, in samenwerking met TNO en SNN (2008). Technische Potentieelstudie Diepe Ondergrond Noord Nederland, 1/58211/MvA. Te verkrijgen via www.provinciegroningen.nl/21513/potentieelstudie.pdf?view=Standard (juli 2009)

Krogt, R.A.A. van der, A. Lokhorst, H.J.M. Pagnier, H.J. Simmelink, A.F.B. Wildenborg (2006). Verkenning naar de mogelijkheden voor de opslag van CO₂ en het gebruik van aardwarmte in de provincie Drenthe. TNO rapport 2006-U-R0023/B

Leeuwen, R.J. van. A. Lokhorst, E. Kreft (2003) Beoordelingsgrondslag voor (nieuwe) vergunningen onder de Mijnbouwwet. TNO-NITG 03-21-A.

Lokhorst, a., E. Simmelink (2006). Aardwarmtewinning onder Assen, Roden-Leek, en Emmen: Globale Technische en Economische haalbaarheid. TNO-rapport-2006-U-RO202

Maring, L, R.A.J. Plant, A.J.C. Sinke, B.B.T. Wassing, H.J.T. Weerts, M.van Vliet, M.H.Kriekaard, J. Herbschleb, L.J.J. van de Wal, R.Fisser (2002). Kansen voor de ondergrond (Bageo) TNO-rapport R2002,/705. bijlagen 2 en 3 matrices: Ondergrond*ondergrond en ondergrond*bovengrond.

Maring, L, M. van der Kuip, M. Duijn (2009). Duurzame ruimtelijke ontwikkelingen tot in de diepe ondergrond. SKB-deelrapportage 2, interviews en bijeenkomsten. TNO-rapport TNO-034-DTM-2009-01601

Royal Haskoning (2009). Gebruik van de ondergrond, ingrediënten voor een afweging.

Zoetbrood, P. (2009).. De redeneerlijn voor de ondergrond, Tauw Rapport R001-4596006PZO-cmn-V02-NL

Zoetbrood, P. (2009). Bijlagen bij Redeneerlijn ondergrond – Tauw-rapport R001-4596006PZO-evp-V01_tcm24-288861.pdf:

- Tabel 1 activiteiten - ingrepen (ook diepe ondergrond).
- Tabel 2 diepe ondergrond ingrepen -effecten (ook type, schaal etc)
- Tabel 3 effecten - consequenties in verschillende soorten gebieden (stedelijk, 3a landelijk, 3b).

Beleidsmatige referenties:

Convenant Energieakkoord Noord Nederland (8 oktober 2007)

Provincie Drenthe:

- Beleidsnotitie ondergrond Drenthe, 7 november 2008
- Notitie Reikwijdte en Detailniveau, t.b.v. Plan-MER. procedure/-duurzaamheidbeoordeling Nieuw Omgevingsbeleid, Drenthe mei 2009
- Provinciaal Omgevingsplan Drenthe (POPII), 7 juli 2004
- Actieplan Klimaat en Energie, maart 2009

Provincie Fryslân:

- FRYSLÂN GEEFT ENERGIE: Programmaplan Duurzame Energie. April 2009
- Streekplan Fryslân 2007 'Om de kwaliteit fan de romte'. Provinciale Staten van Fryslân 13 december 2006
- Hoofdlijnennotitie Gebiedsontwikkeling Nieuw Stroomland Uitgave Stuurgroep Gebiedsontwikkeling Nieuw Stroomland, januari 2008

Provincie Groningen:

- BODEM- & ONDERGRONDVISIE GRONINGEN: Op weg naar een duurzaam gebruik van de bodem en ondergrond. 5e CONCEPT, projectgroep Bodemvisie mei 2009.
- Provinciaal Omgevingsplan 2009 -2013. Groningen, 17 juni 2009.

