

# Technische potentieelstudie diepe ondergrond Noord-Nederland

## Definitief eindrapport

Oprachtgever	SNN Werkgroep "Beleidsvisie diepe ondergrond" p/a Provincie Drenthe Postbus 122 9400 AC ASSEN T 0592 - 36 55 55 Leden werkgroep: de heer E. Bregman (voorzitter) de heer D.I. de Vries de heer A. Hahn de heer A.J. van Harten
Adviseur en penvoerder	IF Technology bv Velperweg 37 Postbus 605 6800 AP ARNHEM T 026 - 35 35 555 F 026 - 35 35 599 E <a href="mailto:info@iftechnology.nl">info@iftechnology.nl</a> Contactpersonen: de heer M.M. van Aarssen de heer A. Willemsen de heer R. Wierikx
Adviseur geo-informatie	TNO Bouw en Ondergrond Postbus 80015 3508 TA UTRECHT T 030 - 256 42 56 F 030 - 256 44 75 E <a href="mailto:info-BenO@tno.nl">info-BenO@tno.nl</a> Contactpersonen: de heer L. Kramers de heer S.F. van Gessel

# Inhoudsopgave

1	Inleiding .....	3
1.1	Kader .....	3
1.2	Plan van aanpak .....	4
2	Technische analyse .....	6
2.1	Inleiding .....	6
2.2	Winning .....	7
2.2.1	Gaswinning .....	7
2.2.2	Oliewinning .....	9
2.2.3	Zoutwinning uit diapieren .....	11
2.2.4	Warmtewinning met Geothermie .....	14
2.2.5	Elektriciteitswinning met Geothermie .....	16
2.3	Opslag .....	19
2.3.1	Gasopslag in lege gasvelden .....	19
2.3.2	Gasopslag in cavernes .....	24
2.3.3	Persluchtopslag in cavernes .....	26
2.3.4	CO <sub>2</sub> -opslag in lege gasvelden .....	27
2.4	Verwijdering van afvalstoffen in cavernes .....	32
3	Functiecombinaties/-conflicten .....	34
3.1	Inleiding .....	34
3.2	Laag 1: Zechstein Groep .....	36
3.3	Laag 2: Rijnland Groep .....	37
3.4	Laag 3: Hoofd-Bontzandsteen Groep .....	38
3.5	Laag 4: Boven-Rotliegend Groep .....	39
3.6	Laag 5: Overige members .....	40
4	Technische conclusies en aanbevelingen .....	42
4.1	Inleiding .....	42
4.2	Technische conclusies .....	42
4.3	Aanbevelingen .....	44

## Bijlagen:

- 1 Verklarende woordenlijst
- 2 Geologische tijdschaal
- 3 Verslag werkatelier
- 4 Potentieelkaarten diepe ondergrond
- 5 Synergiekaarten diepe ondergrond

# 1 Inleiding

## 1.1 Kader

Het Samenwerkingsverband Noord-Nederland (SNN) heeft op 8 oktober 2007 samen met een aantal andere partners (ministerie van VROM, ministerie van EZ, provincie Noord-Holland) het Energie akkoord gesloten. In het Energie akkoord staan voor de vier Energy Valley provincies verschillende beleidsopgaven geformuleerd waarop de provincies een gezamenlijke inspanning plegen met het rijk en andere betrokken partijen<sup>1</sup>. Als uitwerking van dit Energie akkoord heeft het dagelijks bestuur van het SNN op 18 december 2007 een werkstructuur vastgesteld. Hierin staat voor verschillende thema's beschreven welke provincie hiervan primair de trekker is. Eén van de opdrachten die in dat kader is geformuleerd betreft het opstellen van een **Beleidsvisie diepe ondergrond Noord-Nederland**, waarbij Drenthe als trekker is aangewezen. In deze visie wordt een inventarisatie gemaakt van de kansen en mogelijkheden die de diepe ondergrond biedt. Globaal genomen gaat het hierbij om activiteiten dieper dan 400 meter onder het maaiveld. Aan de hand hiervan wordt een beleidskader ontwikkeld ten behoeve van een versnelling en optimalisering van het gebruik van de (diepe) ondergrond voor -met name- energie doeleinden.

De opdracht was om te onderzoeken welke (verdere) mogelijkheden de diepe ondergrond van het SNN gebied heeft voor de winning van olie, zout en gas, afvalopslag zoals gips en boorspoeling, opslag van gecompriëerde lucht, het winnen van aardwarmte (geothermie), opslag van CO<sub>2</sub> en (aard)gas.



Er is een werkgroep ingesteld onder leiding van dhr. E. Bregman (Dr). In de werkgroep zitten verder de heren D. de Vries (Gr.), A. Hahn (Frl.) en A.J. van Harten (Dr.). De werkgroep heeft een projectopdracht geformuleerd op basis van waarvan IF Technology te Arnhem in samenwerking met TNO het onderzoek is gestart, waarin de volgende vragen zijn beantwoord:

1. Hoe ziet de (diepe) bodem in Noord-Nederland eruit?
2. Wat zijn de gebruiksmogelijkheden?
3. Welke keuzes zijn nodig?

<sup>1</sup> Citaat jaarrapportage 2007-2008, finaal concept 8 oktober 2008.

Bijgaand rapport is het eindrapport van IF Technology. Over de gebruiksfuncties, die in dit rapport zijn uitgewerkt, is nog geen overleg gevoerd met marktpartijen en andere overheden (gemeenten, waterschappen en departementen). Het rapport geeft indicaties wat waar (technisch) mogelijk is. Over de politiek-bestuurlijke wenselijkheid van de genoemde gebruiksfuncties is nog geen standpunt ingenomen.

De bevindingen van IF Technology zijn gepresenteerd in een werkatelier, waarvoor de diverse disciplines van de betrokken provincie waren uitgenodigd (Ruimtelijke Ordening, Water, Landelijk Gebied, vergunningverlening). Tijdens dit werkatelier, gehouden op 25 september 2008, heeft Gedeputeerde R. Slager (Gr.) opgeroepen zoveel mogelijk als provincies samen te op te pakken. Zo kan men elkaar helpen bij problemen en klankborden waar nodig.

Tenslotte moet worden vermeld dat bij het uitwerken van de mogelijkheden een nadere trechtering moet plaatsvinden waarbij onder andere rekening gehouden moet worden met locatie specifieke aspecten en het gebruik van de bovengrond.

Het vervolgproces ziet er als volgt uit:

1. Het definitieve eindrapport wordt door de drie provincies voorzien van een beleidsmatige oplegnotitie;
2. Deze notitie wordt via de Gedeputeerde Staten van de drie provincies aangeboden aan het Dagelijks Bestuur van SNN.

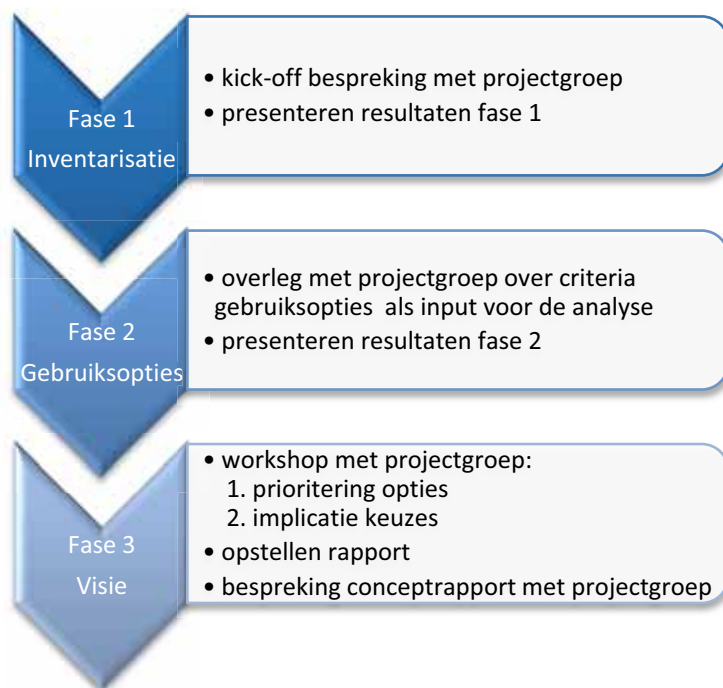
Werkgroep **Beleidsvisie diepe ondergrond Noord-Nederland**  
15 oktober 2008

## 1.2 Plan van aanpak

Om te komen tot een analyse van het duurzaam gebruik van de diepe ondergrond zijn drie fases doorlopen. In fase 1 zijn de technische eigenschappen van de ondergrond geïnterpreteerd op basis van beschikbare informatie. In fase 2 zijn per functie de gebruiksmogelijkheden hieraan gekoppeld en zijn de kansen per gebruiksoptie op een kaart gezet. De resultaten hiervan worden gepresenteerd in hoofdstuk 2.

In fase 3 zijn de mogelijke combinaties en conflicten via synergiekaarten inzichtelijk gemaakt. Deze zijn vervolgens gepresenteerd in een werkatelier waarvoor de diverse disciplines van de betrokken provincies waren uitgenodigd (Ruimtelijke Ordening, Water, Landelijk Gebied, vergunningverlening). Tijdens dit werkatelier, gehouden op 25 september 2008, heeft Gedeputeerde R. Slager van provincie Groningen opgeroepen zoveel mogelijk als noordelijke provincies samen op te pakken. Zo kan men elkaar helpen bij problemen en klankborden waar nodig.

Als afronding van fase 3 den op basis van de sche analyse en het werkate- lier een aantal technische conclusies getrokken en worden enkele aanbevelingen gedaan voor het vervolg. Op basis van deze aanbevelingen kan een vertaling worden gemaakt in bestuurlijke en politieke randvoorwaarden die op deze manier in het beleid verankerd kunnen worden. Deze laatste stap zal door de werkgroep verder vorm gegeven worden, mee in overleg met SNN. Het plan van aanpak is schematisch in nevenstaande figuur weergegeven.



#### **Disclaimer onderzoek**

Het doel van dit onderzoek is om op hoofdlijnen de mogelijkheden van de diepe ondergrond in beeld te brengen. Daarbij is gefocust op een technische analyse waarmee de verschillende gebruiksopties naast elkaar gezet en gewogen kunnen worden. Het is hierbij nadrukkelijk niet de bedoeling dat de beschikbaar gekomen informatie en kaarten op projectniveau gebruikt worden voor het onderzoeken van de haalbaarheid. Dit zal specifiek per locatie moeten worden onderzocht.

## 2 Technische analyse

### 2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de technische mogelijkheden van het gebruik van de diepe ondergrond voor verschillende gebruikersfuncties. Tabel 2.1 geeft een overzicht van deze functies, waarbij een onderverdeling is gemaakt tussen winning, opslag van stoffen en verwijdering van afvalstoffen<sup>2</sup>. De tabel geeft tevens een tijdsindicatie voor het moment waarop de gebruikersfuncties technisch mogelijk/rendabel worden. Hiervoor geldt de opmerking dat deze tijdsbepaling is vastgesteld op basis van de huidige inzichten en sterk afhankelijk is van bijvoorbeeld de ontwikkeling van olie- en gasprijzen.

Tabel 2.1 Gebruikersfuncties diepe ondergrond<sup>2</sup>

	<b>winning</b>	<b>opslag</b>	<b>verwijdering</b>
<b>heden</b>	<i>gas zout</i>	<i>gas</i>	<i>vloeibare afvalstoffen uit olie-, gas en zoutwinning</i>
<b>na 2015</b>	<i>aardwarmte olie elektriciteit</i>	<i>gas perslucht CO<sub>2</sub> warmte stikstof</i>	
<b>na 2030</b>		<i>chemicaliën olie/ LNG</i>	<i>vaste afvalstoffen (afval, gevaarlijk- en kern afval)</i>

#### Leeswijzer

De belangrijkste gebruikersfuncties (cursief opgenomen in tabel 2.1) zijn in de volgende paragrafen nader uitgewerkt. De verwijdering van vaste afvalstoffen is op basis van het vigerende beleid buiten beschouwing gelaten. Technisch zijn zoutcavernes weliswaar geschikt voor verwijdering van vaste afvalstoffen, echter conform het vigerende beleid in het kader van het LAP (Landelijk Afvalbeheer Plan) is storten niet toegestaan, ondermeer omdat vaste afvalstoffen niet terugneembaar zijn uit de cavernes (zie paragraaf 2.4).

Naast een korte uitleg van de techniek worden de toepassingsmogelijkheden van de desbetreffende gebruikersfunctie gepresenteerd in een potentieelkaart. De toelichting bij de kaart gaat nader in op de bepaling van het technisch potentieel van de ondergrond. Hierbij zijn tevens de mogelijke technische aandachtspunten in kaart gebracht. Tenslotte worden de bovengrondse (technische) factoren benoemd die een rol spelen bij het vaststellen van de meest kansrijke toepassingslocaties.

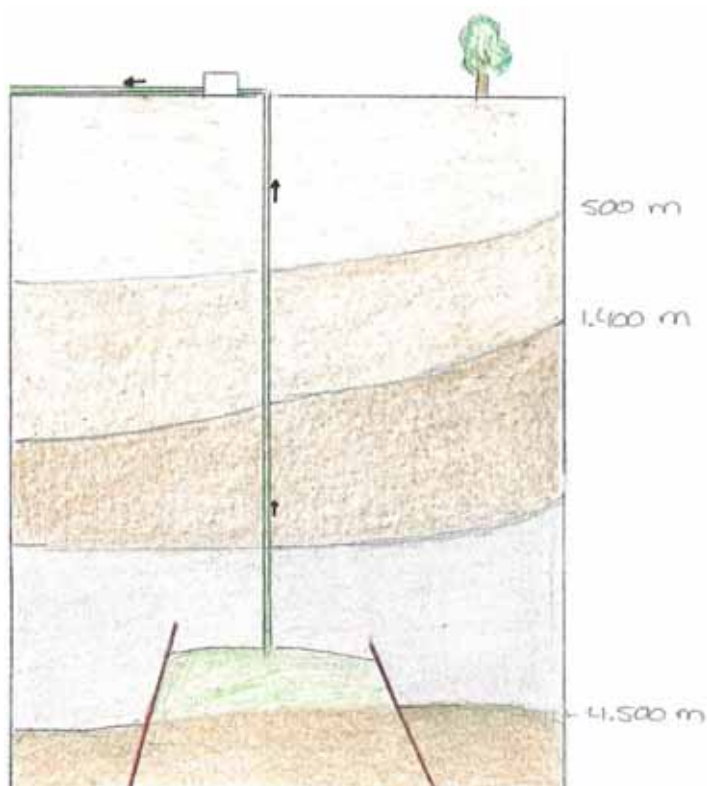
<sup>2</sup> winning = het onttrekken van stoffen uit de ondergrond;  
opslag = het tijdelijk in de ondergrond brengen van stoffen met de intentie van terugneembaarheid  
verwijdering = het opslaan (terugneembaar), of bergen (niet terugneembaar), injecteren of storten van (afval)stoffen in de diepe ondergrond.

## 2.2 Winning

### 2.2.1 Gaswinning

#### Beschrijving techniek

Gas en olie ontstaan uit organisch materiaal dat onder hoge druk en temperatuur wordt omgevormd. Door de lagere dichtheid dan het aanwezige water stijgt het omhoog door de bovenliggende lagen. Gas en olie verzamelen zich als het niet verder kan stijgen doordat een laag ondoordringbaar is. Op die locatie kan het dan aangeboord worden en kan het gas en of de olie gewonnen worden (zie figuur 2.1).



Figuur 2.1 Principe gaswinning

#### Potentieel ondergrond



Figuur 2.2 Potentieelkaart gaswinning

In de provincies Drenthe, Groningen en Fryslân bevinden zich een groot aantal gasvelden. Veel van deze velden zijn reeds ontwikkeld en produceren gas, maar er komen ook nog onontwikkelde velden voor. De informatie met betrekking tot de reserves die zich in een gasveld bevinden is niet openbaar. Om toch een inschatting te maken van de reserves per gasveld, is in dit onderzoek gebruik gemaakt van het totale volume van de gasvelden in Nederland. Dit volume is wel bekend. Het totale reserve-volume per 1 januari 2008 is verdeeld over de verschillende gasvelden aan de hand van hun oppervlakte. Op deze manier is geen rekening gehouden met de eigenschappen en de dikte van het reservoir. Hierdoor kan het gasvolume van de velden met een groot oppervlak, maar met een geringe dikte, overschat worden. Andersom kan het volume van kleine velden met een grotere dikte onderschat worden. Deze wijze van berekening brengt dus een relatief grote onzekerheid met zich mee. Voor dit onderzoek is deze aanpak voldoende.

De verschillende kaarten geven het verwachte moment aan waarop de gasvelden geen produceerbaar gas bevatten (peiljaren). Dit moment hangt deels af van veranderingen in druk, maar ook van economische omstandigheden. Bij hogere gasprijzen zal langer produceren sneller economisch aantrekkelijker zijn. De peiljaren die hier gebruikt worden zijn gebaseerd op winningsplannen uit 2003 of 2005 (NLOG-site). Deze zijn onderverdeeld in de volgende klassen, namelijk:

- 2008-2015;
- 2016-2030;
- na 2030.

### **Technische aandachtspunten**

#### *Seismiciteit*

Als gevolg van spanningsveranderingen in de diepe ondergrond door gaswinning, kunnen relatief kleine aardbevingen of bodemtrillingen zich voordoen. In een geïntegreerde studie zijn de zogenaamde "seismische risico's" van door gaswinning geïnduceerde aardbevingen in kaart gebracht (Wassing et al, 2004). Dit risico is hoger voor de velden Roswinkel, Annerveen en Groningen. Roswinkel heeft een hoger risico door de geologisch bijzondere situatie. Annerveen en Groningen zijn gevoeliger door de aanwezigheid van veenlagen in de ondergrond; deze lagen versterken de trillingen in de bodem. De velden ten zuidoosten van Leeuwarden zijn minder gevoelig.

#### *Bodemdaling*

Door de gaswinning in het noorden van Nederland is de druk in de gasreservoirs afgenomen. Hierdoor zijn de reservoirs iets in elkaar gedrukt en zijn de bovenliggende lagen dieper komen te liggen. Aan het oppervlak is er daardoor sprake van bodemdaling. De bodemdaling is het grootst in het centrum van het Groningenveld, maar ook in andere delen van Noord Nederland is sprake van significante daling (NAM 2005). Aangezien bodemdaling buiten de focus valt van dit onderzoek is dit in de technische analyse niet meegenomen.

### **Relatie bovengrondse functies**

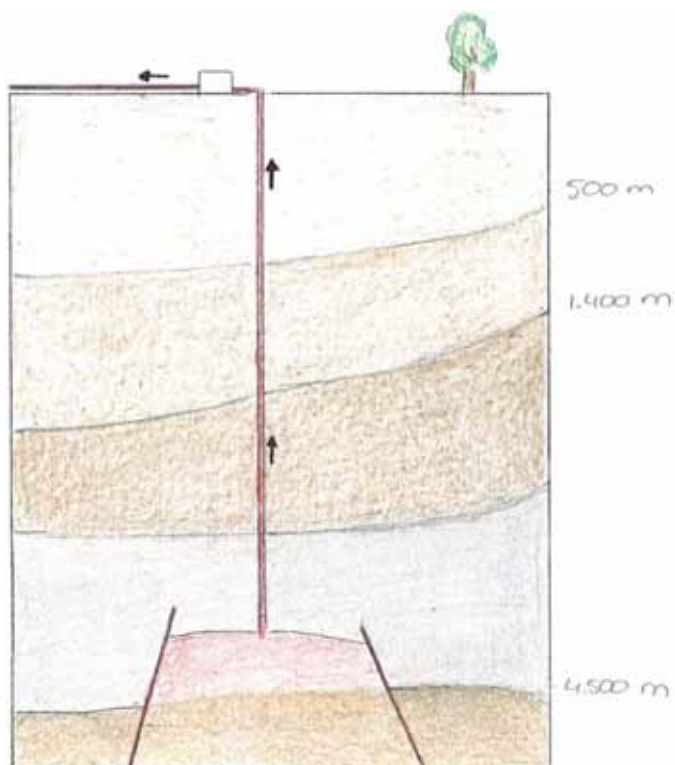
Bovengronds zijn de huidige gasleidingen weergegeven.



## 2.2.2 Oliewinning

### Beschrijving techniek

Gas en olie ontstaan uit organisch materiaal dat onder hoge druk en temperatuur wordt omgevormd. Door de lagere dichtheid dan het aanwezige water stijgt het omhoog door de bovenliggende lagen. Gas en olie verzamelen zich als het niet verder kan stijgen doordat een laag ondoordringbaar is. Op die locatie kan het dan aangeboord worden en kan het gas en/of de olie gewonnen worden.



Figuur 2.3 Principe oliewinning

### Potentieel ondergrond



Figuur 2.4 Potentieelkaart oliewinning

In de drie noordelijke provincies komt op enkele locaties olie voor. Het grootste deel daarvan is gelegen in het Schoonebeek-veld in Zuidoost Drenthe. In Groningen komen ook nog enkele olievelden voor. Deze velden zijn momenteel niet in productie, maar het Schoonebeek veld wordt in 2010 weer in productie genomen. Het peiljaar voor deze oliewinning ligt op 2035.

Voor de olie-inhoud geldt dat de volumes per veld niet openbaar zijn. Om toch een inschatting te maken van het potentieel, is het totale reservevolume van Nederland gebruikt. Het totale reservevolume per 1 januari 2008 is verdeeld over de verschillende olievelden aan de hand van hun oppervlakte. Ook hier is geen rekening gehouden met de eigenschappen en de dikte van het reservoir. Net zoals bij gaswinning is dit detailniveau voldoende voor dit onderzoek.

De verschillende kaarten geven het verwachte moment aan waarop de olievelden geen produceerbare olie meer bevatten. Dit moment hangt deels af van veranderingen in druk en de economische omstandigheden. Een voorbeeld hiervan is het opnieuw in productie nemen van het Schoonebeek olieveld nu blijkt dat het winnen van deze olie weer economisch aantrekkelijk is geworden door de hoge olieprijs. De peiljaren die gebruikt worden zijn gebaseerd op winningsplannen uit 2003 of 2005 (NLOG-site). Deze zijn onderverdeeld in de volgende klassen, namelijk:

- 2008-2015;
- 2016-2030;
- na 2030.

### **Technische aandachtspunten**

#### *Seismiciteit*

De olievelden in de drie provincies liggen geen van allen in seismisch gevoelige gebieden (Wassing et al, 2004).

#### *Bodemdaling*

Bij oliewinning is er sprake van drukvermindering in het reservoir waardoor aan het oppervlak bodemdaling op kan treden. Dit is verder buiten beschouwing gelaten.

### **Relatie bovengrondse functies**

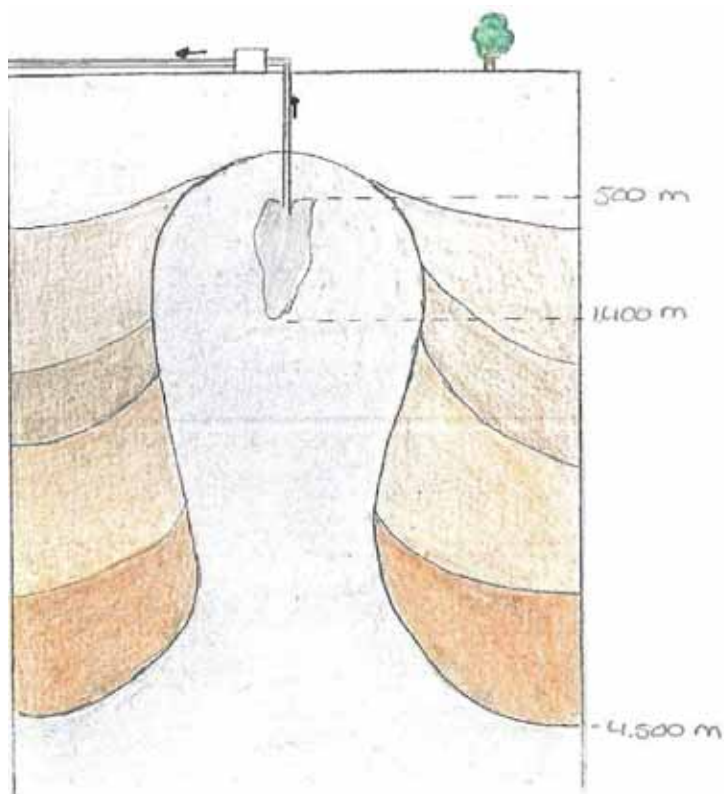
In verband met het transport zijn olieleidingen van belang. Voor deze studie ontbreekt deze informatie.