6 Ondertekening

Delft, <datum>

TNO Bouw en Ondergrond

Ir. T.J.J. van der Horst
BU manager

Sonja Döpp
Auteurs

A Overlap gewenst gebruik met bestaand gebruik en toekomstig gebruik

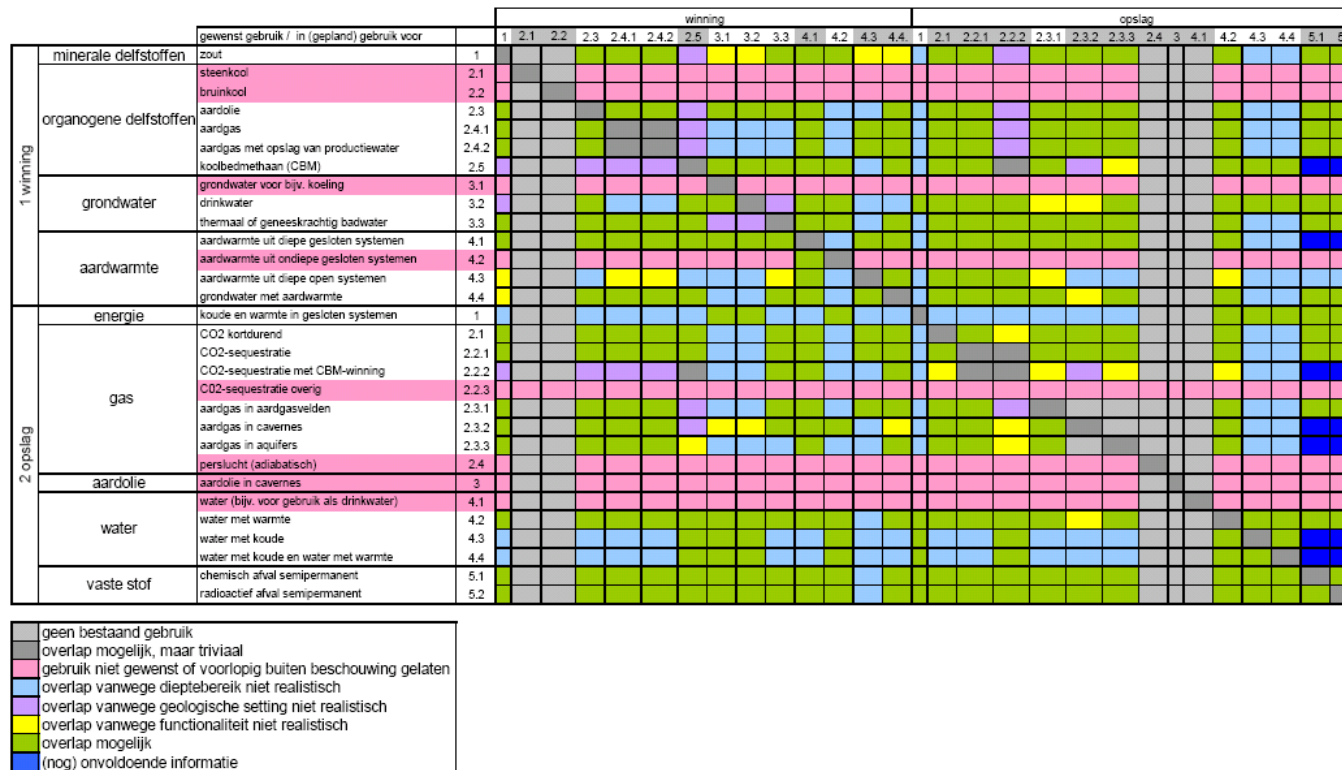


Figure A.1 Overlap van gewenst gebruik met bestaand gebruik en toekomstig gebruik (bron TNO rapport NITG-03-21-B)

B Overzicht mogelijke effecten van (chemische biotische, etc.) veranderingen op de functies van de bodem.

Uit de Redeneerlijn Ondergrond [Zoetbrood, 2009]

voedselproductie

- verandering in de grondwaterstand kan tot schade leiden indien het effect optreedt bij een landbouwtype dat gevoelig is voor grondwaterstandverlaging of –verhoging. Verbeteren landbouwproductie door optimalisatie van het peilbeheer
- biologische veranderingen die doorwerken in de bovengrond kunnen negatieve effecten hebben op de bodemvruchtbaarheid, natuurlijke plaagregulatie, zelfreinigend vermogen en levering voedingsstoffen.
- chemische kwaliteitsveranderingen in de ondiepe ondergrond kunnen leiden tot schade aan gewassen of tot een verminderde kwaliteit van landbouwproducten
- veranderingen in de fysische toestand van de bodem die doorwerken in de bodemgrond kunnen leiden tot veranderingen van draagkracht en daarmee tot beperkte inzet machines

nutriëntenvoorziening

- verandering in de grondwaterstand en -stroming kan bij verlaging van de grondwaterstand leiden tot eutrofiering door mineralisatie van organisch stof/veen. Kans daarbij kan zijn: verbeteren oligotrofe gebieden door versterken van relatief schone kwelstromen
- biologische en chemische veranderingen die doorwerken in de ondiepe ondergrond en bovengrond hebben mogelijk een negatief effect op afbraak organisch stof / negatief effect op kringloop nutriënten(stikstof, zwavel, fosfaat, etc.)

basis voor biodiversiteit

- Veranderingen hydrologische toestand hebben in stedelijk gebied mogelijk de volgende effecten op de bodemfuncties: kan bij verlaging van de grondwaterstand leiden tot aantasting vitaliteit stedelijk groen
- verandering in de grondwaterstand kan bij verlaging van de grondwaterstand in grondwaterafhankelijke ecosystemen leiden tot vermindering van biodiversiteit. Kans daarbij kan zijn: versterken biodiversiteit door versterken van relatief schone kwelstromen
- Veranderingen in de biologische toestand die doorwerken in de bovengrond kunnen leiden tot aantasting vitaliteit stedelijk groen en negatieve effecten op biodiversiteit
- Ook chemische kwaliteitsveranderingen in de ondiepe ondergrond kunnen leiden tot negatieve effecten op biodiversiteit. wel kan de chemische toestand door het zelfreinigend vermogen van de bodem mogelijk verbeterd worden

fysische omgeving

- De verandering van de grondwaterstand kan leiden tot zettingen, veranderingen van draagkracht e.d. in veen- en kleigebieden. Dit kan leiden tot verzakking van wegen en gebouwen en tot verminderde draagkracht voor machines Als kans wordt hierbij genoemd: “verbetering van draagkracht kan leiden tot inzet van zwaardere machines e.d.” (red. ???)
- veranderingen in fysische toestand die doorwerken tot de bovengrond kunnen leiden tot zettingen (verzakking), veranderingen van draagkracht en hinder door trillingen. Dit kan leiden tot kan leiden tot verzakking van wegen en gebouwen en tot verminderde draagkracht voor machines
- Verstoring van de bodemopbouw bij het doorboren van bodemlagen in de grondwaterlaag en diepe ondergrond kan verstoring van de fysische bodemgesteldheid en de kans op hydrologische toestandsveranderingen tot gevolg hebben.
- Bij veranderingen in de hoeveelheid ondergrondse ruimte is er kans op conflicten. een kans is besparing op bovengrondse ruimte door stapeling van functies