### 2.2.3 Zoutwinning uit diapieren

#### Beschrijving techniek

Zoutwinning vindt in Noord-Nederland plaats in de zoutlagen uit het Zechstein. Hierin wordt een put geboord met twee buizen. Door de buitenste buis wordt water het zout in gepompt. Een deel van het zout lost op totdat het water verzadigd is, dit wordt ook wel pekkel genoemd. Dit zoute water is zwaarder en zakt in de caveerne naar beneden waarna het wordt opgepompt door de langere binnenbuis. De pekkel wordt dan via leidingen getransporteerd naar de indampingsinstallatie.

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



Figuur 2.5 Principe zoutwinning diapieren

#### Potentieel ondergrond



Figuur 2.6 Potentieel zoutwinning diapieren

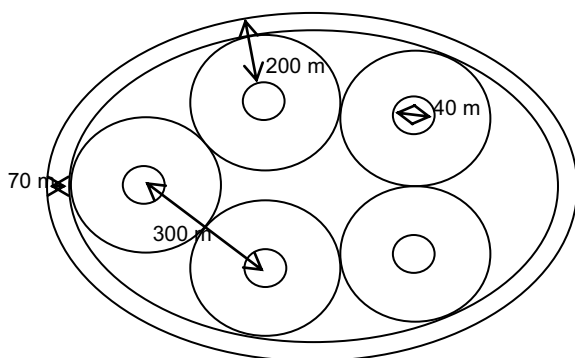
Om de potentie van zoutwinning te bepalen is er o.a. gebruik gemaakt van regionale dikte- en dieptekaarten afkomstig van de TNO karteringafdeling. Tevens zijn de winningsplannen van de huidige zoutwinningen gebruikt (NLOG-site). Ook uit vlak liggend zout, zoals aanwezig in Fryslân, kan zout gewonnen worden. Dit potentieel is echter niet berekend, omdat in dit geval geen cavernes ontstaan die naderhand bruikbaar zijn voor opslag.

Voor het winnen van zout moet volgens het Staatstoezicht op de Mijnen worden voldaan aan een aantal regels;

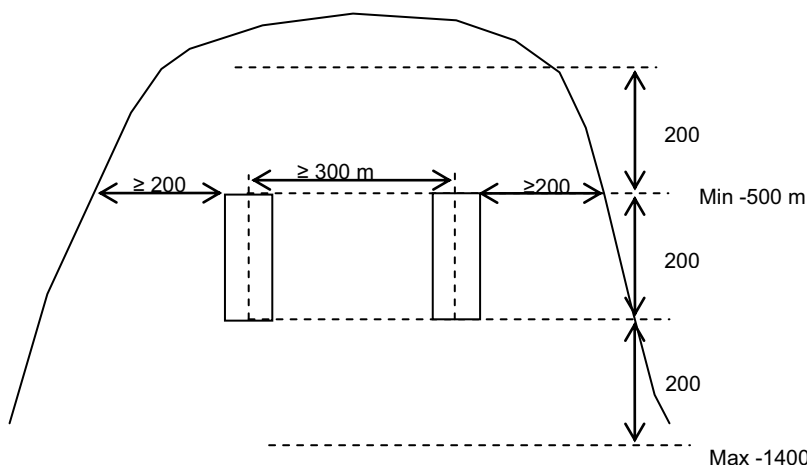
- de maximale diameter van de caveerne = 100 m;
- de afstand tussen de middens van de cavernes moet minimaal 300 m zijn;
- de hoogte varieert tussen 200-500 m, afhankelijk van de dikte van het zout;
- tevens geldt dat de afstand van de caveerne tot de rand van het zout minimaal 200 m moet zijn.

Bij het bepalen van het potentieel voor winning uit zoutkolommen, de zogenaamde diapieren, is uitgegaan van een gemiddelde diameter van 40 m per caveerne, en een maximale hoogte van de caveerne van 200 m. De bovenstaande regels in acht genomen, is het minimale oppervlak van een caveerne bepaald. Hiermee kan vervolgens het aantal cavernes en hun inhoud berekend worden. Om de uiteindelijke potentie te berekenen is aangenomen dat het zout uit 96 % haliet bestaat met een dichtheid van  $2.200 \text{ kg/m}^3$ .

Een voorbeeld hoe een aantal cavernes in een diapier passen inclusief de bovengenoemde criteria is weergegeven in onderstaande figuren.



Figuur 2.7 Bovenaanzicht diapier. De cirkels geven de oppervlakte weer die voor een caveerne nodig zijn (kleinere cirkels).



Figuur 2.8 Zijaanzicht diapier. De cilindres zijn hierbij de cavernes.

### Technische aandachtspunten

#### *Seismiciteit*

In de afgelopen decennia zijn er geen aanwijzingen geweest dat zoutwinning door middel van oplosmijnbouw bodemtrillingen heeft veroorzaakt. Dit is in overeenstemming met wat men op grond van het kruipgedrag van zout en van de toegepaste winningsmethode zou verwachten. Ook de gegevens over aardbevingen in Nederland van het KNMI laten zien dat er geen geïnduceerde aardbevingen zijn opgetreden door zoutwinning (KNMI 2008).

#### *Bodemdaling*

Bij zoutwinning kan bodemdaling optreden. Deze wordt veroorzaakt door convergentie van de cavernes als gevolg van zoutkruip. Het optreden van zoutkruip als gevolg van de winning van zout is in principe niet te verhinderen. Door het afsluiten van cavernes zal de bodembeweging aan het maaiveld met een factor twee afnemen. Afsluiten van cavernes na beëindiging van de winning zal in de regel plaatsvinden. Gezien de zeer gelijkmatige daling is schade als gevolg van bodembeweging niet te verwachten.

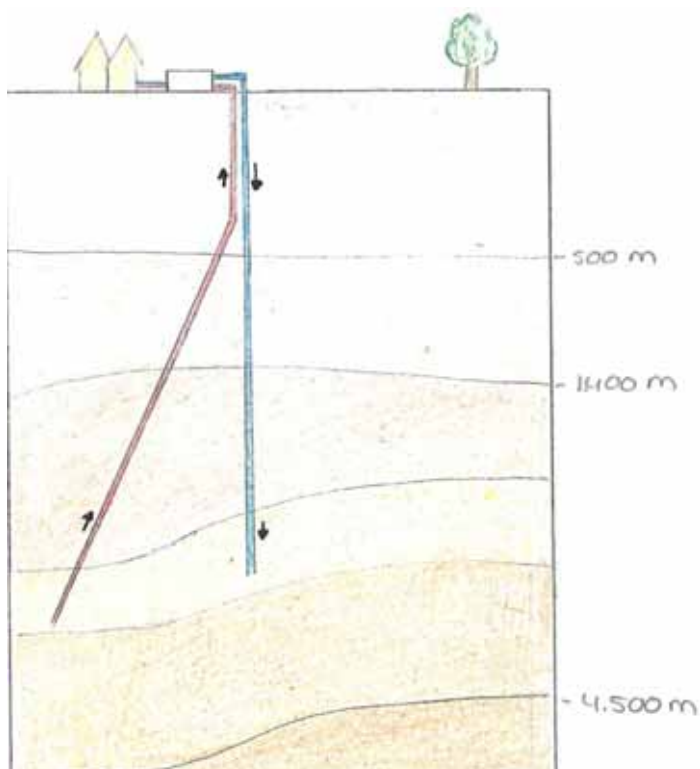
#### **Relatie bovengrondse functie**

Voor het verwerken van het zout zijn de ligging van de indampingsinstallaties (weergegeven op de kaart) en de pekelleidingen van belang.

## 2.2.4 Warmtewinning met Geothermie

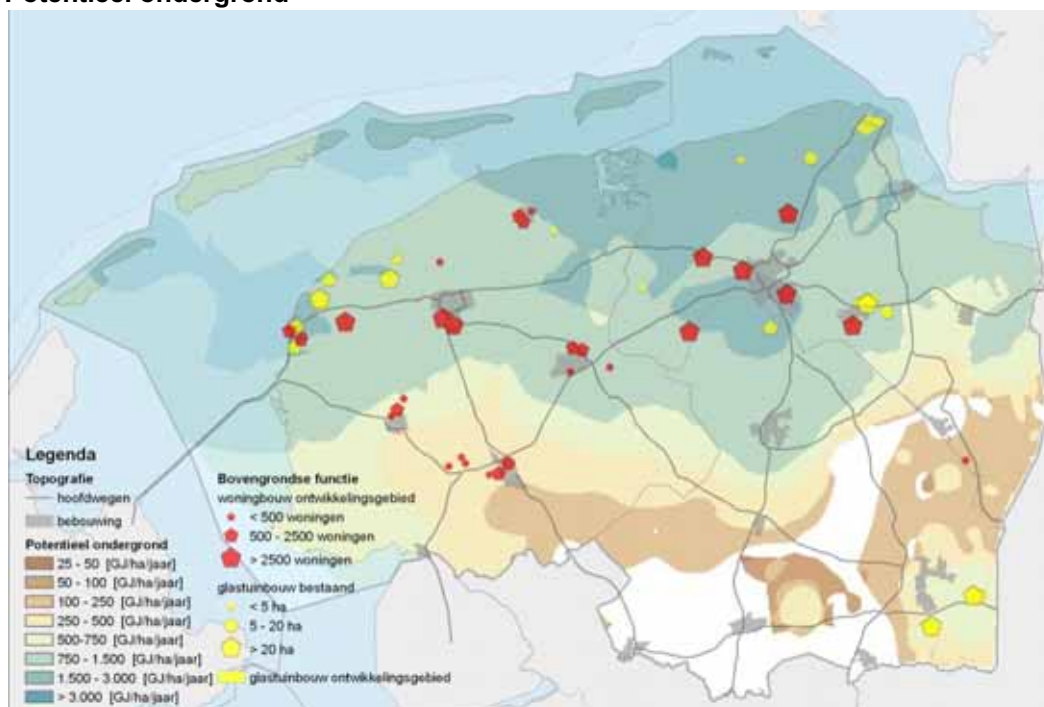
### Beschrijving techniek

Bij geothermie wordt warmte uit diepere aardlagen gebruikt om bebouwing te verwarmen. Deze warmte ontstaat door warmte die vrijkomt bij radioactieve reacties in de kern van de aarde, op een diepte van 5.000 tot 6.500 km. Door de materiaaleigenschappen van de korst neemt de temperatuur met de diepte toe. De korst van de aarde is opgebouwd uit afzettingen (formaties), die bestaan uit verschillende materialen. Sommige formaties zijn doorlatend en bevatten water. Dit water heeft dezelfde temperatuur als het omringende materiaal. Door een put te maken in de doorlatende delen kan dit water onttrokken worden. De warmte kan dan worden gebruikt voor verwarming en het afgekoelde water wordt via een andere put weer geïnfiltrerd in de formatie waar aan het onttrokken is.



Figuur 2.9 Principe geothermie

### Potentieel ondergrond



Figuur 2.10 Potentieel warmtewinning met geothermie

Figuur 2.10 presenteert de potentieelkaart voor warmtewinning met geothermie. Tabel 2.2 geeft een toelichting op de legenda.

Tabel 2.2 Toelichting legenda

legenda eenheid	potentieel
< 50 gj/ha/jaar	laag
50-1500 gj/ha/jaar	gemiddeld
> 1500 gj/ha/jaar	hoog

Op basis van de beschikbare boringen en kennis van de regionale geologie, zijn een aantal lagen geselecteerd die mogelijk geschikte aquifers vormen voor de toepassing van geothermie. De geschiktheid hangt onder andere af van de lithologie, kwaliteit en verbreiding van de lagen. Om de geschiktheid te bepalen is o.a. gebruik gemaakt van de stratigrafische nomenclator (RGD, 1993), welke een beschrijving geeft van de afzonderlijke stratigrafische eenheden, en regionale dikte- en dieptekaarten afkomstig van de TNO karteringafdeling. Locatiespecifieke informatie volgt uit de metingen en beschrijvingen afkomstig van boringen. In bijlage 2 is een geologische tijdsschaal weergegeven. Op basis van de lithologie zijn voor de drie noordelijke provincies de volgende lagen geselecteerd:

- de Vlieland Zandsteen uit de Rijnland Groep;
- de Detfurth, Volpriehausen en Solling zandstenen uit de Hoofd-Bontzandsteen Groep;
- de Slochteren Formatie uit de Boven-Rotliegend Groep.

Voor elk van deze lagen is de potentie berekend aan de hand van de temperatuur, de porositeit- en de diktekaarten van de desbetreffende formatie met behulp van onderstaande formule. De potentie wordt in de kaarten weergegeven in GJ per hectare per jaar (GJ/ha/jaar) en is volgens onderstaande formule bepaald.

$$Potentie = \frac{1}{3} * [(1 - \varphi)\rho_r c_r + \varphi\rho_w c_w] * (T - 10) * \frac{d}{100}$$

Waar:

$\frac{1}{3}$  = recovery factor

$\varphi$  = effectieve porositeit

$\rho_r c_r$  = volume-gerelateerde warmtecapaciteit van het gesteente

$\rho_w c_w$  = volume-gerelateerde warmtecapaciteit van het water

$T$  = gemiddelde temperatuur van de aquifer

$10$  = referentie temperatuur

$d$  = dikte van de aquifer

$100$  = aantal jaar waarin het potentieel gewonnen wordt.

De recovery factor wordt toegepast omdat niet alle warmte gewonnen kan worden, maar slechts een deel. In deze studie is uitgegaan van  $\frac{1}{3}$ . Een referentietemperatuur van 10 °C is aangehouden omdat dit dan het complete potentieel betreft. Dit potentieel bevat dus ook de reserves.

### Relatie bovengrondse functie

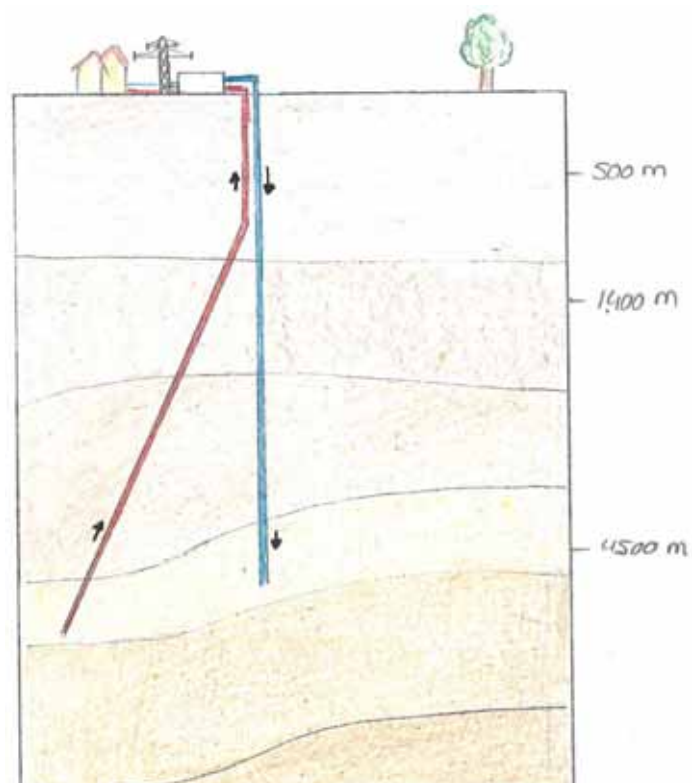
De haalbaarheid van geothermie hangt, naast het ondergrondse deel, ook af van de bovengrondse warmtevraag. Deze warmtevraag is in kaart gebracht door de locaties van de huidige woningbouw, glastuinbouw en bijbehorende ontwikkelingsgebieden op de kaart te projecteren. Bij de woningbouw zijn alleen de gebieden opgenomen met meer dan 100 woningen waarbij minimaal 40 woningen per hectare voorkomen. Bij de glastuinbouw zijn alleen de gebieden opgenomen waarin meer dan 4 hectare glastuinbouw per 2 km<sup>2</sup> voorkomt. Deze gebieden zijn gezien de grootte van de warmtevraag, interessant voor de toepassing van geothermie.

### 2.2.5 Elektriciteitswinning met Geothermie

#### Beschrijving techniek

Bij elektriciteitswinning uit geothermie wordt hoge temperatuur warmte uit diepere aardlagen gebruikt. Uit lagen die geschikt zijn voor geothermie kan, indien de temperatuur hoger is dan 100 °C, ook elektriciteit opgewekt worden. Dit kan via een ORC/Kalina proces waarbij warmte wordt omgezet in elektriciteit. Hierbij geldt wel: hoe hoger de temperatuur, hoe groter het elektrisch rendement.

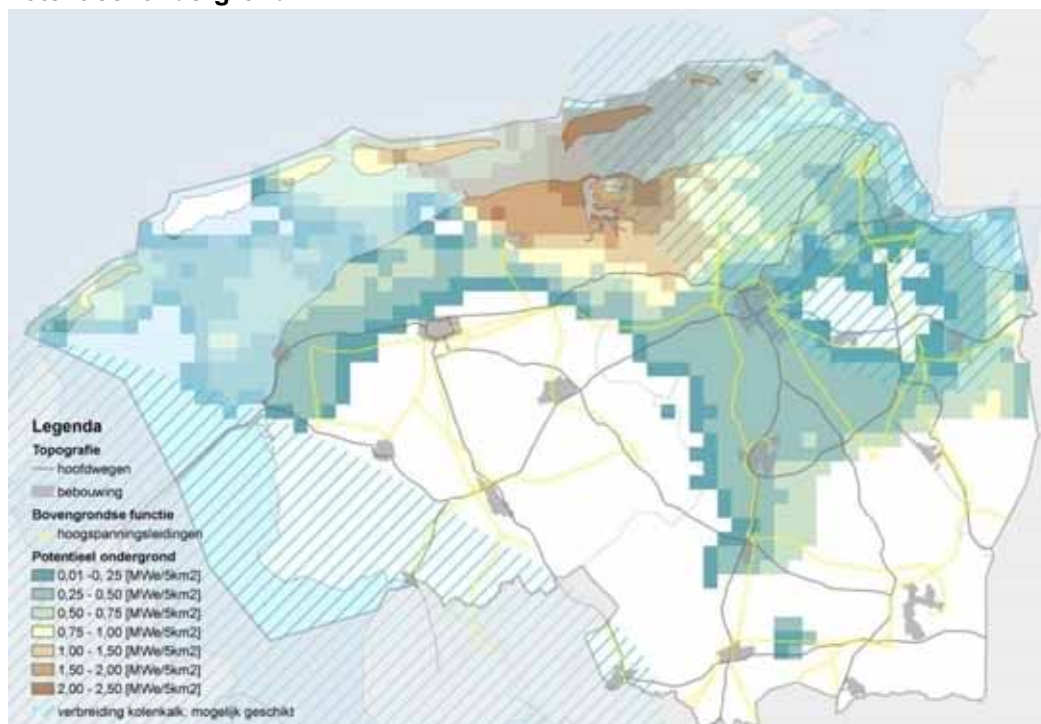
De opzet van de techniek is gelijk aan die van geothermie voor warmtelevering. Verschil is dat met de hogere beschikbare temperatuur eerst elektriciteit wordt opgewekt. De retourtemperatuur uit dit proces is in veel gevallen nog voldoende hoog om ook warmte te leveren aan bebouwing.



Figuur 2.11 Principe elektriciteit uit geothermie



## Potentieel ondergrond



Figuur 2.12 Potentieel elektriciteitswinning met geothermie

Figuur 2.12 presenteert de potentieelkaart voor elektriciteitswinning met geothermie. Tabel 2.3 geeft een toelichting op de legenda.

Tabel 2.3 Toelichting legenda

legenda eenheid	potentieel
< 250 MW <sub>e</sub> /5km <sup>2</sup>	laag
250-1500 MW <sub>e</sub> /5km <sup>2</sup>	gemiddeld
>1500 MW <sub>e</sub> /5km <sup>2</sup>	hoog

Voor het selecteren van de lagen is o.a. gebruik gemaakt van de stratigrafische nomenclator (RGD, 1993), de geologische geschiedenis van het gebied, en regionale dikte- en diepte kaarten afkomstig van de TNO karteringafdeling. Locatiespecifieke informatie van de Slochteren Formatie volgt uit de metingen en beschrijvingen afkomstig van boringen.

Voor het opwekken van elektriciteit komen de volgende lagen in aanmerking;

- de Slochteren Formatie uit het Perm;
- de Kolenkalk Groep uit het Vroeg-Carboon.

Van de Slochteren Formatie is de potentie op dezelfde manier berekend als voor de potentie voor geothermie. De potentie van de Kolenkalk Groep is bepaald aan de hand van de geschatte diepte en dikte van regionale geologische studies (Geluk, 2007). Deze laag is in Noord-Nederland nog niet aangeboord waardoor veel gegevens nog ontbreken.

Aangezien de porositeit in kalksteen normaliter laag is, is een porositeit aangenomen van 7 %. Het potentieel dat geschat is, is een eerste benadering op basis van de gegevens die nu bekend zijn. Verder onderzoek en vergelijking met de producerende gebieden in België en Zuid-Nederland is nodig om een nauwkeurigere schatting te maken.

De potentie van de Slochteren Formatie is op de kaart uitgedrukt in  $MW_e$ . Dit zijn bruto waarden, hier moet het elektrisch vermogen van de pompen nog vanaf getrokken worden. Het thermisch potentieel is bepaald aan de hand van de formule voor geothermie. Dit thermisch potentieel kan omgerekend worden naar  $MW_e$  als een aantal aannames gedaan worden. Dit kan via de volgende formule:

$$P = q * \Delta T * Cp * \frac{\eta}{1000} \quad [MW_e]$$

Waar:

$P$  = het elektrisch vermogen in  $MW_e$

$q$  = debiet ( $m^3/h$ )

$\Delta T$  = temperatuursverschil tussen de injectie en productie put

$Cp$  = Volume warmtecapaciteit

$\eta$  = elektrisch rendement

Het elektrisch rendement kan benaderd worden door een aanname te doen. Daarbij is 10 % van het temperatuurniveau gelijk aan het (bruto) elektrisch rendement. Om het elektrisch potentieel te berekenen voor de Slochteren Formatie is het volgende aangenomen:  $q = 150 m^3/h$ ,  $T_{injectie} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ , en  $C_p = 1,11$ .

Door deze aannames wordt een benadering van het elektrisch potentieel verkregen, hier zit echter een redelijke onzekerheid in. Met name het debiet en rendement zijn sterk afhankelijk van de locatie. Het debiet hangt af van de doorlatendheid van het gesteente, en zal waarschijnlijk niet overal voldoende zijn om een debiet van  $150 m^3/h$  te kunnen onttrekken. Er is echter te weinig informatie om het debiet per locatie vast te stellen. Het rendement hangt af van de temperatuur van de formatie; hoe hoger de temperatuur, hoe hoger het rendement. De aanname voor het rendement welke in deze studie gebruikt wordt, is een benadering. In de kaart worden de elektrische vermogens weergegeven.

Het gebied waarin mogelijk elektriciteit opgewekt kan worden uit de Kolenkalk Groep is aangegeven in de kaart. Vanwege de relatief grote onzekerheid is deze groep niet geclassificeerd, maar is een eerste schatting van het potentieel voor het gehele voorkomen berekend. Hierbij is een dikte aangenomen van 400 m. In totaal bevat de Kolenkalk Groep ongeveer 224 PJ aan thermische energie. Bij een elektrisch rendement van 19 %, gebaseerd op een temperatuurniveau van  $180\text{-}200 \text{ }^\circ\text{C}$ , en één doublet per  $5 \text{ km}^2$ , is dit ongeveer  $2,2 \text{ GW}_e$ . Dit is dus het totale elektrisch vermogen wat de Kolenkalk Groep kan leveren.