Bron van grondstoffen

- hydrologische veranderingen in de grondwaterstroming in de nabijheid van een (drink)wateronttrekkingen of een WKO system kunnen een negatief effect hebben op de prestaties van naburige installaties. Door combinatie en optimalisatie van naburige systemen kan dit effect worden beperkt.
- Bij chemische veranderingen, indien de kwaliteitsverandering in de grondwaterlaag aanwezig is kan dit indien aanwezig in de nabijheid van een onttrekking (grondwaterbeschermingsgebied) leiden tot extra zuivering bij de drinkwaterbereiding. Winning van grondstoffen (bijv WKO) kan gericht worden ingezet om te helpen een verontreiniging te saneren of te beheersen
- Bij veranderingen in hoeveelheid ondergrondse ruimte wordt als kans benoemd: Winning grondstoffen combineren met ruimtelijke projecten en ondergronds ruimtegebruik

Reactievat voor koolstof

- Door veranderingen in grondwaterstand in gebieden met veen of moerige gronden kan bij grondwater-standsverlaging CO₂ vrijkomen door oxidatie van organische stof. Kans hierbij is stimulering/ kansen voor vastlegging CO₂ in de bodem (bijv. veenvorming)
- Bij biologische veranderingen die doorwerken in de bovengrond kan een negatief effect op afbraak organisch stof / negatief
- effect op CO₂-kringloop optreden. Ook hier wordt de kans voor vastlegging CO₂ genoemd.
- Ook bij chemische veranderingen die doorwerken in de bovengrond kan een negatief effect op afbraak organisch stof / negatief
- effect op CO₂-kringloop optreden

“Museumfunctie”

- veranderingen in grondwaterstand: De veranderingen in hydrologie kunnen in gebieden met hoge grondwaterstanden leiden tot aantasting van archeologische waarden
- veranderingen in chemische kwaliteit: indien de kwaliteitsverandering in de ondiepe ondergrond zijn, kan dit aanleiding geven tot aantasting archeologische waarden
- Bij verstoring van de bodemopbouw, in boven- en ondiepe ondergrond kan schade aan archeologische, aardkundige en geologische waarden optreden
- Bij veranderingen in hoeveelheid ondergrondse ruimte kan schade aan archeologische, aardkundige en geologische waarden optreden, maar dit biedt ook een kans waarbij archeologische, aardkundige en geologische waarden zichtbaar gemaakt kunnen worden

C Mogelijke kansen/effecten winning delfstoffen (diepe ondergrond)

Tabel C.1 Winning delfstoffen diepe ondergrond [Zoetbrood, 2009]

Kansen	Mogelijke effecten	Risico's
Grondstoffen voor de maatschappij (economische kansen)	<ul style="list-style-type: none"> - Verstoring bodemopbouw (kans op bodemdaling bij gas- en zoutwinning) - Matig tot groot effect op hydrologie als indirect effect bij zoutwinning (kans op toename zoute kwel) - Beperkt tot matig effect op chemische kwaliteit (Kans op verontreiniging boorvloeistoffen) 	<ul style="list-style-type: none"> - Uitputting - Verzilting - Verrommeling boven maaiveld

Ingreep (in de realisatiefase): Boren in diepe ondergrond; dus ook doorboren bodemlagen ondiepe ondergrond en grondwaterlaag (spuitboren). In de exploitatiefase wordt water toegevoegd en pekkel opgepompt.

Effecten van boren in diepe ondergrond

Tabel C.1 Boren in diepe ondergrond; dus ook doorboren bodemlagen ondiepe ondergrond en grondwaterlaag (spuitboren) [Zoetbrood, 2009]