### Relatie bovengrondse functie

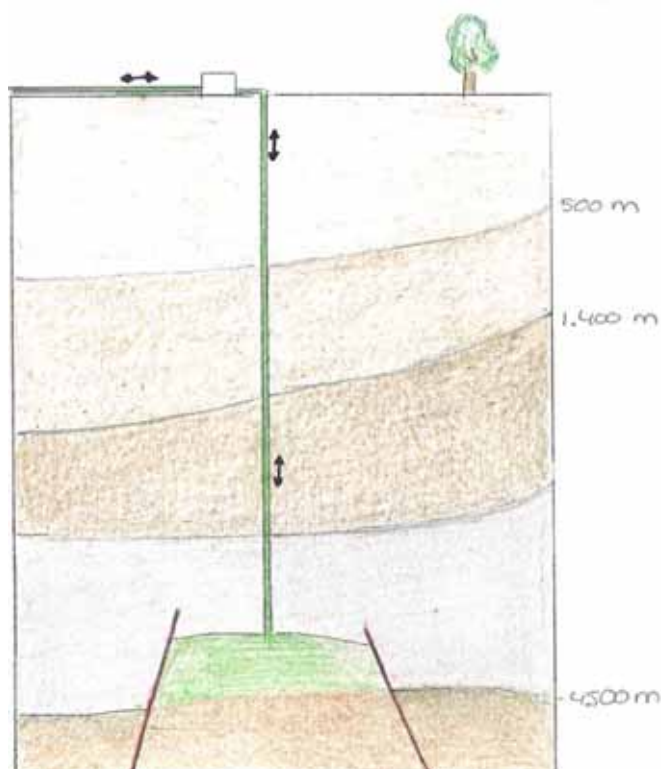
Uit eerdere studies is gebleken dat naast de opwekking van elektriciteit, het ook belangrijk is om de restwarmte af te zetten. Hierdoor kan de elektriciteit tegen een gunstiger tarief opgewekt worden omdat ook de warmte verkocht wordt. Om deze reden zijn de locaties met een grote warmtevraag op de kaart aangegeven. Aangezien het belangrijk is dat de opgewekte elektriciteit ook aan het elektriciteitsnet geleverd wordt, is ook het hoogspanningsnet opgenomen in de kaart.

## 2.3 Opslag

### 2.3.1 Gasopslag in lege gasvelden

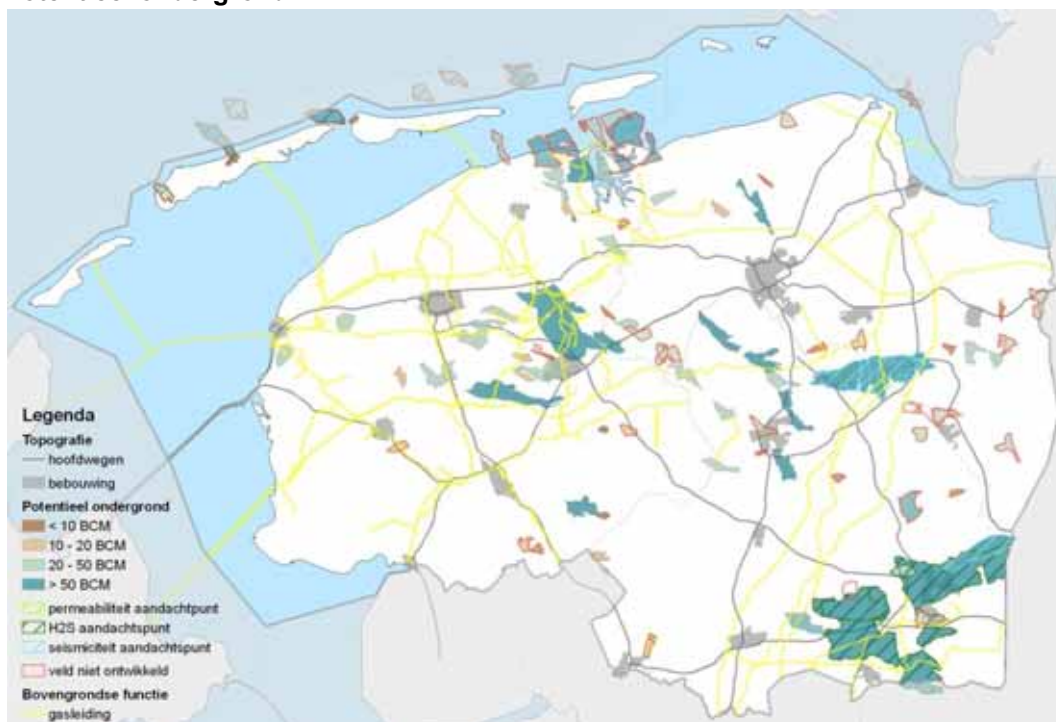
#### Beschrijving techniek

Door middel van ondergrondse gasopslag kan extra gas geleverd worden als de producerende velden niet aan de gewenste vraag kunnen voldoen. Het gas kan geïnjecteerd worden als de vraag laag is en worden geproduceerd indien de vraag te groot is voor de producerende velden. Door de grootte van de velden wordt gasopslag in lege gasvelden doorgaans als seizoensopslag gebruikt. Hierbij kunnen verschillen in vraag en aanbod tussen de seizoenen (zomer en winter) worden overbrugd.



Figuur 2.13 Principe gasopslag in gasvelden

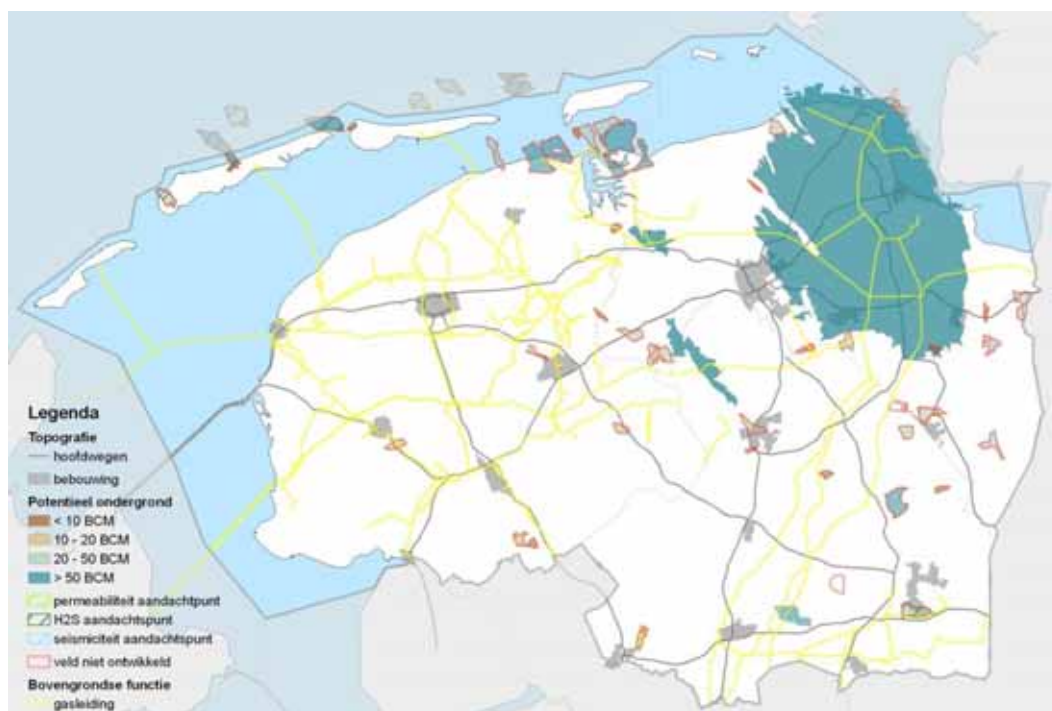
## Potentieel ondergrond



Figuur 2.14 Potentieel gasopslag in lege gasvelden t/m 2015



Figuur 2.15 Potentieel gasopslag in lege gasvelden 2015 t/m 2030



Figuur 2.16 Potentieel gasopslag in lege gasvelden na 2030

Figuur 2.14 tot en met 2.16 presenteren de potentieelkaarten voor gasopslag in lege gasvelden voor de verschillende periodes. Tabel 2.4 geeft een toelichting op de legenda.

Tabel 2.4 Toelichting legenda

legenda eenheid	potentieel
>50 bcm	laag
10-50 bcm	gemiddeld
< 10 bcm	hoog

Op basis van de stratigrafie van de gas- en olievelden in het noorden van Nederland is een onderverdeling gemaakt naar de geschiktheid van gasvelden voor ondergronds gasopslag ook wel UGS (Underground Gas Storage) genoemd. De stratigrafie voor elk veld is bepaald aan de hand van winningsplannen (NLOG-site). Voor velden waarvan het reservoir gesteente niet te achterhalen is uit winningsplannen zijn putten die deze velden aanboren geïnventariseerd. Het betreft hier alleen publieke gegevens. Wanneer geen winningsplan beschikbaar is en het is niet duidelijk welke put een veld aanboort, dan is het betreffende veld als *onbekend* aangegeven.

Bij het bepalen van de geschiktheid voor de verschillende gasvelden zijn de volgende criteria aangehouden:

- werkvolume;
- verhouding kussengas/werkgas.

Het werkvolume van een gasveld kan bepaald worden aan de hand van het totale volume van een gasveld. Het gasvolume van ieder veld is bepaald aan de hand van het totale gasvolume in Nederland en rechtstreeks verdeeld op basis van hun oppervlaktes. Op deze manier kan het volume voor elk gasveld het best benaderd worden. De werkelijke dikte is hierbij echter niet meegenomen waardoor de opslagcapaciteit van velden met een groot oppervlak maar met een geringe dikte, overschat kunnen worden. Uit de praktijk is gebleken dat de verhouding van het werkvolume/kussengas ongeveer 1: 5-8 is. Voor de bepaling van het potentieel is daarom een verhouding van 1:7 aangehouden.

De geschiktheid van de velden is weergegeven op basis van hun inhoud. De inhoud van een gasveld bepaald namelijk het opslagvolume maar ook de hoeveelheid kussengas. Hoe groter het kussengas volume, hoe hoger de investeringen.

De klassen zijn als volgt ingedeeld op basis van miljarden kubieke meters (BCM's):

- <10 BCM, goed geschikt;
- 10-50 BCM, redelijk geschikt;
- >50 BCM, niet geschikt.

### **Technische aandachtspunten**

#### *Permeabiliteit*

De doorlatendheid is een zeer belangrijk criterium voor UGS. Daarom is voor de velden in de Slochteren Formatie van het Rotliegend een onderverdeling gemaakt in de verwachte doorlatendheid op basis van het geologische afzettingmilieu. De Slochteren Formatie bestaat in de noordelijke provincies hoofdzakelijk uit eolische en fluviatiele zanden welke over het algemeen een hoge doorlatendheid hebben. Uit de verschillende porositeitmetingen blijkt dat de zanden rondom de Waddeneilanden een lagere porositeit hebben. Dit wordt veroorzaakt door een naar het noorden toenemend kleigehalte. Hierdoor neemt waarschijnlijk ook de doorlatendheid af richting het noorden en is het dus onzeker of de velden rondom de Waddeneilanden geschikt zijn voor UGS.

De meeste van de gasvelden in het Zechstein zijn momenteel nog niet ontwikkeld. Op basis van de grootte zouden deze velden misschien geschikt kunnen worden voor piekleveringen. Deze velden zijn wat reservoir eigenschappen betreft namelijk vergelijkbaar met de velden van Alkmaar waar UGS voor piekopslag toegepast wordt. Dit veld bevindt zich ook in een Zechstein carbonaat.

#### *H<sub>2</sub>S-gehalte*

Uit winningsplannen blijkt dat de velden in het zuidoosten van Drenthe een hoog H<sub>2</sub>S gehalte hebben. Het is aannemelijk dat het geïnjecteerde gas vervuild raakt met H<sub>2</sub>S en dus bij her-productie gezuiverd dient te worden. Hierdoor is het onzeker of deze velden geschikt zijn voor UGS.

#### *Aquifer supported velden*

De velden Roswinkel en Sleen produceren beide uit het Bontzandsteen reservoir gesteente en zijn aquifer supported. Dit houdt in dat de ruimte die vrijkomt door de productie van gas, opgevuld wordt met formatiewater. Hierdoor is het onzeker of deze velden geschikt zijn voor UGS. Dit dient nader onderzocht te worden indien een van deze velden benut wil worden voor UGS.

### *Complexiteit*

De velden de Wijk/Wanneperveen in het zuidwesten van Drenthe zijn gezien hun complexiteit waarschijnlijk ongeschikt voor UGS. Daarnaast heeft een deel van het gesteente een hoog kleigehalte en dus zeer waarschijnlijk een lage doorlatendheid. Het Veld Harlingen-Chalk is tevens twijfelachtig vanwege de zeer beperkte doorlatendheid van de kalksteen. De olievelden, waaronder Schoonebeek en Zweelo, zijn tevens gearceerd.

### *Bodemdaling*

Het reservoir gesteente voor Schiermonnikoog is niet publiekelijk bekend. Hoogtemetingen rondom de gasopslag locatie Langelo hebben aangetoond dat herinjectie van het voor opslag bestemde aardgas in het reservoir daar een “compenserende” werking heeft gehad op de bodemdaling (pers. comm. Dr. J. Breunese, TNO). Het is te verwachten dat UGS ook bij andere gasvelden compenserend zal werken. Deze compenserende werking zal groter zijn naarmate een reservoir dieper ligt. Concreet onderzoek naar deze mogelijke effecten heeft tot op heden niet plaatsgevonden.

### *Seismiciteit*

In een aantal gasvelden in Noord Nederland hebben zich in de afgelopen decennia relatief kleine aardbevingen voorgedaan, die het gevolg zijn van spanningsveranderingen in de diepe ondergrond door gaswinning. In een geïntegreerde studie zijn de zogenaamde “seismische risico’s” van door gaswinning geïnduceerde aardbevingen in kaart gebracht (Wassing et al, 2004).

Bij gasopslag, vooral bij piek- en seizoensopslag, vindt zowel productie als injectie voortdurend plaats. Vanuit dit perspectief lijken de velden met een hoger seismisch risico minder geschikt om als locatie voor terugneembare opslag dienst te doen. Dit geldt voor de velden Roswinkel, Annerveen en Groningen. Het Groningen gasveld is daarnaast erg groot waardoor er een groot kussengas volume, en dus een hoge investering, nodig zal zijn. Andere velden moeten nog nader onderzocht worden. Dit speelt in mindere mate bij strategische gasopslag omdat het gas daar voor langere tijd opgeslagen wordt.

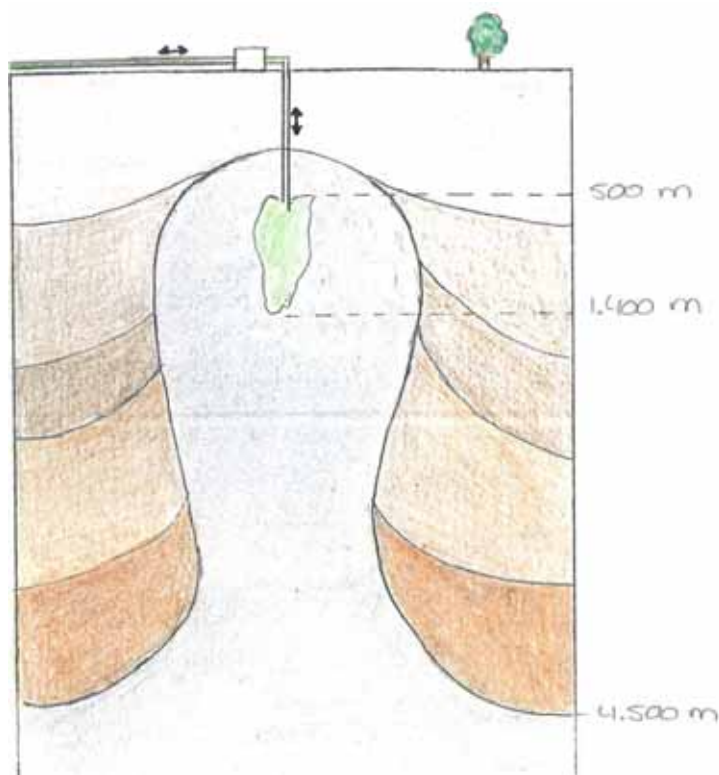
### **Relatie bovengrondse functies**

De mogelijkheden van gasopslag zijn, naast de technische aspecten, ook afhankelijk van de aanvoermogelijkheid van gas. Om deze reden is het bestaande gasnet op de kaarten geprojecteerd.

### 2.3.2 Gasopslag in cavernes

#### Beschrijving techniek

Na zoutwinning blijft een caveerne achter in de ondergrond. Deze holte kan gebruikt worden voor opslag. Ook gas kan opgeslagen worden in lege zoutcavernes. Zodra een caveerne gevormd is kan het gas geïnjecteerd worden. Gezien de opslagcapaciteit is een caveerne met name geschikt voor dag/nacht buffering. De huidige cavernes zijn niet geschikt om gas op te slaan. Hiervoor dienen nieuwe cavernes gemaakt te worden zoals beschreven onder zoutwinning uit diapiëren.



Figuur 2.17 Principe gasopslag in cavernes

#### Potentieel ondergrond



Figuur 2.18 Potentieel gasopslag in cavernes



Onder druk van het overliggende gesteente kan zoutvloeï optreden wat niet gewenst is bij opslag van gassen en vloeistoffen. De druk in een gemaakte caverne zal constant moeten zijn om zoutvloeï te voorkomen. Bij UGS kan bij het verwijderen van het gas (en dus de druk) enige mate van zoutvloeï ontstaan. Op termijn resulteert dit dus in een verkleining van de ruimte. Als absolute ondergrens is een diepte van 1400 m aangehouden waarbij het zout nog stabiel is. Beneden deze diepte is UGS waarschijnlijk niet toepasbaar. Als bovengrens is 500 m-mv aangehouden, naast een minimale zoutdikte van 200 m boven de top van de caverne (Staatstoezicht op de Mijnen, 1967/1976).

De criteria voor gasopslag in cavernes zijn hetzelfde als voor zoutwinning en dus is het potentieel op dezelfde manier berekend. Hierbij is dezelfde gemiddelde diameter van 40 m per caverne, en een maximale hoogte van de caverne van 200 m aangehouden. De inhoud van een caverne komt nu echter overeen met een hoeveelheid gas. Dit gas bevat, net zoals bij UGS in gasvelden, een deel kussengas en een deel werkgas. De verhouding werkvolume: kussengasvolume varieert tussen 1-4:1. In deze studie is gerekend met de verhouding 2,6:1. Deze verhouding is afgeleid uit gegevensoverzichten van verschillende UGS-cavernes over de hele wereld. Het potentieel dat weergegeven is in de kaarten bestaat uit de werkvolumes in kubieke meters (m<sup>3</sup>).

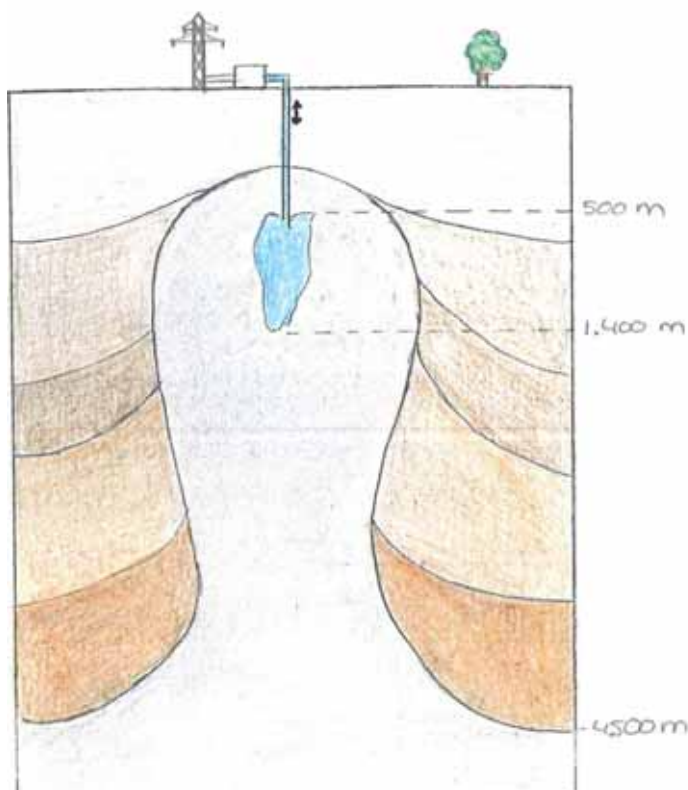
#### **Relatie bovengrondse functies**

De cavernes die nodig zijn voor gasopslag brengen hogere kosten met zich mee indien tijdens de zoutwinning het zout/pekel over grotere afstanden naar de indampingsinstallatie getransporteerd moet worden. Om deze reden zijn de locaties van de huidige indampingsinstallaties op de kaart geprojecteerd.

### 2.3.3 Persluchtopslag in cavernes

#### Beschrijving techniek

Idee achter deze techniek is dat elektriciteit wordt omgezet in gecomprimeerde lucht. Deze wordt vervolgens opgeslagen in de zoutcaverne. Tijdens daluren verbruikt een motor elektriciteit om lucht samen te persen en op te slaan in daarvoor gemaakte cavernes. Tijdens piekuren wordt de lucht weer naar boven gehaald waarbij de lucht vanzelf weer uitzet. Hierdoor wordt een generator aangedreven waardoor elektriciteit wordt geproduceerd. Op deze manier kan elektriciteit met een voldoende hoog rendement in grote hoeveelheden worden opgeslagen, zodat vraag en aanbod in de elektriciteitsvraag in evenwicht gebracht worden. Met name de koppeling met windenergie is een goede mogelijkheid.



Figuur 2.19 Principe persluchtopslag in cavernes

#### Potentieel ondergrond



Figuur 2.20 Potentieel persluchtopslag in cavernes

Ook bij persluchttopslag kan bij het verwijderen van de lucht (en dus de druk) enige mate van zoutvlei ontstaan. Op termijn resulteert dit in een verkleining van de ruimte. Als absolute ondergrens is een diepte van 1400 m aangehouden waarbij het zout nog stabiel is. Beneden deze diepte is persluchttopslag waarschijnlijk niet toepasbaar.

De criteria voor persluchttopslag in cavernes komen verder overeen met die voor zoutwinning. Eventuele drukverschillen tussen verschillende gebruikersdoelen van een caveerne kan worden voorkomen door een andere putconfiguratie. Deze cavernes zijn vergeleken met de gegevens van de cavernes in Huntorf (Crotogino et al., 2001). Per caveerne kan er een vermogen van 290 MW opgeslagen worden.

#### Relatie bovengrondse functies

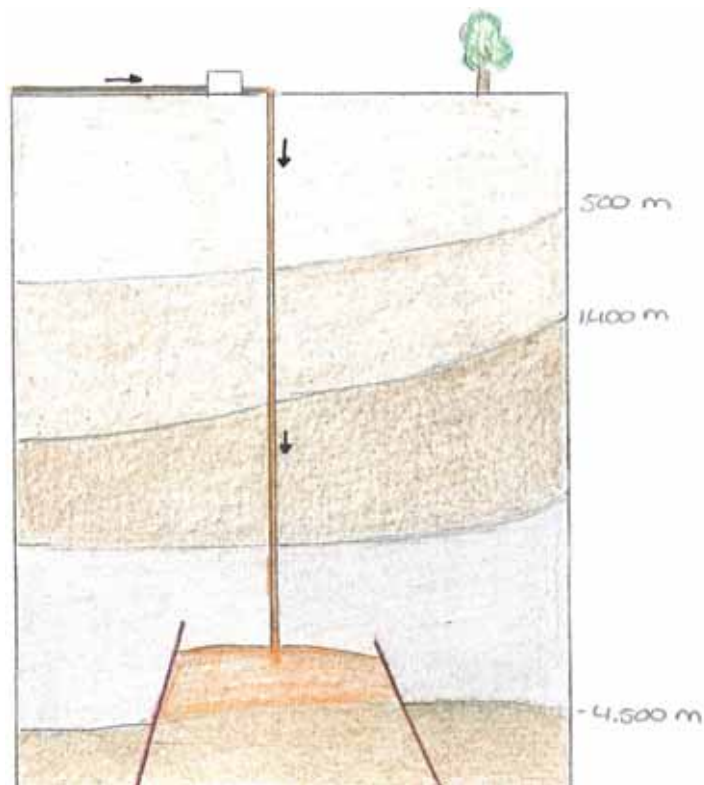
De cavernes die nodig zijn voor persluchttopslag brengen hogere kosten met zich mee indien tijdens de zoutwinning het zout/pekel over grotere afstanden naar de indampingsinstallatie getransporteerd moet worden. Om deze reden zijn de locaties van de huidige indampingsinstallaties op de kaart geprojecteerd.