Type effect		Schaal (schaalniveau + volume ingreep)	Regeneratie en aanpassingsvermogen bodem	Mate van effect*
<i>Hydrologische toestandsverandering</i>	Kans op menging verschillende typen grondwater (gaten in scheidende lagen waardoor bij onzorgvuldig boren en/of geen herstel scheidende lagen kans op kortsluitstroming tussen watervoerende pakketten)	Ter plaatse van ingreep - Lokaal ter hoogte van de doorboring van de scheidende laag - Klein volume ingreep t.o.v. schaalniveau grondwatersysteem	Natuurlijk herstel (Indien wordt gewerkt volgens SIKB-protocollen diepe boringen) Irreversibel (indien onzorgvuldig wordt gewerkt)	Verwaarloosbaar effect (bij zorgvuldige boring); Matig effect (bij onzorgvuldig werken en ontstaan kortsluitstroming)
<i>Chemische toestandsverandering</i>	Kans op verontreiniging door boorvloeistoffen en beïnvloeding eventueel aanwezige (grondwater) verontreiniging, zowel verticaal als horizontaal als gevolg van eventuele kortsluitstroming	Ter plaatse van ingreep (indien geen sprake is van kortsluitstroming) Lokale uitstraling (indien sprake van kortsluitstroming bij aanwezige grondwaterverontreiniging)	Herstel op lange termijn of door actief ingrijpen (chemische verontreinigingen breken slecht af)	Beperkt effect (bij zorgvuldige boring en bij afwezigheid grondwaterverontreiniging); Matig effect (bij kortsluitstroming en aanwezigheid grondwaterverontreiniging)
<i>Biotische toestandsverandering</i>	Verstoring van de bodem bij boren van bronnen heeft tijdelijk een sterk stimulerende werking op groei organismen door een toename van het voedselaanbod	Ter plaatse van ingreep - Lokaal ter hoogte van de boring - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	Natuurlijk herstel op korte termijn (bodemleven kan herstellen en past zich aan)	Verwaarloosbaar effect (lokaal en tijdelijk)
<i>Bodemopbouw</i>	Doorboren scheidende bodemlagen	Ter plaatse van ingreep - lokale effecten op bodemopbouw - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	Irreversibel (verstoring bodemopbouw is niet te herstellen)	Matig effect (het betreft een lokale ingreep)

*voor effect veranderingen op de bodemfuncties, zie bijlage B

D Effecten van aanbrengen put/buis

Tabel D.2 Aanbrengen put/buis [Zoetbrood, 2009]

<i>Type effect</i>		<i>Schaal (schaalniveau + volume ingreep)</i>	<i>Regeneratie en aanpassingsvermogen bodem</i>	<i>Mate van effect</i>
<i>Hydrologische toestandsverandering</i>	Voor de aanleg van de transportleidingen (aanleg in den droge) zal de grondwaterstand tijdelijk worden verlaagd.	Lokale uitstraling	Natuurlijk herstel op korte termijn (Hydrologie herstelt zich snel na beëindiging bemaling.)	Beperkt effect (lokale uitstraling en hydrologie herstelt zich na beëindiging bemaling)
<i>Verstoring bodemopbouw</i>	Door graafwerkzaamheden wordt de bodemopbouw verstoord	Ter plaatse van de ingreep - lokale effecten op bodemopbouw - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	Irreversibel (verstoring bodemopbouw is niet te herstellen)	Matig effect (het betreft een lokale ingreep)
<i>Fysische toestandsverandering</i>	Het aanleggen van de leidingen gaat gepaard met trillingen.	Ter plaatse van de ingreep	Natuurlijk herstel op korte termijn (en tijdelijk)	Verwaarloosbaar effect

E Effecten van workover van verlaten putten (putreparatie)

Tabel E.3 Gebruik maken van permanent verlaten putten (putreparatie / workover) [Zoetbrood, 2009]

<i>Type effect</i>		<i>Schaal (schaalniveau + volume ingreep)</i>	<i>Regeneratie en aanpassingsvermogen bodem</i>	<i>Mate van effect</i>
Chemische toestandsverandering	Een zekere mate van bodem- of watervervuiling kan plaatsvinden tijdens de aanlegfase (door de putreparatie ('workover') of misschien de compressor).	Lokaaleffect Wanneer vervuiling grondwater optreedt kan dit een lokaal effect hebben, afhankelijk van de stromingssnelheid	Herstel op lange termijn of door actief ingrijpen (chemische verontreinigingen breken slecht af)	Matig effect (bij optreden vervuiling: lokaal effect in combinatie met herstel op lange termijn)

F Zoutwinning

Tabel F.4 Ingrep water toevoegen en pekkel oppompen [Zoetbrood, 2009]

<i>Type effect</i>		<i>Schaal (schaalniveau + volume ingreep)</i>	<i>Regeneratie en aanpassingsvermogen bodem</i>	<i>Mate van effect*</i>
<i>Hydrologische toestandsverandering</i>	Indirect effect. Bij optreden bodemdaling kunnen peilen aangepast worden. Hierdoor mogelijke toename zoute kwel (verziltning).	Lokaal tot regionaal (afhankelijk van de grote van de peilvakken die verlaagd worden)	Herstel op lange termijn of door actief ingrijpen (bijvoorbeeld doorspoelen met zoet water)	Matig tot groot effect
<i>Verstoring bodempbouw</i>	Door de onttrekking van zout ontstaat een met pekkel gevulde holte (caverne) in de diepe ondergrond. Onder druk van het gesteentepakket, dat daarop ligt, en in combinatie met hoge temperaturen in de diepe ondergrond vloeit het omringende zout toe naar de holte en wordt deze deels dicht gedrukt. Dit leidt tot een bodemdalingschotel in de oppervlakte	Lokaal tot regionaal	Irreversibel	Groot effect

G Aardgaswinning

Zie ook Bijlage C, tabel Winning delfstoffen diepe ondergrond

In de realisatiefase wordt er geboord in diepe ondergrond door middel van spuitboren (zie effecten bij zoutwinning in Bijlage C) en het aanbrengen van de put / buis. In de exploitatiefase gaat het om het onttrekken van aardgas.