#### 2.3.4 CO<sub>2</sub>-opslag in lege gasvelden

##### Beschrijving techniek

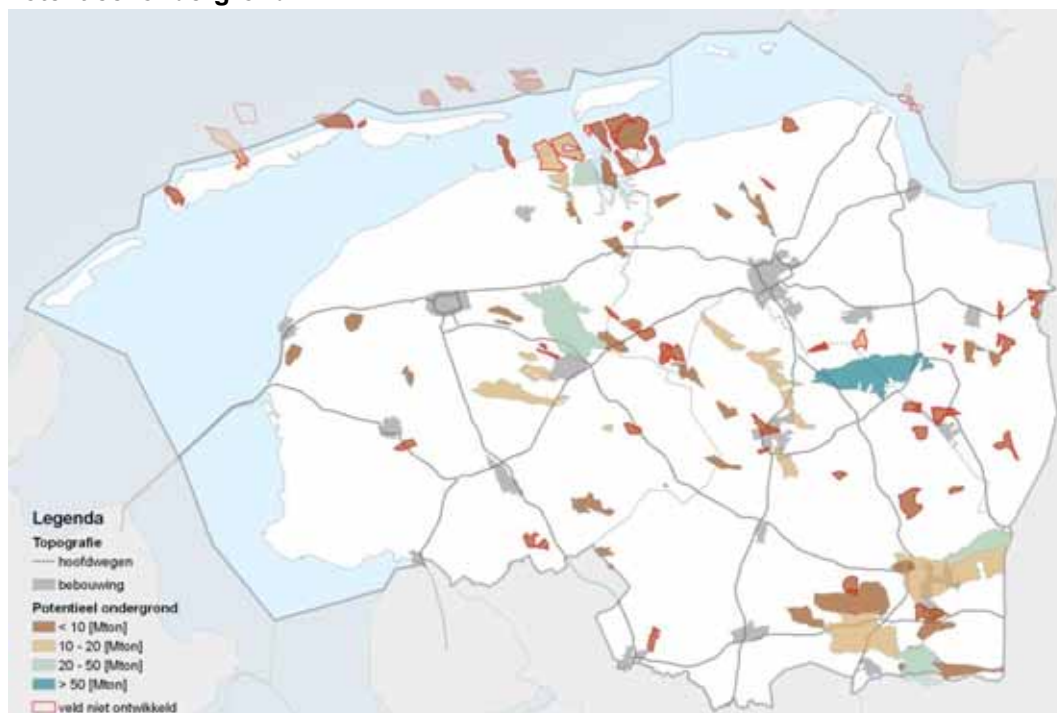
De CO<sub>2</sub> kan opgevangen worden bij de bron en worden geïnjecteerd in de ondergrond. Dit kan gedaan worden in lege gas/olievelden, aquifers en lege mijngangen. Al deze opties moeten afgesloten zijn wil de opgeslagen CO<sub>2</sub> niet kunnen ontsnappen. Om deze reden zijn lege gas- en olievelen hier uitermate geschikt voor. De CO<sub>2</sub> wordt onder druk gebracht waardoor het als vloeistof geïnjecteerd wordt.

Zoutcavernes komen, gezien het maximum volume wat ze kunnen bereiken, niet in aanmerking voor CO<sub>2</sub> opslag.



F  
Figuur 2.21 CO<sub>2</sub>-opslag in lege gasvelden

## Potentieel ondergrond



Figuur 2.22 Potentieel CO<sub>2</sub>-opslag in lege gasvelden t/m 2015



Figuur 2.23 Potentieel CO<sub>2</sub>-opslag in lege gasvelden 2015 t/m 2030



Figuur 2.24 Potentieel CO<sub>2</sub>-opslag in lege gasvelden na 2030

Figuur 2.22 tot en met 2.24 presenteren de potentieelkaarten voor CO<sub>2</sub>-opslag in lege gasvelden voor de verschillende periodes. Tabel 2.5 geeft een toelichting op de legenda.

Tabel 2.5 Toelichting legenda

legenda eenheid	potentieel
<20 Mton	laag
20-50 Mton	gemiddeld
>50 Mton	hoog

Voor het opslaan van CO<sub>2</sub> in de ondergrond kan gebruikt gemaakt worden van gas- en olievelden of van aquifers. Gas- en olievelden hebben door hun bestaan aangetoond dat zij olie en gas kunnen vasthouden over geologisch lange perioden. Om deze reden zijn deze velden ook geschikt voor de opslag van CO<sub>2</sub>. Naast opslag is het ook mogelijk om door het injecteren van CO<sub>2</sub> de gas- of oliewinning in het laatste stadium te verbeteren. Door CO<sub>2</sub> te injecteren wordt de druk verhoogt en kan de olie makkelijker worden gewonnen. In het Schoonebeek-veld is de haalbaarheid echter gering vanwege de relatief hoge kosten in verhouding tot de opbrengst. Dit komt doordat de olie hier te stroperig is en het veld te ondiep ligt voor de optimale drukcondities. Om deze redenen wordt dan ook stoominjectie gebruikt.

Het kennisniveau over het gedrag van de reservoirs is aanzienlijk, vooral vergeleken met de kennis over aquifers. De mogelijkheden voor CO<sub>2</sub> opslag in aquifers zijn niet in de kaart opgenomen. De locaties en gegevens over de capaciteit zijn niet openbaar.

Om een overzicht te geven van de gas- en olievelden die geschikt zijn voor CO<sub>2</sub> opslag is gebruik gemaakt van de gegevens uit een eerdere verkenningstudie van de Provincie Drenthe (TNO-NITG, 2006) en de EnergieNed studie (TNO, 2007). De bepaling van de opslagcapaciteiten verschilt per studie. Voor Drenthe is destijds toestemming gekregen van de NAM om het totale gasvolume per gasveld te gebruiken voor de bepaling van de CO<sub>2</sub> capaciteit van de velden, met de voorwaarde dat de uitkomsten alleen in klassen zouden worden weergegeven. De gasvolumes voor de velden gelegen in Fryslân en Groningen zijn echter niet op korte termijn beschikbaar. Daarom is gekozen om de geschatte capaciteit uit de EnergieNed studie te gebruiken.

In het EnergieNed project is door middel van het totale Nederlandse gasvolume en de oppervlakte van de gasvelden een inschatting gemaakt van de opslagcapaciteit. De dikte is hierbij echter niet meegenomen waardoor de CO<sub>2</sub> opslagcapaciteit van velden met een groot oppervlak maar een geringe dikte overschat kunnen worden. Hierdoor hebben deze capaciteiten een grotere mate van onzekerheid. De velden Norg en Grijpskerk zijn ook meegenomen in de CO<sub>2</sub> opslag kaarten. Ook al zijn deze velden nu in gebruik voor gasopslag, ze kunnen in theorie benut worden voor CO<sub>2</sub> opslag.

De capaciteit van CO<sub>2</sub>-opslag is voor beide studies bepaald aan de hand van de volgende formule:

$$SCCO_2 = \frac{UR_g}{EF_g} * \rho_{CO_2}$$

Waar:

SCCO<sub>2</sub> = de opslagcapaciteit van CO<sub>2</sub> [Mton]

UR<sub>g</sub> = totale oorspronkelijke hoeveelheid gas in een gasveld (Ultimate Recovery) [m<sup>3</sup>]

EF<sub>g</sub> = gasexpansie factor

ρ<sub>CO<sub>2</sub></sub> = dichtheid van CO<sub>2</sub> bij reservoir condities [kg/m<sup>3</sup>]

De gegevens zijn onderverdeeld in de volgende klassen namelijk:

- Minder dan 10 Mton;
- 10-20 Mton;
- 20-50 Mton;
- > 50 Mton.

Kleine velden hebben relatief hoge investeringen aangezien hier een kleine hoeveelheid CO<sub>2</sub> in opgeslagen kan worden. Om deze reden zijn velden onder de 10 Mton in dezelfde klasse ingedeeld. Bij de indeling is geen rekening gehouden met de complexiteit van het veld. Hoe complexer het veld, hoe meer putten nodig zijn om het gehele veld te injecteren met CO<sub>2</sub>.

De CO<sub>2</sub> capaciteit van het Fryslânveld omvat tevens de velden Nijega, Middelburen. Grou, Rauwerd, Warten en Opeinde-Zuid. Deze velden zijn als een enkel veld beschouwd, ook al liggen ze op stratigrafisch verschillende niveaus. De CO<sub>2</sub> capaciteit van het Saaksumveld omvat zowel oost als west.

## Technische aandachtspunten

### *Seismisch risico*

Hoewel seismische activiteit tijdens CO<sub>2</sub>-opslag niet is uit te sluiten, is het geen waarschijnlijk scenario. Eventuele seismische activiteit zal in ieder geval niet groter zijn dan tijdens de fase van gaswinning.

### *Bodemdaling*

Het is te verwachten dat de opslag van CO<sub>2</sub> een “compenserende” werking heeft op door gaswinning opgetreden bodemdaling. Deze compenserende werking zal groter zijn naarmate een reservoir dieper ligt. Voor zover bekend is de compenserende werking niet gelijk aan de hoeveelheid daling die is opgetreden. De daling is in grote mate onomkeerbaar. Concreet onderzoek naar deze mogelijke effecten heeft tot op heden niet plaatsgevonden.

### *Ouderdom putten*

Algemeen wordt aangenomen dat de kwaliteit van de putten het meest bepalend is voor de kwaliteit van de opslaglocatie. Bij putten die niet goed zijn afgewerkt kan lekkage van CO<sub>2</sub> optreden. Dit risico is groter naarmate de putten ouder zijn. In 1967 en 1976 is de regelgeving over het afwerken en verlaten van putten verbeterd, onder toezicht van de Staatstoezicht op de Mijnen (aanvullende Mijnbouw regelgeving, 1967/1976). Uit de historie van de regelgeving kan worden aangenomen dat putten, geboord na 1976, relatief minder gevoelig zouden kunnen zijn voor lekkage. Voor putten ouder dan 1967 kan echter het tegenovergestelde verwacht worden en deze brengen dus mogelijk een groter risico met zich mee.

Voor de kaarten zijn alle putten geïventariseerd en onderverdeeld naar ouderdom. Daarnaast is een onderscheid gemaakt naar de status van deze putten, die aangegeven is in de NLOG database. Voornamelijk de verlaten putten vormen een groter risico omdat deze moeilijker bereikbaar zijn. Putten die nog in gebruik zijn, kunnen of zijn inmiddels aangepast. Dit is overigens ook nog steeds mogelijk voor verlaten putten, maar het traceren en heropenen van een put zal hoge kosten met zich meebrengen. Of een veld met een put ouder dan 1967 uiteindelijk wel of niet gebruikt wordt voor CO<sub>2</sub>-opslag zonder heropenen van de oude putten hangt vooral af van het risico dat moet durven worden genomen. De putten zijn als volgt verdeeld:

- putten plugged en verlaten met een ouderdom ouder dan 1967;
- putten plugged en verlaten geboord tussen 1967 en 1976;
- putten plugged en verlaten na 1976;
- producerende / toegankelijke putten.

### *Drukdepletie*

Door het winnen van gas, kan er verlaging van de druk in het reservoir optreden, de zogenaamde drukdepletie. De drukverlaging wordt weergegeven ten opzichte van de initiële reservoirdruk. Naarmate de drukdepletie groter is, wordt het moeilijker om het gas te onttrekken maar makkelijker om gas of CO<sub>2</sub> te injecteren. Hierdoor zullen de operationele kosten voor injectie lager zijn. Voor CO<sub>2</sub>-opslag is het dus gunstig als de drukdepletie groter is. Er is een duidelijke relatie waarneembaar tussen de diepte en de drukdepletie van een reservoir. De dieper gelegen reservoirs hebben gunstiger condities dan ondieper gelegen reservoirs. Aan de andere kant kan worden aangenomen dat de investeringen

voor de putten hoger zijn naarmate de reservoirs dieper liggen. Het is op grond hiervan niet mogelijk om aan te geven of een diepere ligging tot meer of minder overall kosten leidt dan een ondiepere ligging.

### Relatie bovengrondse functies

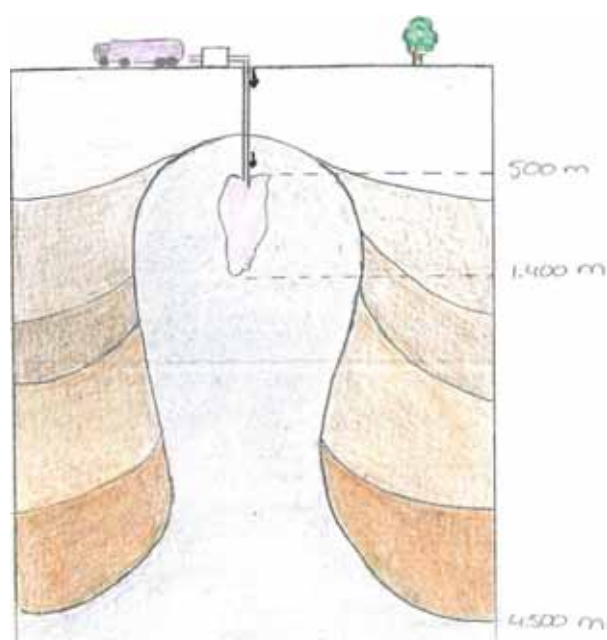
Voor de bepaling van de meest kansrijke locaties voor de toepassing van CO<sub>2</sub>-opslag zijn de grootschalige emissie-uitstootlocaties van belang. Hier is geen informatie over beschikbaar. Fryslân

## 2.4 Verwijdering van afvalstoffen in cavernes

### Beschrijving techniek

Zowel bestaande als nog te vormen zoutcavernes zijn technisch geschikt voor de verwijdering van afvalstoffen. Deze stoffen kunnen via de zoutwinningsput in de caveerne worden gestort of geïnjecteerd. Niet alle afvalstoffen mogen zonder meer in de ondergrond worden verwijderd. Conform het vigerende LAP gelden voor verwijdering in de diepe ondergrond onderstaande voorwaarden:

- de bodem is in beginsel niet bestemd voor het opbergen van afvalstoffen of componenten van afvalstoffen die niet rechtstreeks ter plaatse uit de bodem afkomstig zijn;
- verwijderen van afvalstoffen is alleen aanvaardbaar als de te bergen afvalstoffen terugneembaar zijn<sup>3</sup>.
- de wijze van verwijderen dient te voldoen aan de IBC-criteria.



Figuur 2.25 Afval verwijderen in cavernes

<sup>3</sup> Vaste stoffen raken bij verwijderen in cavernes uiteindelijk opgesloten in het zout, waardoor ze niet kunnen worden teruggehaald. Verwijderen van vaste stoffen in cavernes wordt hiermee uitgesloten.



## Potentieel ondergrond



Figuur 2.26 Potentieel afvalverwijdering in cavernes

Het potentieel voor afvalverwijdering is uitgedrukt in de beschikbare opslagcapaciteit van de cavernes in kubieke meters volume ( $m^3$ ). Voor de verwijdering van vloeistoffen bestaat het risico dat de vloeistof tijdens zoutvloed uit de caverne gedrukt kan worden. Zoutkoepele op grotere diepte ( $>1400$  m) zijn in verband met dit stabiliteitsrisico niet geschikt.

Naast het vormen van nieuwe cavernes, is het ook mogelijk om afval te verwijderen in de huidige zoutcavernes. Het potentieel van deze cavernes is gebaseerd op gegevens uit 2007 (Staatstoezicht op de Mijnen, 2007).

### Relatie bovengrondse functies

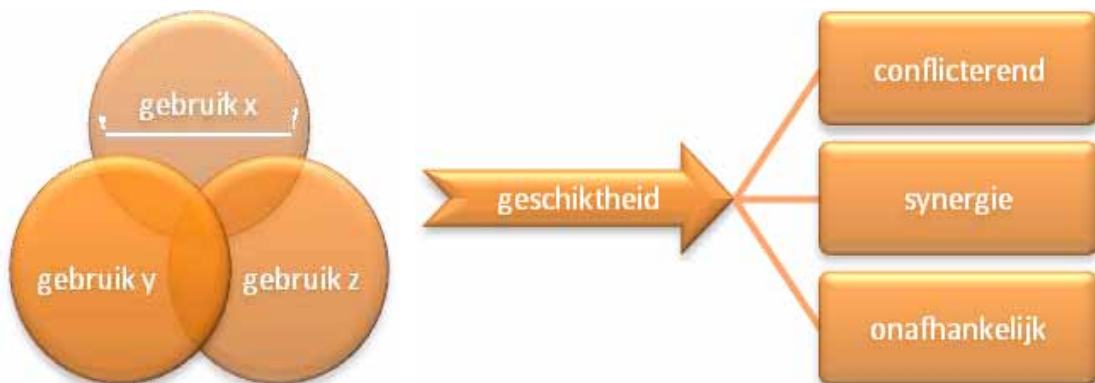
De cavernes die nodig zijn voor afvalverwijdering brengen hogere kosten met zich mee indien het zout over grotere afstanden naar de indampingsinstallatie getransporteerd moet worden. Om deze reden zijn de locaties van de huidige indampingsinstallaties op de kaart geprojecteerd.

## 3 Functiecombinaties/-conflicten

### 3.1 Inleiding

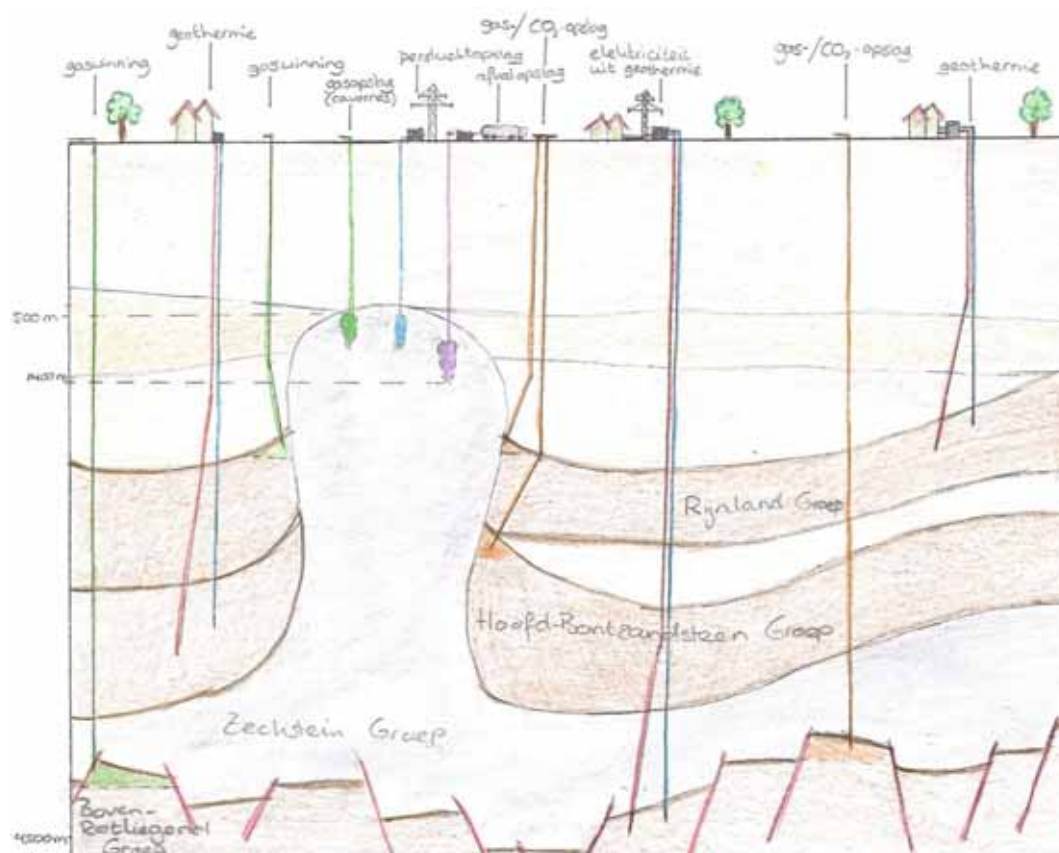
In voorgaande technische analyse is de geschiktheid van de diepe ondergrond voor de toepassing van de verscheidende gebruikersfuncties in kaart gebracht. Dit hoofdstuk maakt inzichtelijk in welke gebieden meerdere gebruikerfuncties toepasbaar zijn en welke vorm van interferentie (=interactie) tussen deze functies kan optreden. De volgende interferentievormen kunnen worden getypeerd (zie figuur 3.1):

1. Synergie: daar waar gebruiksopties elkaar positief beïnvloeden of goed samen kunnen gaan. Zoutwinning en perslucht opslag bijvoorbeeld gaan heel goed samen;
2. Conflicterend: daar waar opties elkaar negatief beconcurreren of negatief beïnvloeden. Voorbeeld: opslag van gas in een leeg gasveld kan opslag van CO<sub>2</sub> in hetzelfde veld in de weg zitten, maar de eisen die de twee gebruiksopties aan een gasveld stellen zijn ook dermate anders dat er misschien geen sprake is van concurrentie;
3. Onafhankelijk: gebruiksopties zitten elkaar (technisch) niet in de weg en kunnen naast of boven elkaar bestaan. Voorbeeld: elektriciteit uit geothermie en gaswinning kunnen naast/boven elkaar toegepast worden.



Figuur 3.1 Interferentie tussen gebruikersfuncties

Interferentie vormt in principe technisch geen belemmering indien functies gebruik maken van reservoirs op verschillende diepte. Ter illustratie presenteert figuur 3.2 een overzichtstekening met alle gebruikersfuncties met hun voorkomen naar de diepte.



Figuur 3.2 Overzichtstekening gebruikersfuncties met de diepte

Uit figuur 3.2 en tabel 3.1 volgt dat de toepasbaarheid van functies gekoppeld is aan een 5-tal lagen, overeenkomend met de verbreiding van geologische formaties. Zo vindt de opslag/verwijdering in cavernes (gas-, afval- en perslucht opslag) uitsluitend plaats op een diepte van 500 - 1400 m in de Zechtsteingroep. De overige gebruikersfuncties kunnen gebruik maken van de formaties tussen 1.400 en 4.500 m, waarbij voor de elektriciteitswinning uit geothermie enkel de Boven-Rotliegend Groep geschikt is.

Tabel 3.1 Voorkomen gebruikersfuncties met de diepte

diepte	formatie/Groep	winning	opslag	verwijderen
500 -1400 m	Zechstein	zout	gas perslucht	afval
1400 -4500 m	Rijnland	gas/olie geothermie warmte	gas	CO <sub>2</sub>
	Hoofd- Bontzandsteen	gas/olie geothermie warmte	gas	CO <sub>2</sub>
	Boven-Rotliegend	gas/olie geothermie warmte	gas	CO <sub>2</sub>
	Overige members	geothermie elektrisch gas/olie	gas	CO <sub>2</sub>

### Leeswijzer

Om de interferentie tussen verschillende gebruikersfuncties inzichtelijk te maken is gekozen voor de hierboven beschreven lagen benadering. De volgende paragrafen gaan per laag nader in op de interferentie tussen de verschillende gebruikersfuncties. De interactie tussen functies wordt gepresenteerd door middel van synergie-conflictenkaarten. Vervolgens wordt aangegeven in tabelvorm welke functies samengaan dan wel conflicteren.