Tabel G.5 Onttrekken aardgas

<i>Type effect</i>		<i>Schaal (schaalniveau + volume ingreep)</i>	<i>Regeneratie en aanpassingsvermogen bodem</i>	<i>Mate van effect</i>
<i>Verstoring bodemopbouw</i>	Bodemdaling	Regionaal	Afhankelijk van de mate van bodemdaling. Bij grote bodemdaling zijn effecten irreversibel	Groot effect bij grote bodemdaling

*voor effect veranderingen op de bodemfuncties, zie bijlage B

H Oliewinning

De effecten van oliewinning komen overeen met de effecten van aardgaswinning (zie Bijlage H) en worden in algemene zin in bijlage C, tabel Winning delfstoffen diepe ondergrond, verwoord.

I Geothermie

Tabel I.6 Geothermie diepe ondergrond [Zoetbrood, 2009]

Kansen	Mogelijke effecten	Risico's
<ul style="list-style-type: none"> • Bijdrage aan reductie broeikasgassen • Leveren energie (warmte) 	<ul style="list-style-type: none"> • Matig effect op hydrologie (kans op menging) • Matig effect op bodemopbouw (doorboren scheidende lagen) • Beperkt tot matig effect op chemische kwaliteit (verspreiding van eventueel aanwezige verontreiniging) • Beperkt effect op fysische kwaliteit (drukdalingen, temperatuurverandering watervoerend pakket diepe ondergrond) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kans op verontreiniging door boorvloeistoffen • Kortsluitstroming (doorboren scheidende lagen bij onzorgvuldig boren)

Bij geothermie moeten de volgende ingrepen gepleegd worden tijdens de realisatiefase. Boren in diepe ondergrond door middel van spuitboren en daarna het aanbrengen van leidingen. Tijdens de exploitatiefase wordt warm water opgepompt en grondwater geherinfiltreerd. Zie voor de toepassing, mogelijke effecten en interferenties: paragraaf 2.5.1 t/m 2.5.4.

Tabel I.7 Oppompen warm water en herinfiltreeren grondwater [Zoetbrood, 2009]

Type effect		Schaal (schaalniveau + volume ingreep)	Regeneratie en aanpassingsvermogen bodem	Mate van effect
Hydrologische toestandsverandering	Effecten van geothermie treden op in de diepe ondergrond (winning- en injectiediepte). Kans op menging verschillende kwaliteiten grondwater	Lokaal effect	Herstel op lange termijn of door actief ingrijpen	Matig effect
Fysische toestandsverandering	Temperatuurverandering in het watervoerende pakket op winning- en injectiediepte (diepe ondergrond). -Het onttrekken en injecteren van water gaat gepaard met drukdalingen van tien tot twintig procent (de druk op twee kilometer diepte bedraagt tweehonderd bar). (bron: website senter novem)	Lokaal effect	Hoog aanpassingsvermogen	Beperkt effect
Biotische toestandsverandering	kennis over bodemleven in diepe ondergrond ontbreekt. Hierdoor zijn de effecten van oppompen en injecteren water in diepe ondergrond op het bodemleven onbekend	Onbekend	Onbekend	Onbekend

J CO₂-opslag

Tabel J.8 Opslag in de bodem [Zoetbrood, 2009]

Kansen	Mogelijke effecten	Risico's
<ul style="list-style-type: none"> · Bijdrage aan reductie broeikasgassen · CO₂-opslag als mitigerende maatregel 	<ul style="list-style-type: none"> · Beperkt tot groot effect op chemische kwaliteit (Mogelijk chemische reacties CO₂ met aanwezige, oorspronkelijke aardgas in het reservoir / lekkage uit opslag.) · Matig effect op bodemopbouw (mogelijk opheffing bodem door CO₂-injectie) · Beperkt tot matig effect op hydrologie door CO₂- injectie · Beperkt effect op fysische kwaliteit (mogelijk bodemtrillingen door CO₂ injectie) 	<ul style="list-style-type: none"> · Lekkage CO₂ · Verrommeling boven maaiveld · Maatschappelijke perceptie

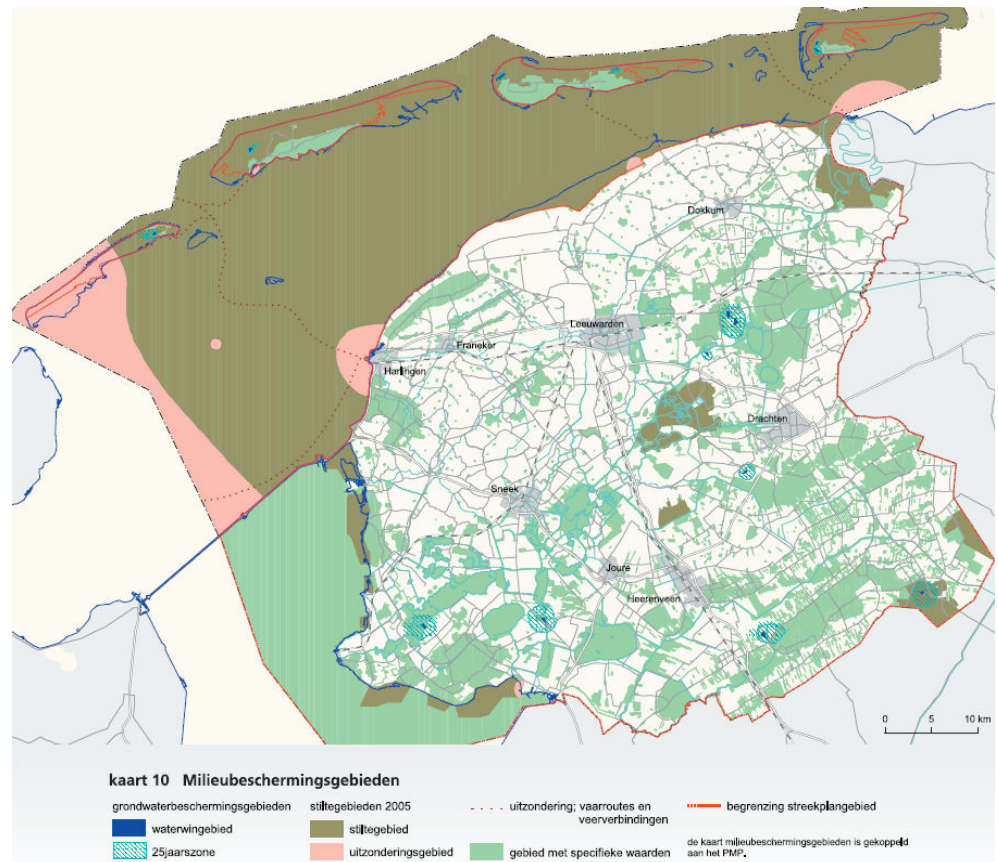
In de exploitatiefase wordt gebruik gemaakt van permanent verlaten putten (putreparatie / workover) In de exploitatiefase worden de volgende ingrepen voorzien: CO₂-injectie, Brine (zout water) in de put pompen om voldoende aardgasreservoir te zetten, put afsluiten en daaropvolgend brine eruit pompen (schoonproduceren).

Tabel J.9 CO₂ injectie

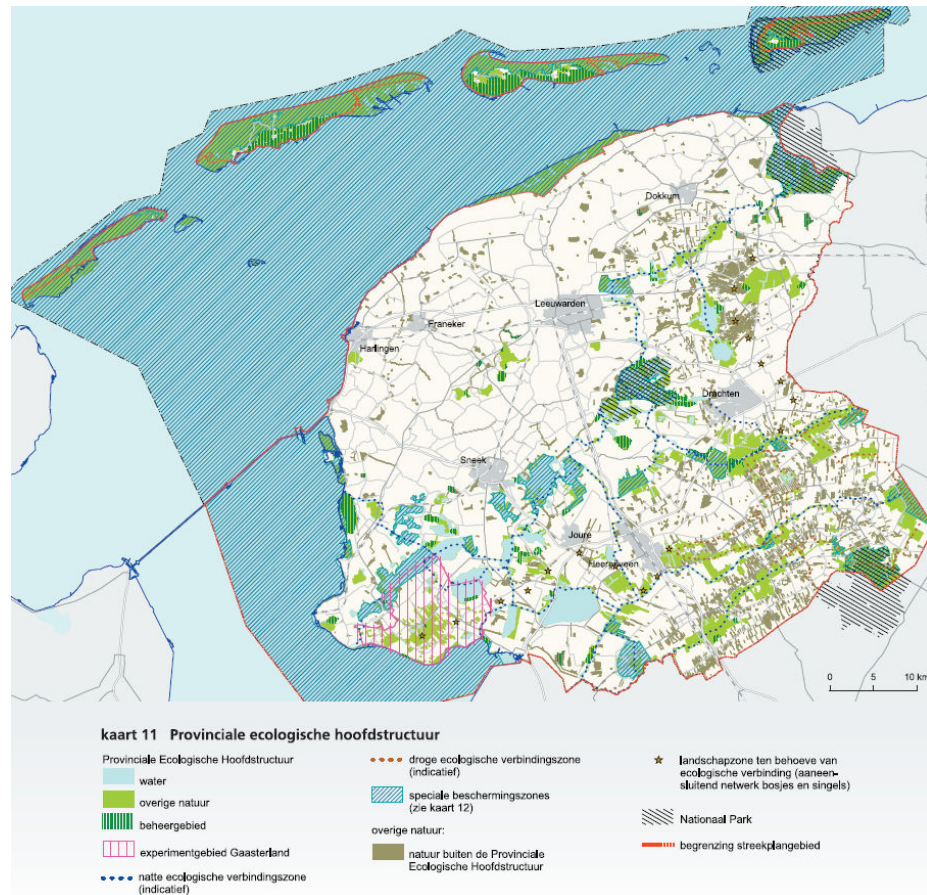
Type effect		Schaal (schaalniveau + volume ingreep)	Regeneratie en aanpassingsvermogen bodem	Mate van effect
Hydrologische toestandsverandering	Hoewel het CO ₂ zal worden geïnjecteerd in een (zo goed als) leeg reservoir, kan de opbouw van druk in het reservoir misschien toch beweging in een eronder gelegen waterreservoir veroorzaken.	Mogelijk lokaal tot regionaal	Hoog aanpassingsvermogen (Wanneer druk wegvalt herstelt de hydrologische situatie zich weer)	Beperkt tot matig effect
Fysische toestandsverandering	Lichte aardshokken zouden misschien kunnen plaatsvinden als gevolg van een veranderd spanningsveld tijdens de injectiefase.	Lokaal tot regionaal	Hoog aanpassingsvermogen. Aardshokken zijn tijdelijk van aard	Beperkt effect
Chemische toestandsverandering	Mogelijk chemische reacties CO ₂ met aanwezige, oorspronkelijke aardgas in het reservoir. Er is slechts beperkte kennis beschikbaar	Lokaal	??	Beperkt effect (kans op voorkomen is klein)