## 3.2 Laag 1: Zechstein Groep

### Functiecombinaties/conflicten



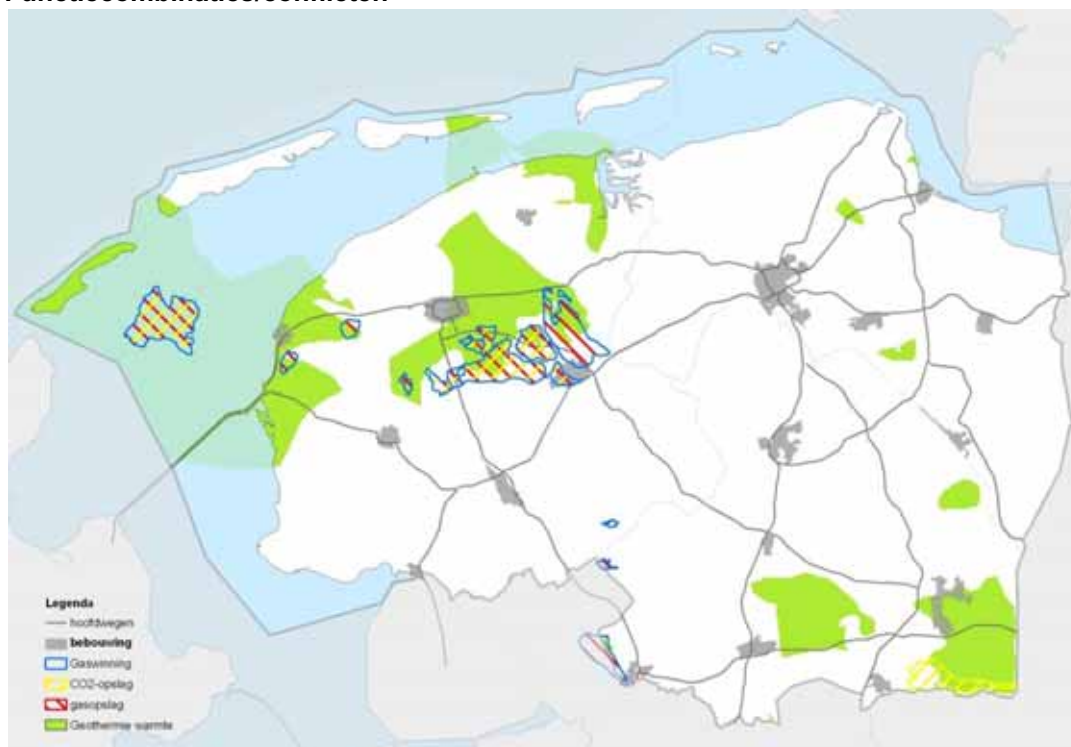
Tabel 3.2 Functiecombinaties/conflicten Zechstein Groep

		winning				opslag		verwijderen	
		zout	gas	geo-warmte	geo-elektrisch	gas	perslucht	CO <sub>2</sub>	afval
<b>winning</b>	zout								
	gas								
	geo-warmte								
	geo-elektrisch								
<b>opslag</b>	gas								
	perslucht								
<b>verwij- deren</b>	CO <sub>2</sub>								
	afval								

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

### 3.3 Laag 2: Rijnland Groep

#### Functiecombinaties/conflicten



Figuur 3.4 Synergie-conflictenkaart Rijnland Groep

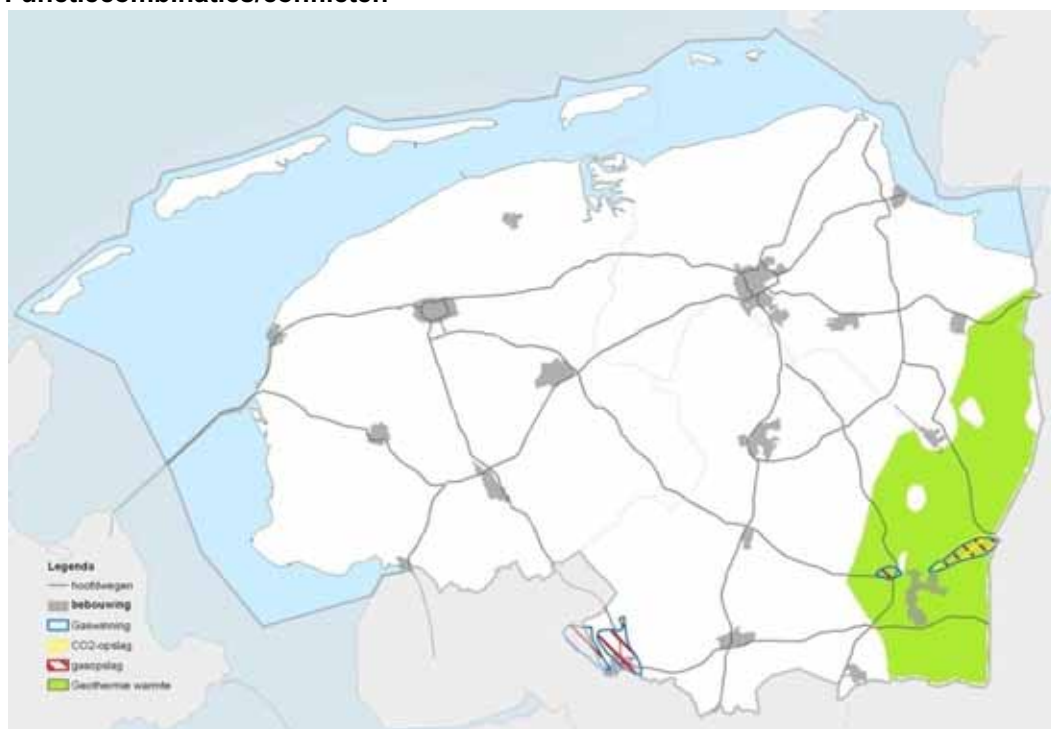
Tabel 3.3 Functiecombinaties/conflicten Rijnland groep

		winning				opslag		verwijderen	
		zout	gas	geo-warmte	geo-elektrisch	gas	perslucht	CO <sub>2</sub>	afval
<b>winning</b>	zout								
	gas								
	geo-warmte								
	geo-elektrisch								
<b>opslag</b>	gas								
	perslucht								
<b>verwij- deren</b>	CO <sub>2</sub>								
	afval								

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

### 3.4 Laag 3: Hoofd-Bontzandsteen Groep

#### Functiecombinaties/conflicten



Figuur 3.5 Synergie-conflictenkaart Hoofd-Bontzandsteen Groep

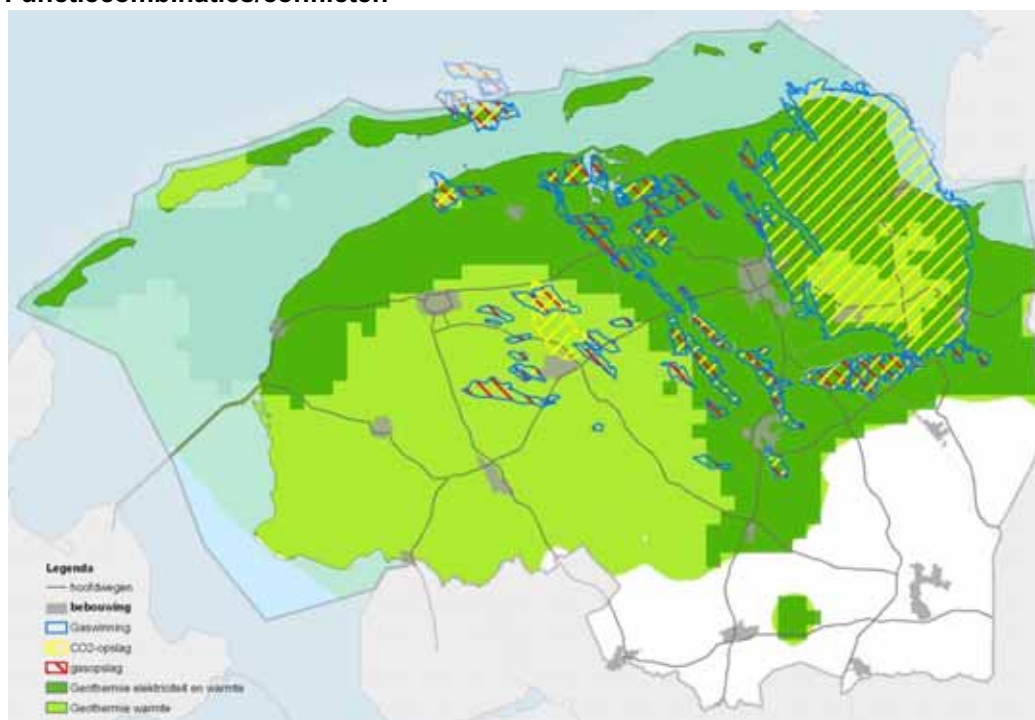
Tabel 3.4 Functiecombinaties/conflicten Hoofd-Bondzandsteen Groep

		winning				opslag		verwijderen	
		zout	gas	geo-warmte	geo-elektrisch	gas	perslucht	CO <sub>2</sub>	afval
<b>winning</b>	zout								
	gas								
	geo-warmte								
	geo-elektrisch								
<b>opslag</b>	gas								
	perslucht								
<b>verwijderen</b>	CO <sub>2</sub>								
	afval								

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

### 3.5 Laag 4: Boven-Rotliegend Groep

#### Functiecombinaties/conflicten



Figuur 3.6 Synergie-conflictenkaart Boven-Rotliegend Groep

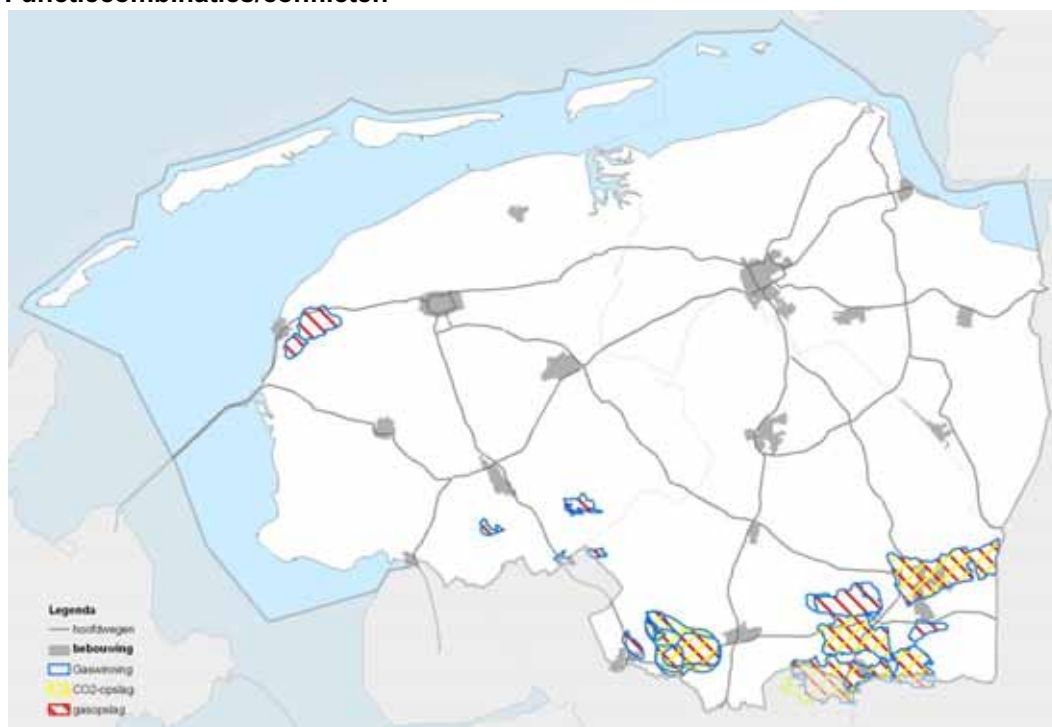
Tabel 3.5 Functiecombinaties/conflicten Boven-Rotliegend Groep

		winning				opslag		verwijderen	
		zout	gas	geo-warmte	geo-elektrisch	gas	perslucht	CO <sub>2</sub>	afval
<b>winning</b>	zout								
	gas								
	geo-warmte								
	geo-elektrisch								
<b>opslag</b>	gas								
	perslucht								
<b>verwij- deren</b>	CO <sub>2</sub>								
	afval								

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

### 3.6 Laag 5: Overige members

#### Functiecombinaties/conflicten



Figuur 3.7 Synergie-conflictenkaart Overige members



Tabel 3.6 Functiecombinaties/conflicten Overige members

		winning				opslag		verwijderen	
		zout	gas	geo-warmte	geo-elektrisch	gas	perslucht	CO <sub>2</sub>	afval
<b>winning</b>	zout	■	■	■	■	■	■	■	■
	gas	■	■	■	■	■	■	■	■
	geo-warmte	■	■	■	■	■	■	■	■
	geo-elektrisch	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>opslag</b>	gas	■	■	■	■	■	■	■	■
	perslucht	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>verwij- deren</b>	CO <sub>2</sub>	■	■	■	■	■	■	■	■
	afval	■	■	■	■	■	■	■	■

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

## 4 Technische conclusies en aanbevelingen

### 4.1 Inleiding

De technische analyse in hoofdstuk 2 laat zien dat er een grote verscheidenheid aan mogelijkheden ligt in de diepe ondergrond in Noord-Nederland. Door het enorme potentieel van gebruiksopties in de bodem liggen er grote kansen voor de noordelijk provincies Groningen, Fryslân en Drenthe. Naast de grote gas- en oliereserves, die uit economische motieven geëxploreerd worden, biedt de ondergrond grote kansen voor een verdere verduurzaming van de maatschappij. Het afvangen en verwijderen van CO<sub>2</sub>, de winning van aardwarmte voor duurzame verwarming en elektriciteitsopwekking, het koppelen van persluchtopslag aan elektriciteit uit windenergie zijn allemaal voorbeelden hiervan.

Om te bepalen waar de kansen liggen voor de diepe ondergrond in Noord-Nederland is de technische analyse uitgebreid met een analyse van de mogelijke synergie en eventuele conflicterende belangen tussen gebruiksopties. Dit is in hoofdstuk 3 beschreven. Op basis van de synergiekaarten zijn deze kansen en conflicten helder geworden.

Enkele voorbeelden van synergie: een caverne die is gecreëerd via zoutwinning, kan naderhand gebruikt worden voor persluchtopslag. Ook kan het injecteren van CO<sub>2</sub> leiden tot een verhoogde productie uit de gaswinning, doordat de druk in het reservoir toeneemt.

Voorbeelden van conflicten zijn: toepassing van geothermie word belemmerd op locaties waar gas geproduceerd wordt. Ook zal er voor bepaalde verlaten gasvelden zowel een mogelijkheid zijn voor gasopslag als voor CO<sub>2</sub>-opslag.

### 4.2 Technische conclusies

Op basis van het onderzoek naar het potentieel van de verschillende gebruiksopties worden hieronder een aantal technische conclusie getrokken. Deze zijn mede bepaald in het werkatelier van 25 september 2008. Daarbij is met name ingegaan op de “nieuwe” gebruiksopties. Olie- en gaswinning zijn daarbij min of meer als randvoorwaarde meegenomen.

### **Groot potentieel geothermie**

Geothermie is een duurzame gebruiksoptie die in nagenoeg alle delen van de drie de provincies toegepast kan worden. Er ligt met name een kans rond de grote steden en de nieuwbouw locaties voor zowel woningbouw als glastuinbouw. Op deze locaties komen vraag en aanbod samen. Daarbij wordt een grote energievraag gekoppeld aan het potentieel van geothermie in de ondergrond. Op termijn liggen er ook kansen voor grootschalige renovaties van bestaande woningbouw.

### **Kansen voor elektriciteit uit geothermie**

Een interessante kans voor verduurzaming ligt in de mogelijkheid om gecombineerd elektriciteit op te wekken en warmte te leveren uit geothermische warmte. Technisch zijn er nog een aantal onderzoeksvragen waarbij met name het rendement van de elektriciteitsopwekking uit lagere temperatuur warmte een belangrijk punt is. Inmiddels wordt gewerkt aan de voorbereiding van een proefinstallatie voor elektriciteitsopwekking uit geothermie op Terschelling.

### **Mogelijkheden opslag van gas en CO<sub>2</sub>**

Voor zowel gasopslag als voor CO<sub>2</sub>-opslag ligt er een enorm potentieel in de (lege) gasvelden en zoutcavernes in de drie noordelijke provincies.

Voor gasopslag geldt dat er verschillende opties zijn:

- **piekopslag** om vraag en aanbod op de korte termijn (dag/nacht) op elkaar af te stemmen. Mogelijkheden hiervoor zijn opslag in de kleinere gasvelden en het opslaan in zoutcavernes;
- **seizoensopslag** om vraag en aanbod op de langere termijn (zomer/winter) af te stemmen. Hiervoor zijn vooral de kleinere en middelgrote gasvelden geschikt.
- **strategische gasopslag** waarbij strategische reserves worden aangelegd voor langere tijd (> 10 jaar). Hiervoor kunnen (middel)grote gasvelden worden gebruikt. Dit type opslag sluit aan bij de ideeën over de zogenaamde gasrotonde in Nederland.

Voor CO<sub>2</sub>-opslag wordt door de industrie met name gefocust op het afvangen en transporteren van grote hoeveelheden CO<sub>2</sub> naar de middelgrote en grote gasvelden.

### **Zoutcavernes geschikt voor opslag**

Zoutcavernes bieden goede mogelijkheden voor het opslaan van perslucht (=elektriciteit), gas en afval. De technische mogelijkheden worden daarbij sterk bepaald door de configuratie van de caverne. Bestaande cavernes zijn niet of nauwelijks geschikt voor de voorgestelde (duurzame ) opties. Verder gelden voor het opslaan van afval strikte juridische eisen waarbij het opgeslagen afval terugneembaar moet zijn. Dit is in het geval van de zoutcavernes niet evident. De toepassing van bijvoorbeeld perslucht opslag draagt bij aan het oplossen van de landelijke problematiek van het afstemmen van vraag en aanbod in het elektriciteitsnet en is daarmee een zeer interessante optie.

### 4.3 Aanbevelingen

De Technische Potentieelstudie Diepe Ondergrond Noord-Nederland betreft een eerste verkenning van de mogelijkheden die de diepe ondergrond biedt. Op basis van een technische analyse en nadere bestudering van de gebruiksopties blijkt dat er grote kansen liggen. Om deze kansen te benutten zal de visie vertaald moeten worden in bestuurlijke en politieke randvoorwaarden. Hierin kan duidelijk worden welke kansen prioriteit zouden moeten krijgen voor een sterke (strategische) positie van Noord-Nederland. Deze stap kan door de werkgroep in samenwerking met SNN en de provincies verder vorm gegeven worden.

Daarnaast kan in volgende stappen verder ingezoomd worden op interessante technieken. Een aantal gebruiksopties betreft relatief nieuwe technieken die zowel op technisch als op organisatie/proces-vlak nog verder ontwikkeld moeten worden. Verdere samenwerking op locatie of gebiedsniveau biedt de mogelijkheid om van elkaar te leren en zorgt voor een grotere slagkracht. Via vervolgonderzoek kan de haalbaarheid bepaald worden met betrekking tot de bijdrage aan de doelstellingen in het Energieakkoord.

Een concrete suggestie is gedaan om voor grote geothermische projecten in bijvoorbeeld Leeuwarden, Groningen en Assen de samenwerking te zoeken. Dat zou bijvoorbeeld kunnen resulteren in het aanvragen van een Europese subsidie om de proceskant in gezamenlijkheid vorm te geven.

## **Bijlage 1**

### **Verklarende woordenlijst**

<b>Term</b>	<b>Omschrijving</b>
Aquifer	Een ondergrondse waterhoudende laag
BCM	Miljarden kubieke meters (Billion Cubic Meters)
Carbonaat	Kalksteen
Carboon	Geologisch tijdvak, 354 - 290 Miljoen jaar geleden
Cavernes	Holruimtes (hier in het zout)
CO <sub>2</sub>	Koolstofdioxide
Debiet	Hoeveelheid verpompt water per tijdseenheid
Diapier	Zoutpilaar/zoutkolom
Doorlatendheid	Geeft aan hoe snel een vloeistof door het gesteente kan stromen
Drukdepletie	Verlaging van de druk t.o.v. de oorspronkelijke druk
Eolisch	Door de wind afgezet
Fluviatiel	Door rivieren afgezet
GJ	Giga Joules, eenheid voor energie, 10 <sup>9</sup> Joules
GW <sub>e</sub>	Giga Watt elektrisch, maat voor elektrisch vermogen
H <sub>2</sub> S	Waterstofsulfide
ha	Hectare = 10.000 m <sup>2</sup>
Haliet	zout bestaande uit 100% NaCl
Kussengas	Gas dat aanwezig is om de druk in het reservoir op peil te houden zodat het voldoende kan functioneren
Lithologie	Geeft aan met wat voor soort gesteente men te maken heeft
MJ	Mega Joules, eenheid voor energie
Mton	Mega ton
MW <sub>e</sub>	Mega Watt elektrisch, maat voor elektrisch vermogen
NLOG	Nederlands Olie en Gas Portaal, <a href="http://www.nlog.nl">www.nlog.nl</a>
Opslag	Het tijdelijk in de ondergrond brengen van stoffen met als doel ze weer te onttrekken
Peiljaar	Het verwachte moment waarop een gas- of olieveld geen producerbaar gas/olie meer bevat
Perm	Geologisch tijdvak, 290 - 248 Miljoen jaar geleden
Permeabiliteit	Zie doorlatendheid
PJ	Peta Joules, eenheid voor energie, 10 <sup>15</sup> Joules
Plugged	Afgesloten
Porositeit	Het percentage van kleine openingen (poriën) in het gesteente
Recovery factor	Herwinbare deel
Reservoir	Gesteente wat olie of gas kan bevatten
Seismisch risico	Risico op aardbevingen
stratigrafie	Volgorde van opeenvolgende gesteentelagen
Steenzout	Zie haliet
UGS	Ondergronds gasopslag (Underground Gas Storage)
Verbreiding	De aanwezigheid van de laag

<b>Term</b>	<b>Omschrijving</b>
Verwijderen	Het definitief in de ondergrond brengen van stoffen. Opgemerkt moet worden dat de stoffen in het kader van het LAP wel terugneembaar moeten zijn
Werkgas	Het gas wat tijdens de opslag daadwerkelijk opgeslagen en herwonnen kan worden
Werkvolume	Het volume gas wat tijdens de opslag daadwerkelijk gebruikt wordt, het totale volume minus het volume kussengas
Winning	Het onttrekken van stoffen uit de ondergrond
Zoutkoepel	Vorm van een zoutpilaar
Zoutkruip	Beweging van het zout

## **Bijlage 2**

### **Geologische tijdschaal**



# Geologische tijdtabel

met stratigrafische kolom van Nederland

Tijd [MJ]	Hoofdtijdperk	Periode	Tijdvak	Groep of Formatie	Productieve eenheden	
2.4	Kenozoïcum	Kwartair				
		Tertiair	Neogeen	Boven-Noordzee	Formaties van Maassluis, Oosterhout, Breda	
			Paleogeen	Midden-Noordzee	Voortzand, Veldhoven, Bergzand	
65	Mesozoïcum	Krijt	Laat-Krijt	Ommelanden		
			Texel			
			Vroeg-Krijt	Holland		
				Rijnland	Vlieland Zandsteen	
143				Schieland		
		Jura	Laat-Jura	Altena		
			Midden-Jura			
			Vroeg-Jura			
208		Trias	Laat-Trias	Boven-Germaanse Trias		
			Midden-Trias			
	Vroeg-Trias		Onder-Germaanse Trias		Hoofd-Bontzandsteen	
245	Paleozoïcum	Perm	Laat-Perm	Zechstein	Z3 Carbonaat	
251						Z2 Carbonaat
					Boven-Rotliegend	Slochteren
			Vroeg-Perm	Onder-Rotliegend		
290		Carboon	Silesian	Stephanien	Limburg	
				Westphalien		
				Namurien		
		Dinantien	Kolenkalk			
409		Devoon				
439		Siluur				
510		Ordovicium				
570		Cambrium				
		Precambrium				

## **Bijlage 3**

### **Verslag werkatelier**

**Aan**

Deelnemers Werkatelier 25 september 2008, te Assen

**Van**

Hanneke Puts (TNO) en Linda Maring (Deltares)

**Aanwezig**

Martijn van Aarssen (IF Technology), Klaas van de Berg (provincie Drenthe), Enno Bregman (provincie Drenthe), Wilbert Elderhorst (provincie Friesland), Albert Hahn (provincie Friesland), Arjan van Harten (provincie Drenthe), Leslie Kramers (TNO), Linda Maring (Deltares), Hanneke Puts (TNO), Sikke Roosma (provincie Friesland), de heer R. Slager (gedeputeerde provincie Groningen, introductie), Rink Vegeling (provincie Drenthe), Brenda Vrieling (provincie Drenthe, middag), Desmond de Vries (provincie Groningen), Rutger Wierikx (IF Technology), José Woertman (provincie Groningen, ochtend).

**Afwezig**

Muriel van der Kuip (TNO)

**Kopie aan**

Lena Smit (provincie Drenthe), Lily Korrel (TNO)

**Onderwerp**

DEFINITIEF Verslag Werkatelier 'Beleidsvisie Diepe Ondergrond Noord-Nederland', 25 september 2008

## Werkatelier Beleidsvisie (Diepe) Ondergrond Noord-Nederland

**Doelen werkatelier 25 september 2008:**

1. Wat zijn de ambities van de bestuurders uit Noord Nederland? (introductie)
2. Provincies informeren elkaar over voortgang provinciale beleidsvisie ondergrond.
3. Welke kansen ziet u voor een **gezamenlijke** beleidsvisie ondergrond Noord Nederland?
4. Welke vervolgstappen zijn nodig volgens u?

**Programma**

Het programma tijdens het werkatelier op 25 september jl. bestond uit de volgende onderdelen:

- 9.00 Ontvangst en inloop met koffie / thee.
- 9:30 Welkom door Hanneke Puts, TNO.
- 9:40 Introductie door de heer R. Slager, gedeputeerde Provincie Groningen.
- 10.00 Kennismaking deelnemers.
- 10.15 Stand van zaken betreffende provinciaal beleid op gebied ondergrond: Groningen, Friesland, Drenthe.
- 10.30 Presentatie mogelijkheden diepe ondergrond Noord-Nederland (Martijn van Aarssen en Rutger Wierikx, IF Technology).

**Innovatie en Ruimte**

Van Mourik Broekmanweg 6  
Postbus 49  
2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 15 276 30 00  
F +31 15 276 30 10  
info-BenO@tno.nl

**Datum**

28 oktober 2008

**Onze referentie**

2008-IenR-N074-PSH-KLL-  
86002.01.25(definitief)

**Doorkiesnummer**

+31 15 269 66 91

**Doorkiesfax**

+31 15 269 68 40

**Datum**

28 oktober 2008

**Onze referentie**

2008-IenR-N074-PSH-KLL-86002.01.25(definitief)

**Pagina**

2/14



Nederlandse Organisatie voor  
toegepast-natuurwetenschappelijk  
onderzoek / Netherlands Organisation  
for Applied Scientific Research

12.45 *lunch*

13.45 Inventarisatie kansen gebruik diepe ondergrond, in groepen:

- Kansen: wat kunnen we gezamenlijk?
- Prioritering: wat willen we gezamenlijk?

14:45 Terugkoppeling & plenaire bespreking kansen gebruik diepe ondergrond.

15.15 Discussie over vervolgstappen.

15.45 Definiëren acties:

- Voor projectgroep beleidsvisie diepe ondergrond Noord-Nederland;
- Voor de drie afzonderlijke provincies.

16.15 Afsluiting & borrel.

**Ontvangst en introductie**

*Hanneke Puts (TNO)*

De aanleiding voor het werkatelier is het initiatief van het Samenwerkingsverband Noord-Nederland, voortkomend uit het energieakkoord, om gezamenlijk te bekijken welke kansen er zijn voor het gebruik van de diepe ondergrond. Namens de drie noordelijke provincies nemen Desmond de Vries (Groningen), Albert Hahn (Friesland) en Enno Bregman (Drenthe) hierin het voortouw (projectgroep Beleidsvisie diepe ondergrond). IF Technology heeft hiertoe een inventarisatie uitgevoerd naar de gebruiksmogelijkheden die de diepe ondergrond biedt. De resultaten van deze inventarisatie worden tijdens het werkatelier gepresenteerd en gebruikt. Op basis van de inventarisatie zullen de deelnemers met elkaar bespreken waar zij kansen zien voor het gebruik van de diepe ondergrond in Noord-Nederland. Uitgangspunt is waar kansen liggen voor samenwerking en versterking van de drie noordelijke provincies gezamenlijk.

**Aftrap door de heer R. Slager, gedeputeerde provincie Groningen**

De heer Rudy Slager, gedeputeerde van de provincie Groningen geeft de aftrap voor het werkatelier. De heer Slager is onder andere verantwoordelijk voor milieu, bodemdaling, duurzaamheid en klimaatbeleid in de provincie Groningen. De bodem maakt veel los bij mensen. Een voorbeeld is de aardgaswinning, waardoor bodemdaling optreedt. Er wordt momenteel onderzoek gedaan naar de bijdrage van de aardgaswinning aan schade aan woningen / gebouwen. In hoeverre ligt dit aan bodembewegingen veroorzaakt door de aardgaswinning, en in hoeverre aan waterbeheer, verkeerde fundamente, droogte, etc. Voor dit onderzoek bestaat veel belangstelling bij burgers en de pers. Volgens Slager illustreert dit dat de bodem leeft bij de mensen. Slager is verheugd dat een groot gezelschap van provincie-medewerkers en bureaus via dit werkatelier bij elkaar gaat zitten om meer inzicht te krijgen in de planning van functies in de diepe ondergrond. Niet alleen de resultaten zijn belangrijk, maar zeker ook het feit dat dit gezamenlijk wordt opgepakt. Zo kan men elkaar helpen bij problemen en klankborden waar nodig. De gedeputeerde benadrukt dat het belangrijk is om onderwerpen niet te snel op de provinciale agenda te zetten. Het gaat hem vooral om samenwerking tussen de drie provincies. En een provincie-overstijgende agenda.

**Kennismaking**

In bijlage 2 is een uitgebreid verslag van de kennismakingsronde te vinden.



### Discussie over afbakening onderwerp

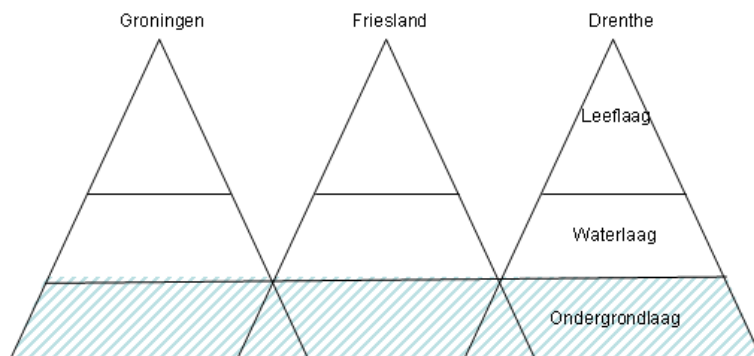
Voordat we met het volgende programmaonderdeel kunnen beginnen, heeft een aantal deelnemers behoefte om het onderwerp voor het werkatelier goed af te bakenen. Het gebruik van verschillende begrippen blijkt verwarring te scheppen:

1) Drenthe gebruikt de term '**Beleidsnotitie Ondergrond Drenthe**' voor een provinciale beleidsvisie over het gebruik van de diepe ondergrond in relatie tot de ondiepe ondergrond en de bovengrond (zie de rechter driehoek in figuur 1). In deze beleidsnotitie, waarvan de concept versie gereed is, geeft de provincie Drenthe haar prioriteiten aan voor het gebruik van de diepe ondergrond in die provincie, als inbreng voor het structuurplan van Drenthe. In de beleidsnotitie wordt naast de diepe ondergrond ook gekeken naar de ondiepe ondergrond en de bovengrond (leeflaag).

2) Groningen en Friesland werken aan een integrale **Bodemvisie**, waarin ook het gebruik van de diepe ondergrond wordt meegenomen (linker en middelste driehoek in figuur 1). Friesland en Groningen spreken daarom liever over een visie voor bodem en ondergrond. Het opstellen van de provinciale bodemvisies komt voort uit het Investeringsbudget Landelijk Gebied (ILG). Het staat provincies vrij om in de provinciale (ILG) bodemvisie ook het gebruik van de diepe ondergrond mee te nemen.

3) Tenslotte werken de drie provincies gezamenlijk aan een **Beleidsvisie Diepe Ondergrond Noord-Nederland**. In deze beleidsvisie wordt in kaart gebracht wat de kansen zijn voor het gebruik van de *diepe* ondergrond in Noord-Nederland. (De gearceerde onderlaag in figuur 1). IF Technology brengt deze kansen voor het gebruik van de diepe ondergrond in kaart. Dit doet IF Technology in opdracht van de projectgroep diepe ondergrond, waarin namens de provincies Albert Hahn (Friesland), Desmond de Vries (Groningen) en Enno Bregman (Drenthe) deelnemen.

***De Beleidsvisie Diepe Ondergrond Noord-Nederland is het centrale onderwerp van het werkatelier op 25 september 2008.***



*Figuur 1: Relatie tussen de provinciale bodemvisies (de drie punten) en de beleidsvisie diepe ondergrond Noord-Nederland, waarin alleen gekeken wordt naar het gebruik van de diepe ondergrond (zie de groene arcering op de bodem van de drie punten).*

**Datum**

28 oktober 2008

**Onze referentie**

2008-IenR-N074-PSH-KLL-86002.01.25(definitief)

**Pagina**

4/14



De resultaten van deze 'Beleidsvisie Diepe Ondergrond Noord-Nederland' leveren input aan o.a. de provinciale bodem(-en ondergrond)visies. Drenthe heeft hierin een ander traject doorlopen dan de provincies Friesland en Groningen.

**Stand van zaken in de provincies:****Groningen** José Woertman en Desmond de Vries

Voor de provinciale bodemvisie zijn verschillende mensen vanuit verschillende richtingen bij elkaar gekomen om te bekijken welke thema's van belang zijn en hoe dat er uit ziet in de provincie. Dit wordt als input voor de (ILG) bodemvisie gebruikt. Het was in ieder geval zinvol om dit gezamenlijk te doen, om het sectorale denken te doorbreken. Vragen die aan bod kwamen waren bijvoorbeeld 'welke thema's raken elkaar of kunnen samen opgepakt worden'. Er zijn veel thema's van belang. Deze worden geprioriteerd en er wordt naar een werkzame manier gezocht om tot een bodemvisie te komen door hoofdstukken op te stellen.

Gebruik diepe ondergrond: de aanleiding om hiermee aan de slag te gaan, was het CO<sub>2</sub>-opslag dossier. Dit dossier was echter te smal en is verbreed naar de veelal nieuwe functies in de diepe ondergrond. In de projectgroep 'Beleidsvisie Diepe Ondergrond Noord-Nederland' worden die kansen / gebruiksmogelijkheden voor de diepe ondergrond verder uitgewerkt. Zoals gezegd kunnen de resultaten meegenomen worden in o.a. de provinciale (ILG) bodemvisie.

**Friesland** Sikke Roosma en Albert Hahn.

Friesland is eind vorig jaar begonnen met de ILG bodem- en ondergrondvisie. Hoe deze eruit gaat zien is nog niet zeker. Er worden nu 5 thema's opgepakt:

- Verzilting,
- Koude-warmte opslag (KWO),
- Veenweidegebied
- CO<sub>2</sub>-opslag
- Bodemchemie.

Het laatste thema heeft veel te doen met het besluit bodemkwaliteit. Dat wordt in samenwerking met de gemeenten verder uitgewerkt. Daarnaast wordt nog nagedacht over bodemchemie in relatie tot andere aspecten als biodiversiteit, vermesting, etc. Per thema worden gesprekken gevoerd over wet- en regelgeving, welke kennis er is, waar deze kennis zich bevindt en hoe het thema is georganiseerd, c.q. welke interne en externe partijen er bij betrokken zijn. Deze inventarisatie wordt nu afgerond. Wat betreft de diepe ondergrond wordt genoemd dat effecten van bodemdaling, opslag van afval, zout- en gaswinning vaak niet te herleiden zijn. Er zijn veel initiatieven op dit vlak. Op provinciaal niveau is er voor de bodem veel ander beleid, zoals de Wabo (Wet algemene bepalingen omgevingsrecht). Het is belangrijk al deze sporen in het zicht te houden. Als reactie op deze opmerking vermeld Desmond dat de werkgroep diepe ondergrond hier een overzicht van kan maken.

**Drenthe** Enno Bregman

In 2005 is Drenthe gestart met een inventarisatie van de mogelijkheden in de ondergrond. In vijf stappen is Drenthe uiteindelijk tot de 'Beleidsnotitie Ondergrond Drenthe' gekomen, die dient als input voor het nieuwe omgevingsbeleid. De vijf stappen die Drenthe heeft doorlopen, zijn:

**Datum**

28 oktober 2008

**Onze referentie**

2008-IenR-N074-PSH-KLL-86002.01.25(definitief)

**Pagina**

5/14



Nederlandse Organisatie voor  
toegepast-natuurwetenschappelijk  
onderzoek / Netherlands Organisation  
for Applied Scientific Research

1. Inventariseren van gebruiksfuncties en waarden in de ondergrond (ondiep en diep).
2. Ontwikkelen van vier verschillende denkrichtingen:
  - a. Waterlaag centraal
  - b. Klimaat centraal
  - c. Cultuurhistorie centraal
  - d. Economie centraal

*Deze vier denkrichtingen heeft Drenthe gebruikt om te bekijken wat elke denkrichting zou betekenen voor het gebruik van de ondergrond (ondiep en diep).*

3. 'Regionalisatie': ideeën tot dan toe voorleggen aan de regionale overheden.
4. Uitwerking van de regio's.
5. Beleidsontwikkeling en aangeven prioriteiten voor gebruik van de (on)diepe ondergrond.

Op basis van deze inventarisatie is Drenthe tot een prioritering gekomen voor het gebruik van de (on)diepe ondergrond. Deze prioritering geeft aan dat Drenthe allereerst wil inzetten op het aanleggen van een gasrotone, en op het gebruik van geothermie en KWO. Op de tweede plek staat de opslag van CO<sub>2</sub>-opslag (onder voorwaarden) en op de derde plek komt pas de opslag van afval. Deze prioritering van Drenthe wordt ook wel de 'ladder van Drenthe' genoemd: winning gaat voor opslag gaat voor berging / lozing.

Op basis van deze prioritering wil de werkgroep die hiermee bezig is geweest het gesprek aangaan met de gedeputeerde Tanja Klip.

*Discussie: De provincies Friesland en Groningen merken op dat Drenthe al van plan is om haar visie voor te leggen aan het college, terwijl het traject met IF-Technology en het ontwikkelen van de beleidsvisie diepe ondergrond Noord-Nederland nog gaande is. De diepe ondergrondvisie moet gezamenlijk opgesteld worden en Drenthe loopt een paar stappen voor. Friesland en Groningen zijn van mening dat het proces zo niet klopt.*

**Presentatie IF Technology**

IF Technology heeft een technische analyse gemaakt van de mogelijkheden in de diepe ondergrond in Noord-Nederland. Voor elke potentiële functie in de diepe ondergrond (zoals gasopslag, geothermie) of entiteit (zoals aanwezigheid zoutcavernes) is een '**potentie-kaart**' gemaakt. Vervolgens zijn de resultaten van de analyse vertaald naar zogenaamde **synergiekaarten**. Op de synergiekaarten is voor verschillende dieptes te zien welke kansen (potentiële functies / entiteiten) de diepe ondergrond biedt.

IF Technologie heeft er bewust voor gekozen voor deze manier van weergeven, omdat er teveel informatie door de lezer verwerkt zou moeten worden, als voor het hele 'ondergrond-pakket' op één kaart zou worden weergegeven welke functies mogelijk zijn.

Tijdens het verhaal van IF komen er veel vragen over de data die gebruikt zijn om de analyse uit te voeren en uiteindelijk de potentiekaarten en synergiekaarten te kunnen maken. Zo wordt de vraag gesteld of er ook gekeken is naar de opslagplekken in zoutcavernes die VROM landelijk heeft aangewezen? Dit zou iets kunnen zijn dat

**Datum**

28 oktober 2008

**Onze referentie**

2008-IenR-N074-PSH-KLL-86002.01.25(definitief)

**Pagina**

6/14



naderhand bij de oplevering van de eindrapportage kan worden uitgelegd of onderbouwd. Deze discussie wordt verder niet gevoerd tijdens het werkatelier, omdat we daarin vooral gaan kijken naar gezamenlijke kansen voor het gebruik van de diepe ondergrond.

*De presentatie van IF Technology wordt separaat met dit verslag meegestuurd.*

**Werken in groepen: welke gezamenlijke kansen ziet u voor het gebruik van de diepe ondergrond?**

Na de presentatie van IF Technology splitsen de deelnemers zich op in twee groepen. Elke groep krijgt een set met zogenaamde potentieelkaarten mee en ook een set met zogenaamde synergiekaarten. Aan de hand van deze kaarten gaat elke groep na welke kansen de diepe ondergrond biedt voor samenwerking tussen de drie provincies en voor versterking van de strategische positie van Noord-Nederland. Het gaat erom provincie-overschrijdende kansen te identificeren, waarmee de hele regio Noord-Nederland versterkt kan worden.

**Groep 1.**

*Enno Bregman, Sikke Roosma, Desmond de Vries, Martijn van Aarssen (toelichting kaarten), Hanneke Puts (discussie)*

Groep 1 onderscheid drie kansrijke functies voor de ondergrond: geothermie, gasopslag en opslag in zoutcavernes. Onderstaand worden van deze drie functies de kansen en aandachtspunten besproken.

**Geothermie – Kansen:**

- Geothermie kan bijna overal in Noord-Nederland worden toegepast, behalve daar waar gasvelden zijn;
- Expliciete keuze: daar waar gasvelden zijn, geen geothermie toepassingen.
- Geothermie biedt de mogelijkheid om elektriciteit te leveren aan het elektriciteitsnet, en om restwarmte te leveren aan specifieke warmte-vragers;
- Geothermie kan een kans zijn om de Waddeneilanden te voorzien elektriciteit via aardwarmte;
- Elektriciteitsproductie uit aardwarmte biedt kansen voor noordelijke samenwerking (de drie provincies Fr., Gr. Dr.) op het gebied van procesaanpak.  
*N.B. de technische uitvoering van deze kans kan niet gezamenlijk vanwege de locatiespreiding.*

**Geothermie – aandachtspunten:**

- Hoe groot moet een elektriciteitscentrale zijn om elektriciteit uit aardwarmte rendabel te kunnen produceren?
- Zijn kleinere centrales, bijvoorbeeld op de eilanden, ook mogelijk?
- Wie zijn potentiële gebruikers van de restwarmte die vrijkomt? Woonblokken? Glastuinbouwsector? Industrie?

**Gasopslag – kansen:**

- Kans voor piekopvang (dag-nacht verschillen en seizoensverschillen);
- Kans voor strategische gasopslag, positionering noordelijke provincies;
- Kans voor CO<sub>2</sub>-opslag;



**Datum**

28 oktober 2008

**Onze referentie**

2008-IenR-N074-PSH-KLL-86002.01.25(definitief)

**Pagina**

7/14



Nederlandse Organisatie voor  
toegepast-natuurwetenschappelijk  
onderzoek / Netherlands Organisation  
for Applied Scientific Research



- CO<sub>2</sub>-opslag biedt strategische kans voor Noord-Nederland, omdat Noord-Nederland meer CO<sub>2</sub>-opslag-potentieel heeft, dan dat er geproduceerd wordt aan CO<sub>2</sub>.

**Gasopslag – aandachtspunten:**

- Welke velden zijn geschikt voor welke vorm van opslag (piekopvang, strategische gasopslag, CO<sub>2</sub>-opslag)?
- Hoe is het gesteld met de economische haalbaarheid als je een veld aan een van deze functies hebt toebedeeld?
- Hoe verhouden de kansen voor opslag zich tot de bestaande winningconcessies? Het veranderen van deze concessies lijkt boven de invloedssfeer van de drie provincies uit te stijgen.
- Op welke plekken zitten de CO<sub>2</sub>-bronnen / -producenten?
- Transport van CO<sub>2</sub> lijkt geen knelpunt te zijn qua economische haalbaarheid, aangezien het alternatief, afvang van CO<sub>2</sub> en transport per schip, vele malen duurder is.
- Het CO<sub>2</sub>-potentieel bevindt zich grotendeels buiten de provincie Groningen, terwijl Groningen wel een aanzienlijke hoeveelheid CO<sub>2</sub> gaat produceren. Dit kan tot een politieke discussie leiden (NIMBY vs. economische afwegingen).
- Tegelijkertijd kan het CO<sub>2</sub>-opslagpotentieel in Noord-Nederland ook een kans zijn om op een hoger politiek niveau mee te praten over opslag van CO<sub>2</sub> in Noord-Nederland dat afkomstig is uit andere regio's in Nederland of zelfs uit andere landen (EU).

**Zoutcavernes:**

- De aanwezige zoutcavernes in Groningen en Drenthe een bieden enorm potentieel voor opslag;
- Er zijn nog geen keuzes gemaakt m.b.t. het type afval dat kan worden opgeslagen.
- Ook hierin ligt een kans om strategische keuzes te maken en mee te discussiëren op het (inter)nationale politieke toneel.

**Groep 2:**

*Klaas van de Berg, Wilbert Elderhorst, Albert Hahn, Arjan van Harten, Leslie Kramer en Rutger Wierikx (toelichting kaarten), Linda Maring (discussie)*

Groep 2 heeft de discussie geordend naar de 'ladder van Drenthe': welke mogelijkheden zijn er voor winning, gasopslag en disposal?

**Winning – kansen:**

- Gaswinning
- Oliewinning
- Zoutwinning
- Geothermie:
  - o Zo goed mogelijk de elektriciteit en warmte benutten
  - o Elektriciteit is kans voor de toekomst.

**Datum**

28 oktober 2008

**Onze referentie**

2008-IenR-N074-PSH-KLL-86002.01.25(definitief)

**Pagina**

8/14



Nederlandse Organisatie voor  
toegepast-natuurwetenschappelijk  
onderzoek / Netherlands Organisation  
for Applied Scientific Research

**Winning - aandachtspunten:**Gas / olie / zout:

- Winning wordt gestuurd vanuit het rijk (onafhankelijk van buitenland)
- Markt
- Beheersbaarheid bodemdaling
- Dit loopt al.

Geothermie - warmte:

- Benut kansen
- Er is een energieakkoord gesloten tussen de ministers van VROM en EZ en het Energy-valley gebied (provincies Groningen, Friesland, Drenthe en Noord Holland) met ambities ten aanzien van de reductie van CO<sub>2</sub>-emissie;
- Welk aspect is sturend voor geothermie? €? Natuur / milieu? Duurzame ontwikkeling?
- Er is markt (terugverdientijd!)
- Bedreiging: de warmtevraag neemt af (woningen)
- Welke kansen zijn er bij bestaande bouw?
- Welke kansen zijn er in de kassen?

Geothermie – Energie:

- Een toekomstkans
- Centrale in de Eemshaven?
- Hoe groot is de concurrentie voor elektriciteit uit geothermie?
- Denk aan tijdshorizon.

**Opslag – kansen:**

- opslag van CO<sub>2</sub>
- gasopslag
- Energieakkoord Noord-Nederland

**Opslag – aandachtspunten:**CO<sub>2</sub>-opslag:

- De keuze voor CO<sub>2</sub>-opslag dan wel gasopslag is niet waarde vrij.
- Vanwege afspraken in Energieakkoord;
- In Harlingen R.E.C. + kansen voor CO<sub>2</sub>;
- CO<sub>2</sub>-opslag biedt een kans om de CO<sub>2</sub> doelstellingen te behalen;
- CO<sub>2</sub>-opslag biedt kansen voor onderzoek en een voortrekkersrol door Nederland;
- Randvoorwaarden komen van het Rijk en de EU;
- De verhouding tussen CO<sub>2</sub> aanbod en opslagpotentieel biedt kansen.