	<p>over mogelijke reacties van CO₂ (inclusief de mogelijke aanwezige verontreinigingen) met het omringende reservoirgesteente en mogelijk nog aanwezige andere gassen. Tot nu toe zijn er geen aanwijzingen dat er grootschalige chemische reacties zullen optreden die een significante invloed op het reservoir hebben.</p> <p>-Tijdens de CO₂-injectiefase (vooral tijdens onderhoudswerkzaamheden) en bij het permanent afsluiten van de injectieput mogelijke bodem- en watervervuiling</p>			
--	--	--	--	--

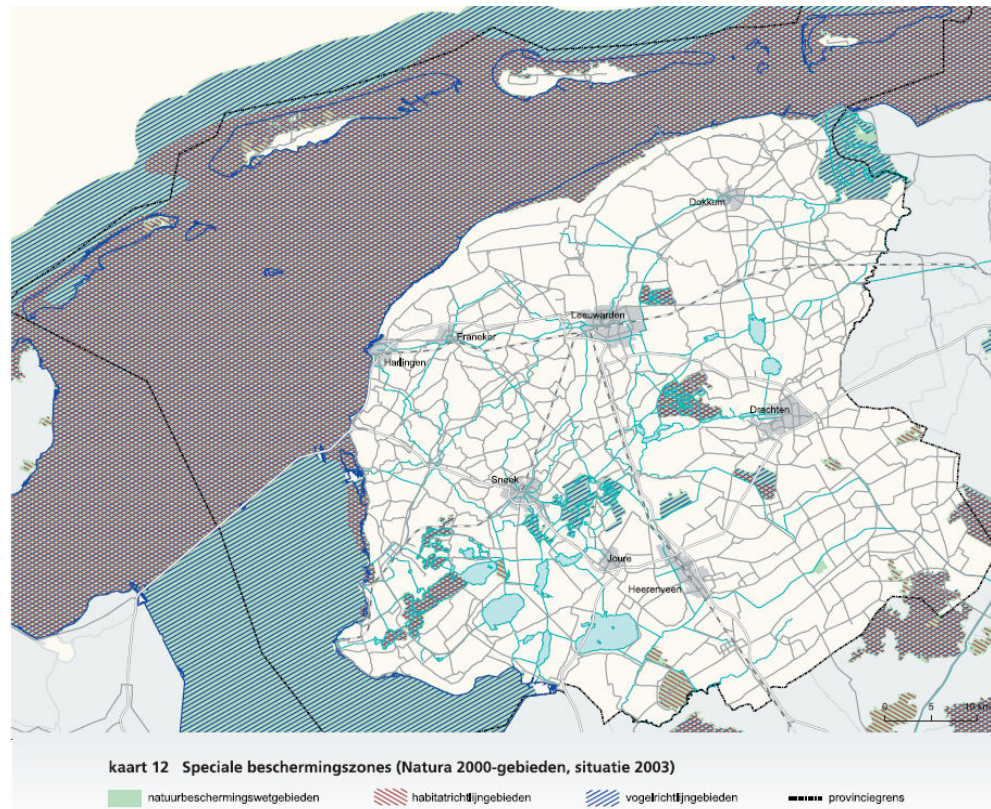
K Kaarten Beschermingsgebieden Provincies