Gasopslag:

- weten we genoeg om keuzes te maken?
- Moet deze discussie landelijk gevoerd worden?
- EZ speelt een belangrijke rol.

Aandachtspunten voor CO<sub>2</sub>-opslag en gasopslag:

- Noord-Nederland is de energieregio van NL (misschien zelfs EU);
- Gasopslag biedt de mogelijkheid een gasrotonde aan te leggen;
- Er zijn voldoende velden in Noord Nederland, kies de meest geschikte velden;
- Wie maakt de keuzes? Noord-Nederland!!

**Datum**

28 oktober 2008

**Onze referentie**

2008-IenR-N074-PSH-KLL-86002.01.25(definitief)

**Pagina**

9/14



Nederlandse Organisatie voor  
toegepast-natuurwetenschappelijk  
onderzoek / Netherlands Organisation  
for Applied Scientific Research



- CO<sub>2</sub> heeft een afval imago;
- Denk aan landschappelijke inpassing van opslag
- Ga dialoog aan met het Rijk.

**Disposal – kansen:**

- Noord-Nederland zegt nee tegen kernafval
- Het beleid van de Nederlandse overheid is dat afval wat opgeslagen is in ondergrondse opbergfaciliteiten altijd weer terug te halen moet zijn: ja, mits terugneembaar.

*N.B. Wat precies het standpunt is van de Nederlandse overheid m.b.t. ondergrondse opslag van radioactief afval moet worden uitgezocht.*

- Boorspoelingen opslaan, gebeurt al, zonder problemen.
- Vast afval niet opslaan.

**Disposal – aandachtspunten:**

- Opslag van kernafval voorkomen door zoutcavernes een andere bestemming te geven;
- Liever geen vast afval opslaan;
- Discussie over opslag van afval is vaak maatschappelijk, waarin zeggenschap van de noordelijke provincies beperkt lijkt.

**Algemene aandachtspunten:**

- (Externe) Veiligheid;
- Werkgelegenheid
- Compensatie
- Politiek-bestuurlijke vertaling van de technische studie naar gebruiksmogelijkheden diepe ondergrond Noord-Nederland *gezamenlijk* oppakken!

**Plenaire terugkoppeling kansen en aandachtspunten:**

De plenaire terugkoppeling van de discussies uit de twee subgroepen maakt duidelijk welke kansen prioriteit zouden moeten krijgen voor een sterke (strategische) positie van Noord-Nederland:

1. Voor **Geothermie** ligt er een kans rond de grote steden. Daar komen vraag en aanbod samen. Belangrijk om samenwerking te zoeken (Leeuwarden, Groningen, Assen).
2. Onderzoeken of **proefinstallatie voor elektriciteitsopwekking uit geothermie** op de Waddeneilanden (Terschelling) mogelijk is.
3. Kansen voor **CO<sub>2</sub>- en gasopslag** (strategische keuzes maken en gesprekspartner worden);
  - a. Keuzes maken tussen piekopvang, seizoensopvang, strategische opslag en CO<sub>2</sub>-opslag;

**Datum**

28 oktober 2008

**Onze referentie**

2008-IenR-N074-PSH-KLL-86002.01.25(definitief)

**Pagina**

10/14



Nederlandse Organisatie voor  
toegepast-natuurwetenschappelijk  
onderzoek / Netherlands Organisation  
for Applied Scientific Research

**4. Geen opslag van kernafval in zoutcavernes**

- a. Cavernes 'fysiek vullen' met bijvoorbeeld perslucht, om te voorkomen dat er kernafval in wordt opgeslagen.
- b. Cavernes 'politiek vullen': Opslag van kernafval moet worden voorkomen. Deze optie in discussie met EZ / het Rijk 'uit te ruilen' tegen de opslag van CO<sub>2</sub>;

**5. Zorg dat je als Noord-Nederland **gesprekspartner wordt van EZ / VROM / Rijk** en dat zij je plannen en potentieel in Noord-Nederland kennen.**

- a. Ontwikkel een eigen integrale SNN visie voor het gebruik van de diepe ondergrond;
- b. Koppel de mogelijkheden van de ondergrond aan het Energie-akkoord.

**Vervolgafspraken**Acties voor de projectgroep diepe ondergrond:

- De technische analyse van IF Technology vergelijken met beleid (EZ, VROM, EU);
- Definities afspreken, waar praat je over (herwinbaar, terugneembaar, disposal, beleidsnotitie ondergrond, beleidsvisie diepe ondergrond, bodem(- en ondergrond)visie, etc.);
- Gezamenlijk de route bepalen naar de bestuurders in de drie provincies;
- Beslissen waaruit de visie over het gebruik van de diepe ondergrond in Noord-Nederland uit bestaat.

Acties voor elke provincie:

- afstemmen (ILG) bodem(- en ondergrond)visie op gezamenlijke visie diepe ondergrond.

**Afsluiting werkatelier**

Ter afsluiting wordt discussie gevoerd over het traject waar dit werkatelier onderdeel van uitmaakt. Het is niet voor iedereen duidelijk dat dit werkatelier onderdeel is van een groter traject, waarin Deltares, TNO en Drenthe inzichtelijk proberen te maken op basis waarvan keuzes worden gemaakt voor het gebruik van de diepe ondergrond, en hoe die keuzes op duurzame wijze, rekeninghoudend met de verschillende bodemfuncties, kunnen worden gemaakt. Om onduidelijkheid hierover weg te nemen, hebben TNO en Deltares een korte toelichting bijgevoegd als bijlage 3 bij dit verslag.

**Datum**  
28 oktober 2008

**Onze referentie**  
2008-IenR-N074-PSH-KLL-86002.01.25(definitief)

**Pagina**  
11/14



Nederlandse Organisatie voor  
toegepast-natuurwetenschappelijk  
onderzoek / Netherlands Organisation  
for Applied Scientific Research



## **Bijlage 1: Programma werkatelier Beleidsvisie Ondergrond Noord-Nederland**

Aanvang: 9:30 uur

Locatie: De Hertenkamp, te Assen

Adres: De Hertenkamp Assen BV, Hertenkamp 10, 9401 HL, Assen.

Doel:

- 1) Neerzetten ambities bestuurders Noord-Nederland
- 2) Informeren stand van zaken provinciale beleidsvisies ondergrond
- 3) Gezamenlijke ambities neerzetten a.h.v. kansen ondergrond Noord-Nederland
- 4) Gezamenlijke ambities vergelijken met provinciale ambities

<b>Tijd</b>	<b>Programmaonderdeel</b>	<b>Door</b>
9.00 – 9.30	<b>Ontvangst en inloop met koffie / thee</b>	Provincie Drenthe, TNO en Deltares
9:30 - 9:40	<b>Welkom</b>	Hanneke Puts (TNO)
9:40 - 10:00	<b>Aftrap met gedeputeerde(n) Noord Nederland</b>	Gedeputeerde R Slager Provincie Groningen
10.00 – 10.15	<b>Rondje Kennismaking</b>	Olv Hanneke Puts
10:15 - 10:30	<b>Stand van zaken 3 provincies</b> Groningen - Friesland – Albert Hahn Drenthe – Enno Bregman	Via Enno Bregman
10:30 – 11:15	<b>Toelichting mogelijkheden ondergrond Noord Nederland</b>	Martijn van Aarssen (IF Technology) Evt. TNO
11.15 – 11.30	<i>thee/koffie pauze</i>	
11:30 – 11:45	<b>Bepalen thema's voor ondergrondkansen</b>	Allen
11.45 – 12.45	<b>Werken in drie groepen:</b> 1) <b>Inventariseren kansen</b> 2) <b>Benoemen gezamenlijke ambities</b>	In groepen, begeleid door: Hanneke Puts (TNO) Linda Maring (Deltares) Rob Nieuwenhuis (Deltares)
12:45 - 13:45	<i>Lunch</i>	
13:45 - 14:30	<b>Terugkoppeling 3 groepen &amp; Samenvoegen ambities</b>	Hanneke Puts
14:30 - 15:15	<b>Discussie:</b> 1) Wat is er voor nodig om ervoor te zorgen dat deze gezamenlijke ambities op draagvlak kunnen rekenen van de bestuurders van de drie provincies. 2) Waar voorzien jullie knelpunten / dilemma's met de provinciale beleidslijnen.	Begeleid door: Hanneke Puts (TNO) Linda Maring (Deltares) Rob Nieuwenhuis (Deltares)
15:15 - 15:45	<b>Terugkoppeling en definiëren acties vervolgtraject:</b> 1) Voor projectgroep 2) Voor provincies	Hanneke Puts
15.45 – 16:45	<b>Afsluiting met hapje en drankje</b>	

**Datum**

28 oktober 2008

**Onze referentie**

2008-IenR-N074-PSH-KLL-86002.01.25(definitief)

**Pagina**

12/14



Nederlandse Organisatie voor  
toegepast-natuurwetenschappelijk  
onderzoek / Netherlands Organisation  
for Applied Scientific Research

**Bijlage 2: Kennismaking tussen deelnemers**

**Martijn van Aarssen** (IF technology): adviseur energie en beleid. WKO (ondiep), beredreden naar geothermie en CO<sub>2</sub>-opslag.

**Klaas van de Berg** (provincie Drenthe): duurzame ontwikkeling, beleidsplan diepe ondergrond (VROM overleg).

**Enno Bregman** (provincie Drenthe): beleidsontwerp ondergrond, relatie diepe ondergrond met de bovengrond.

**Wilbert Elderhorst** (provincie Friesland): Grondwater vergunningen, warmte-koude-opslag (WKO), bodemdaling Ameland door gaswinning, zoutinvasie, m.e.r.-studies.

**Albert Hahn**. (provincie Friesland): diverse projecten ondergrond, projectleider werkgroep diepe ondergrond Noord-Nederland.

**Arjan van Harten** (Provincie Drenthe): duurzame ontwikkeling, div projecten ondergrond.

**Leslie Kramers** (TNO): geo-infrastructuur en –energie. Duurzaamheid, geothermie, CO<sub>2</sub> opslag, geologie ondergrond Nederland.

**Linda Maring** (Deltares): Bodembeheer, afstemmen RO met bodem.

**Hanneke Puts** (TNO), (beleids)afwegingen, inzicht krijgen in keuzes diepe ondergrond en relatie bovengrond.

**Sikke Roosma** (provincie Friesland): bodemvisie, afdeling milieubeleid.

**Rink Vegeling** (provincie Drenthe, alleen ochtend aanwezig): Omgevingsplan provincie Drenthe.

**Desmond de Vries** (Provincie Groningen): Milieubeleid, duurzame ontwikkeling, energieteam CO<sub>2</sub>-opslag, nieuwbouwwijk Meerstad in Groningen.

**Rutger Wierikx** (IF Technology): Beleidsadviseur ondersteuning voor gemeente en provincie t.b.v. KWO beleid.

**José Woertman** (Provincie Groningen, ochtend aanwezig): afdeling bodem, projectleider bodemvisie. bodemvisie gaat over ondergrond, de bovenlaag, het totaalbeeld wat je nodig hebt, daarbij geeft samenwerken meerwaarde.

**Brenda Vrieling**(provincie Drenthe, alleen laatste uur aanwezig).

**Datum**

28 oktober 2008

**Onze referentie**

2008-IenR-N074-PSH-KLL-86002.01.25(definitief)

**Pagina**

13/14



Nederlandse Organisatie voor  
toegepast-natuurwetenschappelijk  
onderzoek / Netherlands Organisation  
for Applied Scientific Research

**Bijlage 3: Samenvatting project Deltares, TNO en Drenthe.****“Duurzame ruimtelijke ontwikkelingen en bodembeheer tot in de diepe ondergrond”**

De *opgave* in het projectvoorstel is het vergroten van inzicht in de kansen en dilemma's die initiatiefnemers tegenkomen bij het maken van keuzes voor de ruimtelijke inrichting van de diepe ondergrond in relatie tot de ondiepe ondergrond en de bovengrond.

*Aanleiding* voor deze opgave is de toenemende druk op de ondergrondse ruimte. Het klimaatvraagstuk, de groeiende behoefte aan energie en ontwikkelingen in het stedelijk en landelijk gebied leiden er toe dat er niet alleen bovengronds, maar ook in de ondiepe én diepe ondergrond steeds meer gebruiksfuncties bijkomen, zowel in aantal als in soort.

Met het toenemen van de gebruiksfuncties kan onderlinge interferentie en concurrentie optreden. Functies kunnen elkaar beïnvloeden of zelfs uitsluiten. Het maken van integrale en strategische keuzes bij ruimtelijke ontwikkelingen is daarom zeer belangrijk.

Het *perspectief* dat wordt geboden in dit voorstel is het bieden van handvatten aan besluitvormers om de diepe ondergrond zo duurzaam en strategisch mogelijk te benutten en beheren, in samenhang met de ondiepe ondergrond en bovengrond.

Het *consortium* bestaat uit de volgende partijen:

1. TNO Bouw en Ondergrond
  - a) Business Unit Innovatie en Ruimte
  - b) Business Unit Geo-Energie en Geo-Informatie
2. Deltares, Afdeling Bodem- en grondwatersystemen
3. Provincie Drenthe

*Cases:* In en rond de provincie Drenthe spelen een aantal initiatieven op verschillende beleidsniveaus en ruimtelijke schaal, welke worden meegenomen als cases in het project. Deze cases zijn: 1) het opstellen van een 'Beleidsvisie Diepe Ondergrond' voor Noord-Nederland, 2) het opstellen van het Integraal Beleidsplan Ondergrond voor de provincie Drenthe, 3) het toepassen van geothermie in Assen en 4) de koppeling van energiestromen en toepassing van geothermie in de regio Zuidoost Drenthe.

Naast de vier genoemde cases in en rond Drenthe, die zich toespitsen op het thema 'bodemenergie', wordt in dit project aandacht besteed aan de volle breedte van de bodemfuncties, zodat uiteindelijk duurzame afwegingen gemaakt kunnen worden m.b.t. ruimtelijke ontwikkelingen van de diepe ondergrond steeds in relatie tot de ondiepe ondergrond en bovengrond.

Gedurende het project worden verschillende *activiteiten* uitgevoerd. Er vinden in totaal vijf werkateliers plaats. Het eerste werkatelier, met als leidraad het Integraal Beleidsplan Ondergrond Drenthe, vond plaats op 27 mei jl. en heeft gediend om onderliggend projectvoorstel aan te scherpen. De onderwerpen voor de overige vier werkateliers worden afgestemd op de dynamiek en behoefte van de initiatieven in Drenthe / Noord-Nederland en dit project. Uit deze werkateliers worden lessen getrokken over diverse aspecten, zoals het meewegen van duurzaamheid, het aspect

**Datum**

28 oktober 2008

**Onze referentie**

2008-IenR-N074-PSH-KLL-86002.01.25(definitief)

**Pagina**

14/14



Nederlandse Organisatie voor  
toegepast-natuurwetenschappelijk  
onderzoek / Netherlands Organisation  
for Applied Scientific Research

tijd, en beslisfactoren van keuzes. Deze resultaten van de werkateliers worden aangevuld vanuit de praktijk via interviews (ca. 8) met ervaringsdeskundigen en experts. Om te leren van kennis en ervaring uit het verleden en om voor de diepe ondergrond te leren van de ondiepe ondergrond, zal ook een literatuurexercitie worden uitgevoerd.

**Eindresultaat en producten.** De ervaringen die in Drenthe worden opgedaan, kunnen als voorbeeld dienen bij ruimtelijke opgaven voor de (on)diepe ondergrond in andere regio's. De "*lessons learned*" worden opgenomen in de eindrapportage. Ook vindt een presentatie van de resultaten plaats tijdens een relevant congres (bijv. bodembreed).

De **looptijd** van het project bedraagt ca 18 maanden. Het project zal bij gunning worden uitgevoerd in de periode 1 juli 2008 t/m 31 december 2009.

**Meer informatie?**

Hanneke.puts@tno.nl of 015-2696691;  
Linda.maring@tno.nl of 06-20826140;  
muriel.vanderkuip@tno.nl of 030-2564658;  
e.bregman@drenthe.nl of 0592-365863



## **Bijlage 4**

### **Potentieelkaarten diepe ondergrond**

# Potentieelkaart gaswinning

## Legenda

### Topografie

- hoofdwegen
- bebouwing

### Potentieel ondergrond

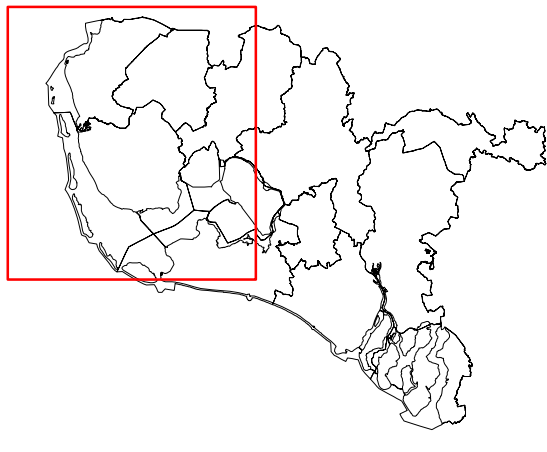
#### Peiljaar gaswinning

- tot 2015
- 2015 - 2030
- na 2030

- veld niet ontwikkeld

### Bovengrondse functie

- gasleiding



**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond  
Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 1.400 - 4.500 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief



**Disclaimer:**  
Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

# Potentieelkaart oliewinning

## Legenda

### Topografie

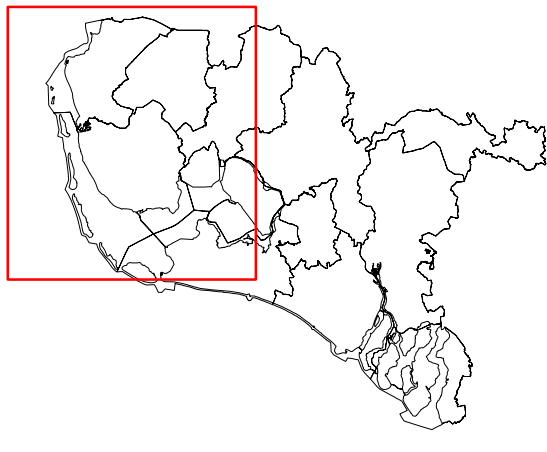
- hoofdwegen
- bebouwing

### Potentieel ondergrond

#### Peiljaar gaswinning

- tot 2015
- 2015 - 2030
- na 2030

- veld niet ontwikkeld



**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond  
Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 1.400 - 4.500 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief



#### Disclaimer:

Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

# Potentieelkaart zoutwinning diapieren

## Legenda

### Topografie

- hoofdwegen
- bebouwing

### Potentieel ondergrond

- Bestaande zoutputten
- Bestaande cavernes
- Zoutconsessies

### Bovengrondse functie

- Niet-gewonnen diapieren
- indampingsinstallatie



**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond  
Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 1.400 - 4.500 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief



### Disclaimer:

Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

# Potentieel warmte uit geothermie

## Legenda

### Topografie

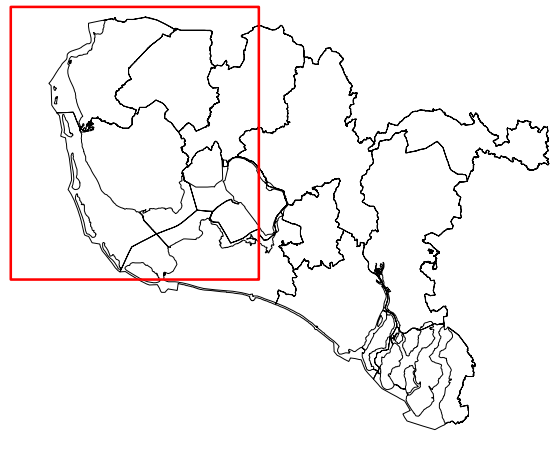
- hoofdwegen
- bebouwing

### Potentieel ondergrond

- 25 - 50 [GJ/ha/jaar]
- 50 - 100 [GJ/ha/jaar]
- 100 - 250 [GJ/ha/jaar]
- 250 - 500 [GJ/ha/jaar]
- 500-750 [GJ/ha/jaar]
- 750 - 1.500 [GJ/ha/jaar]
- 1.500 - 3.000 [GJ/ha/jaar]
- > 3.000 [GJ/ha/jaar]

### Bovengrondse functie

- woningbouw ontwikkelingsgebied
  - < 500 woningen
  - 500 - 2500 woningen
  - > 2500 woningen
- glastuinbouw bestaand
  - < 5 ha
  - 5 - 20 ha
  - > 20 ha
- glastuinbouw ontwikkelingsgebied



**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 1.400 - 4.500 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief



0 10 20 30 km

**Disclaimer:**  
Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

© Topografische Dienst Kadaster, Emmen [2008]



# Potentieelkaart elektriciteit uit geothermie

## Legenda

### Topografie

- hoofdwegen
- bebouwing

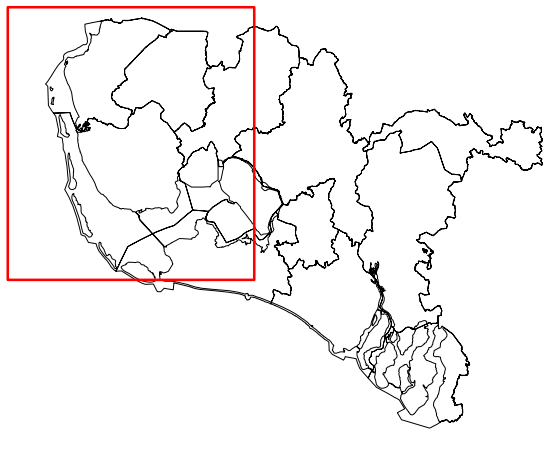
### Bovengrondse functie

- hoogspanningsleidingen

### Potentieel ondergrond

- 0,01 - 0,25 [MWe/5km<sup>2</sup>]
- 0,25 - 0,50 [MWe/5km<sup>2</sup>]
- 0,50 - 0,75 [MWe/5km<sup>2</sup>]
- 0,75 - 1,00 [MWe/5km<sup>2</sup>]
- 1,00 - 1,50 [MWe/5km<sup>2</sup>]
- 1,50 - 2,00 [MWe/5km<sup>2</sup>]
- 2,00 - 2,50 [MWe/5km<sup>2</sup>]