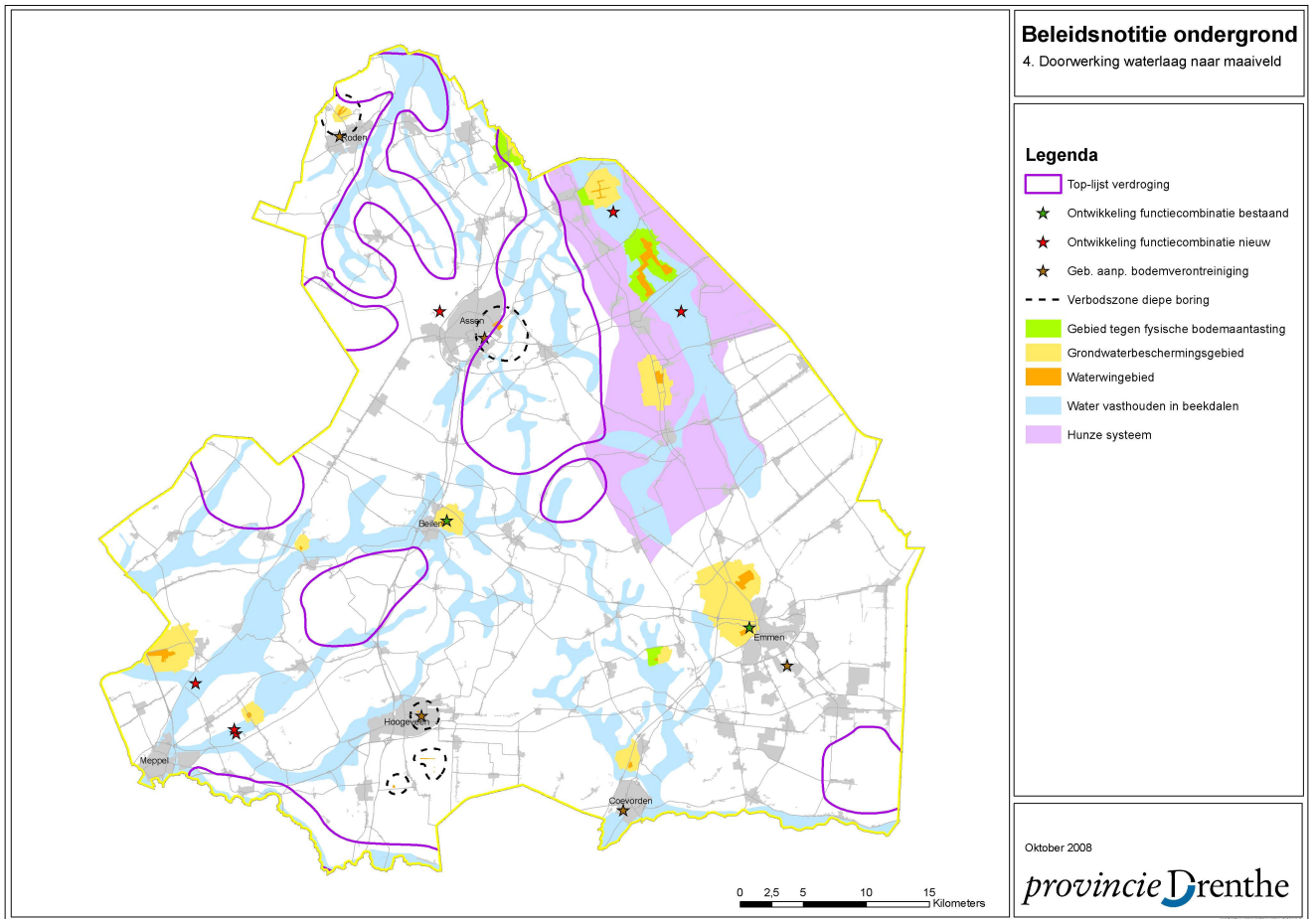
Kaart Milieubeschermingsgebieden (Streekplan Fryslân, 2007)



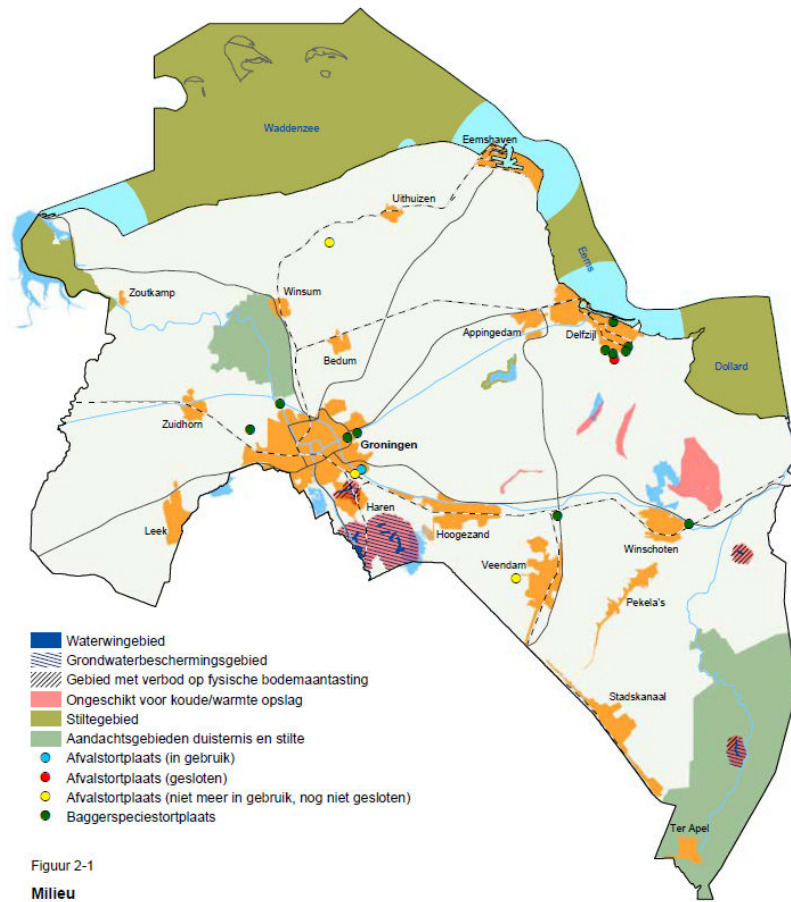
Kaart Provinciale ecologische hoofdstructuur (Streekplan Fryslân, 2007)



Kaart Speciale beschermingszones (Streekplan Fryslân, 2007)



Grondwaterbeschermingsgebieden Drenthe (Beleidsnotitie ondergrond Drenthe)



Grondwaterbeschermingsgebieden Groningen (POP 2009-2013 Groningen)