- verbreiding kolenkalk: mogelijk geschikt



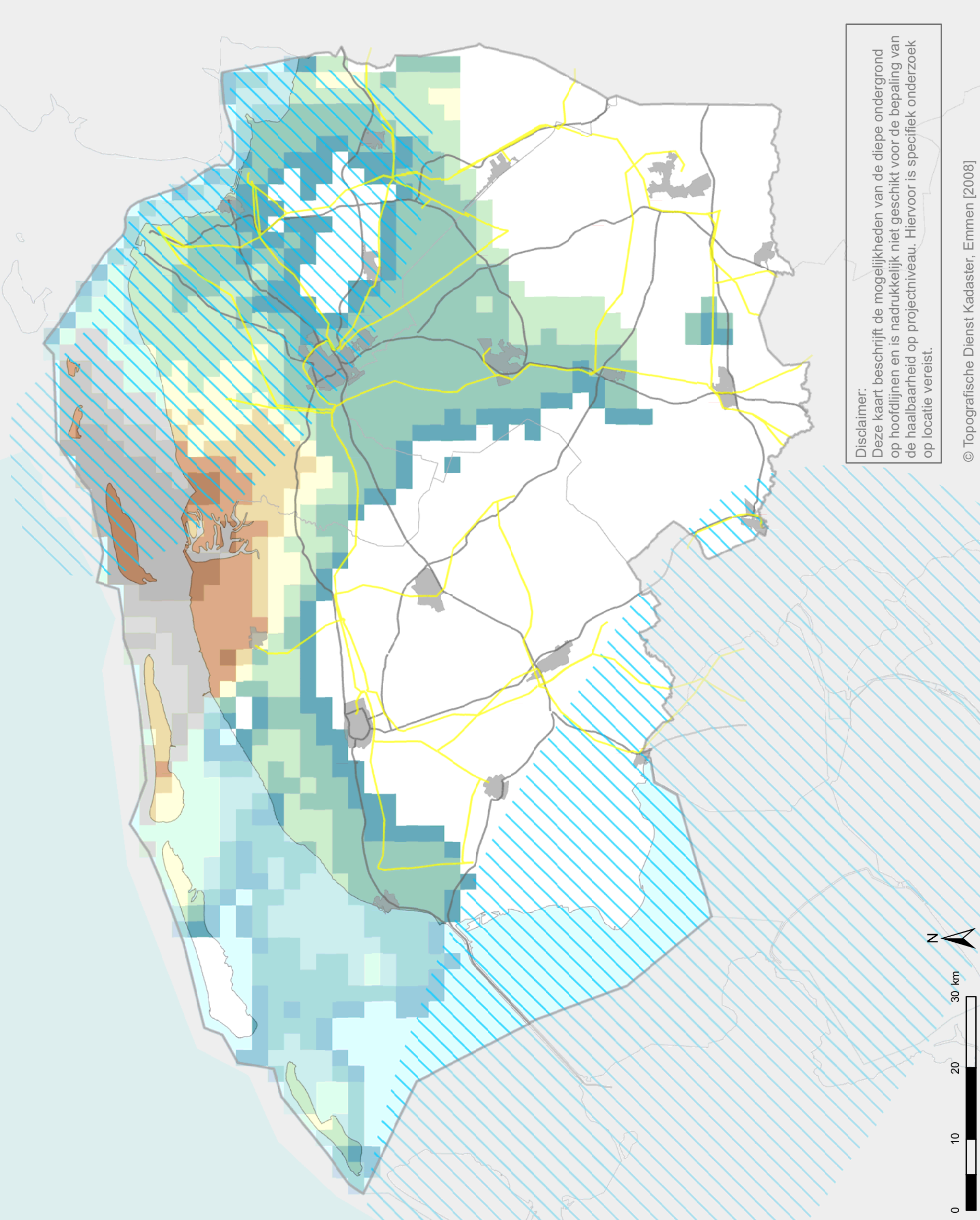
**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 1.400 - 4.500 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief



**Disclaimer:**  
Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

© Topografische Dienst Kadaster, Emmen [2008]

# Potentieelkaart gasopslag in lege gasvelden t/m 2015

## Legenda

### Topografie

- hoofdwegen
- bebouwing

### Potentieel ondergrond

- < 10 BCM
- 10 - 20 BCM
- 20 - 50 BCM
- > 50 BCM

permeabiliteit aandachtspunt

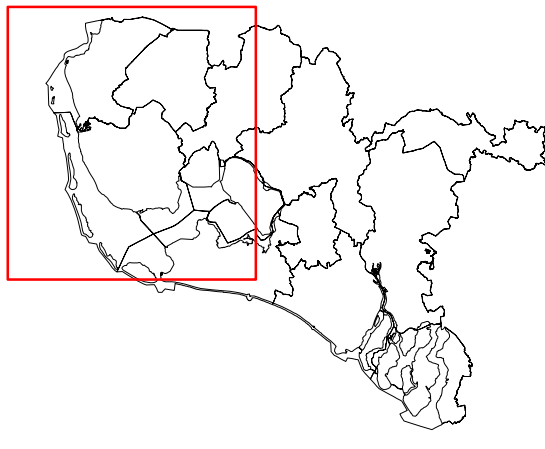
H2S aandachtspunt

seismiciteit aandachtspunt

veld niet ontwikkeld

### Bovengrondse functie

gasleiding



**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond  
Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 1.400 - 4.500 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief



### Disclaimer:

Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

© Topografische Dienst Kadaster, Emmen [2008]

# Potentieelkaart gasopslag in lege gasvelden 2015 - 2030

## Legenda

### Topografie

- hoofdwegen
- bebouwing

### Potentieel ondergrond

- < 10 BCM
- 10 - 20 BCM
- 20 - 50 BCM
- > 50 BCM

permeabiliteit aandachtspunt

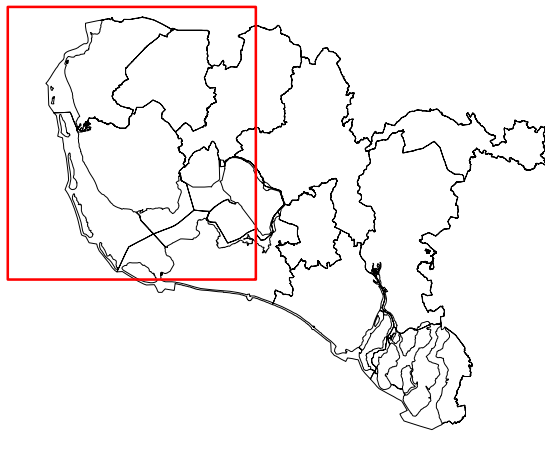
H2S aandachtspunt

seismiciteit aandachtspunt

veld niet ontwikkeld

### Bovengrondse functie

gasleiding



**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond  
Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 1.400 - 4.500 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief



#### Disclaimer:

Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

© Topografische Dienst Kadaster, Emmen [2008]



# Potentieelkaart gasopslag in lege gasvelden na 2030

## Legenda

### Topografie

- hoofdwegen
- bebouwing

### Potentieel ondergrond

- < 10 BCM
- 10 - 20 BCM
- 20 - 50 BCM
- > 50 BCM

permeabiliteit aandachtspunt

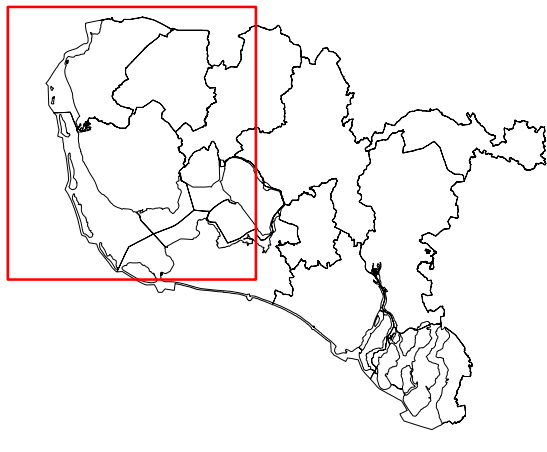
H2S aandachtspunt

seismiciteit aandachtspunt

veld niet ontwikkeld

### Bovengrondse functie

- gasleiding



**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond  
Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 1.400 - 4.500 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief



### Disclaimer:

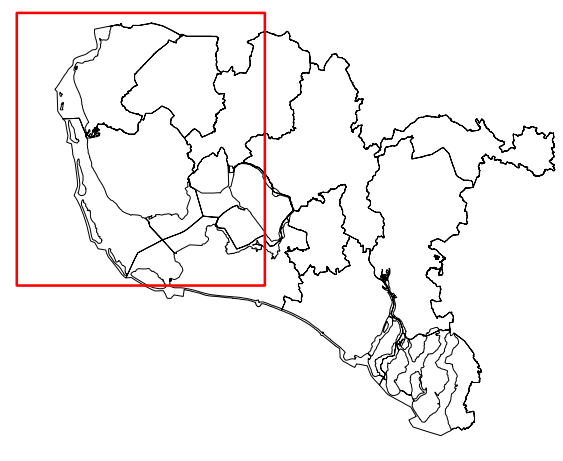
Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

© Topografische Dienst Kadaster, Emmen [2008]

# Potentieelkaart gasopslag in cavernes

## Legenda

- Topografie**
- hoofdwegen
  - bebouwing
- Potentieel ondergrond**
- geschikte diapiëren
  - niet-gewonnen diapiëren
  - bestaande zoutputten
  - zoutconsessies
- Bovengrondse functie**
- gasleiding
  - indampingsinstallatie



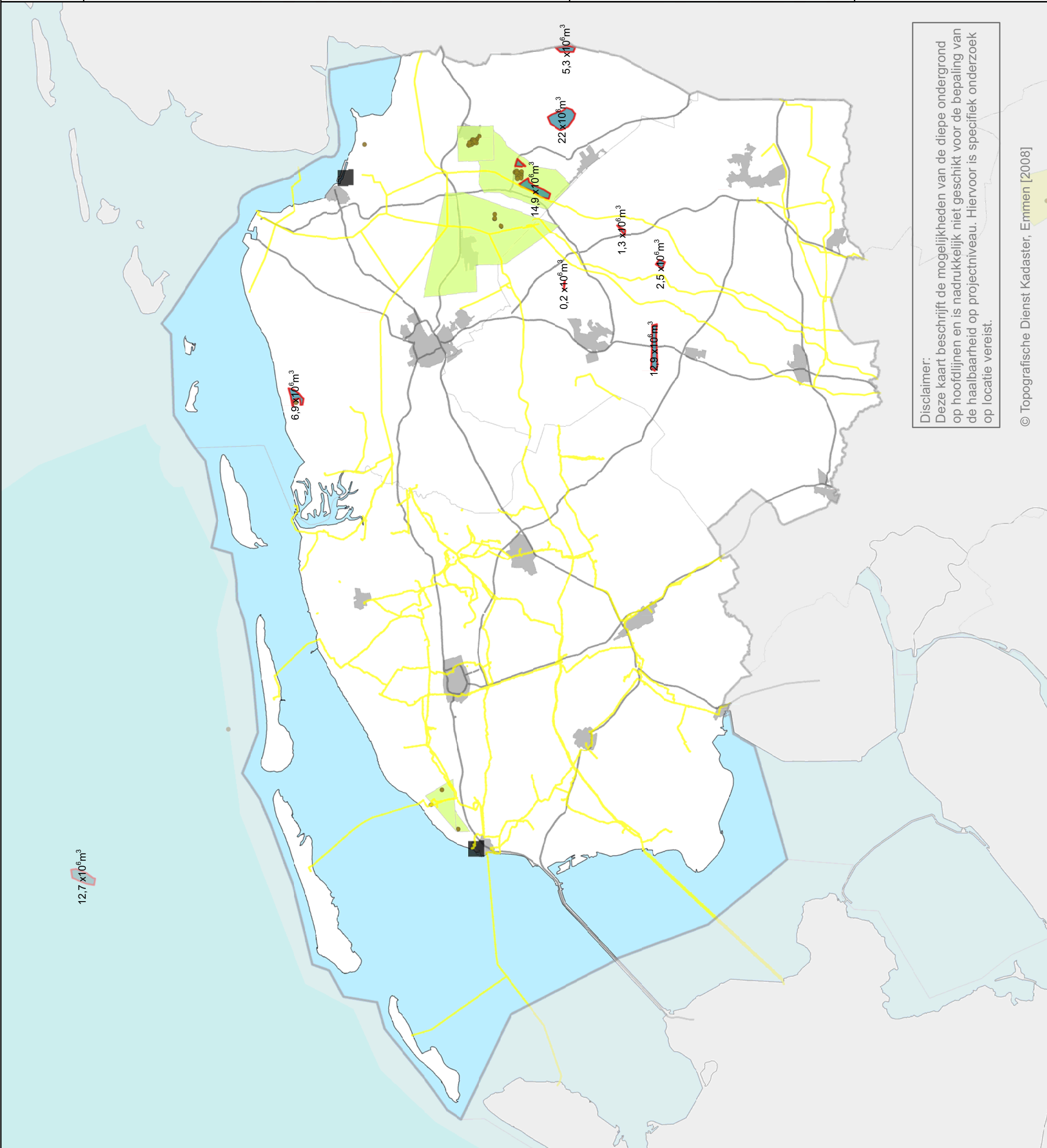
**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 500 - 1.400 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief

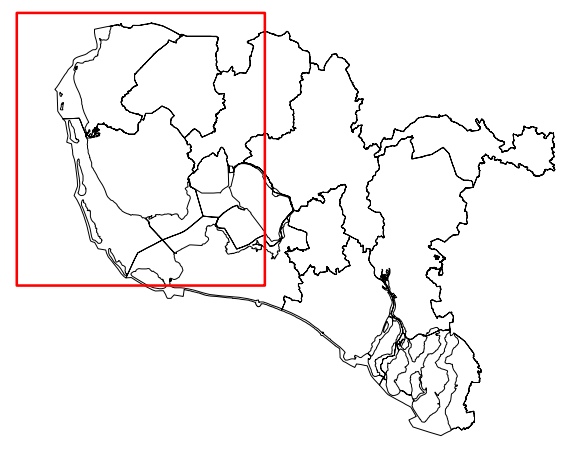



**Disclaimer:**  
Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

# Potentieelkaart persluchttopslag in cavernes

## Legenda

- Topografie**
- hoofdwegen
  - bebouwing
- Potentieel ondergrond**
- geschikte diapiëren
  - niet-gewonnen diapiëren
  - bestaande zoutputten
  - zoutconsessies
- Bovengrondse functie**
- indampingsinstallatie
  - hoogspanningsleiding



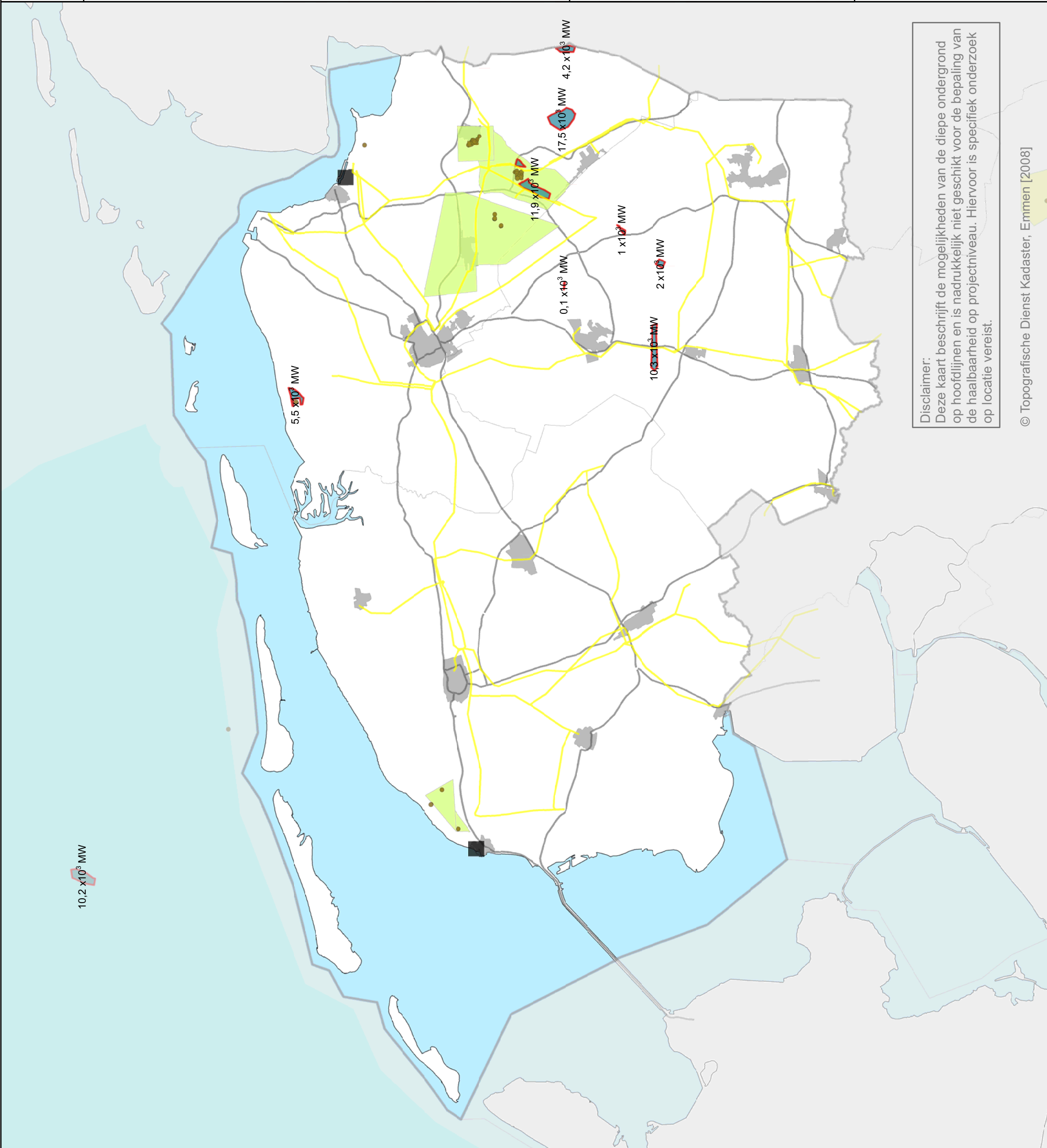
**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 500 - 1.400 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief

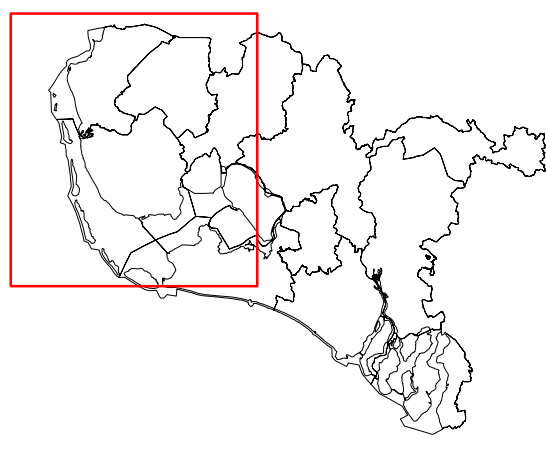



**Disclaimer:**  
Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

© Topografische Dienst Kadaster, Emmen [2008]

# Potentieelkaart CO2-opslag in lege gasvelden t/m 2015

- Legenda**
- Topografie**
- hoofdwegen
  - bebouwing
- Potentieel ondergrond**
- < 10 [Mton]
  - 10 - 20 [Mton]
  - 20 - 50 [Mton]
  - > 50 [Mton]
  - veld niet ontwikkeld



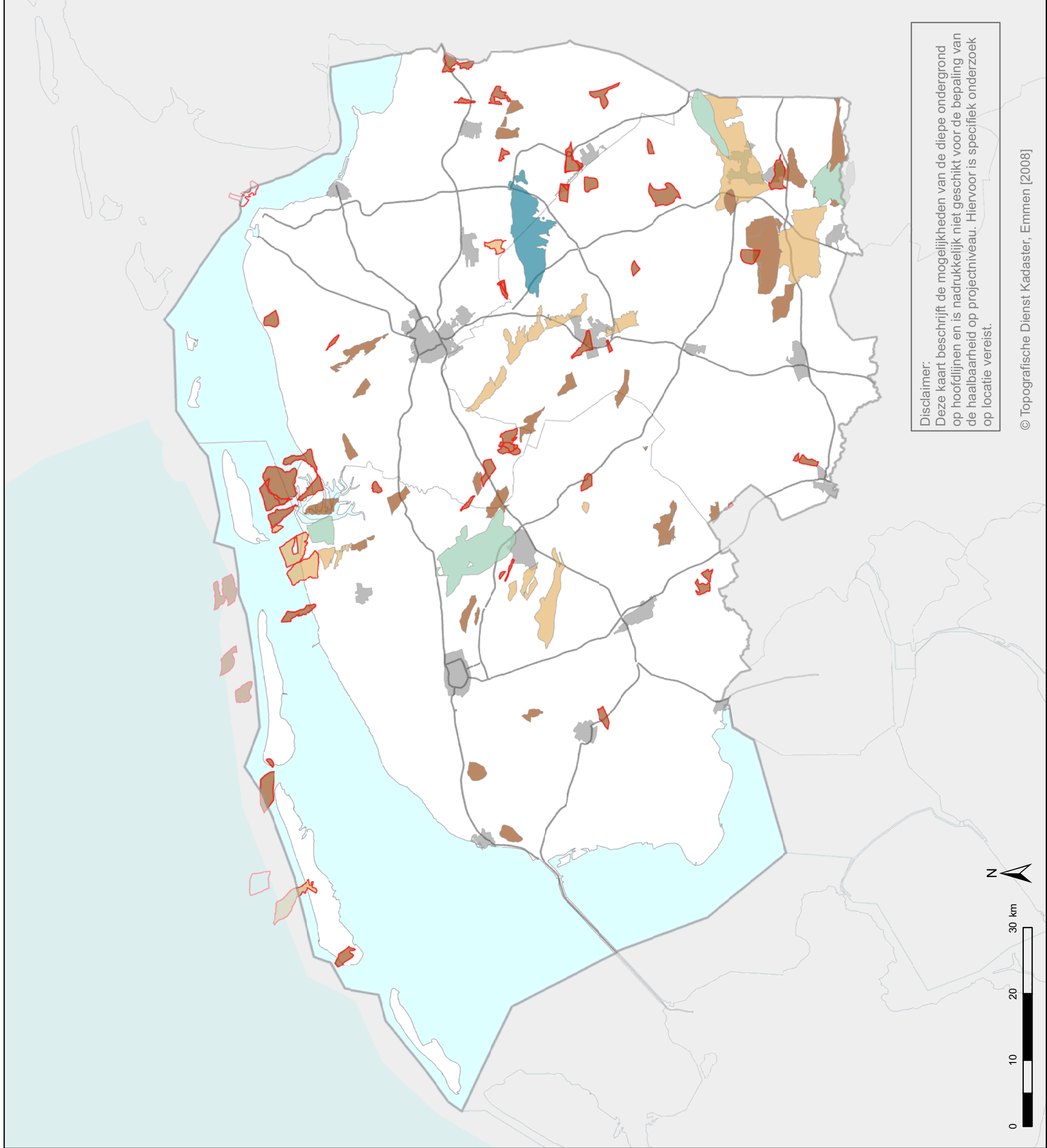
**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond  
Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 1.400 - 4.500 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief

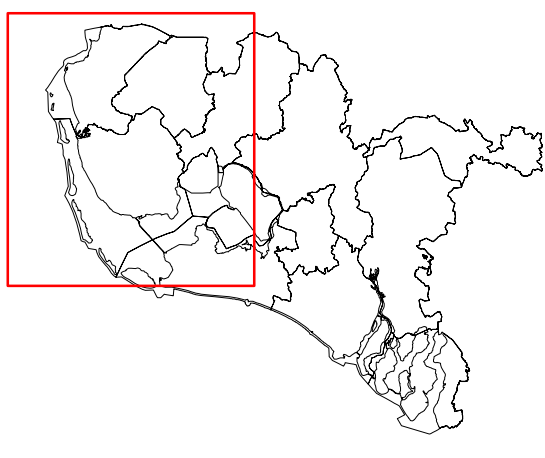


**Disclaimer:**  
Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

© Topografische Dienst Kadaster, Emmen [2008]

# Potentieelkaart CO<sub>2</sub>-opslag in lege gasvelden 2015 t/m 2030

- Legenda**
- Topografie**
- hoofdwegen
  - bebouwing
- Potentieel ondergrond**
- < 10 [Mton]
  - 10 - 20 [Mton]
  - 20 - 50 [Mton]
  - > 50 [Mton]
  - veld niet ontwikkeld



**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond  
Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 1.400 - 4.500 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief



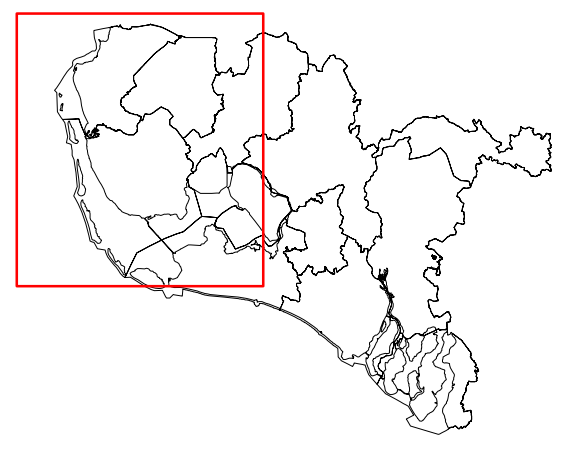
**Disclaimer:**  
Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

© Topografische Dienst Kadaster, Emmen [2008]



# Potentieelkaart CO2-opslag in lege gasvelden na 2030

- Legenda**
- Topografie**
- hoofdwegen
  - bebouwing
- Potentieel ondergrond**
- < 10 [Mton]
  - 10 - 20 [Mton]
  - 20 - 50 [Mton]
  - > 50 [Mton]
  - veld niet ontwikkeld



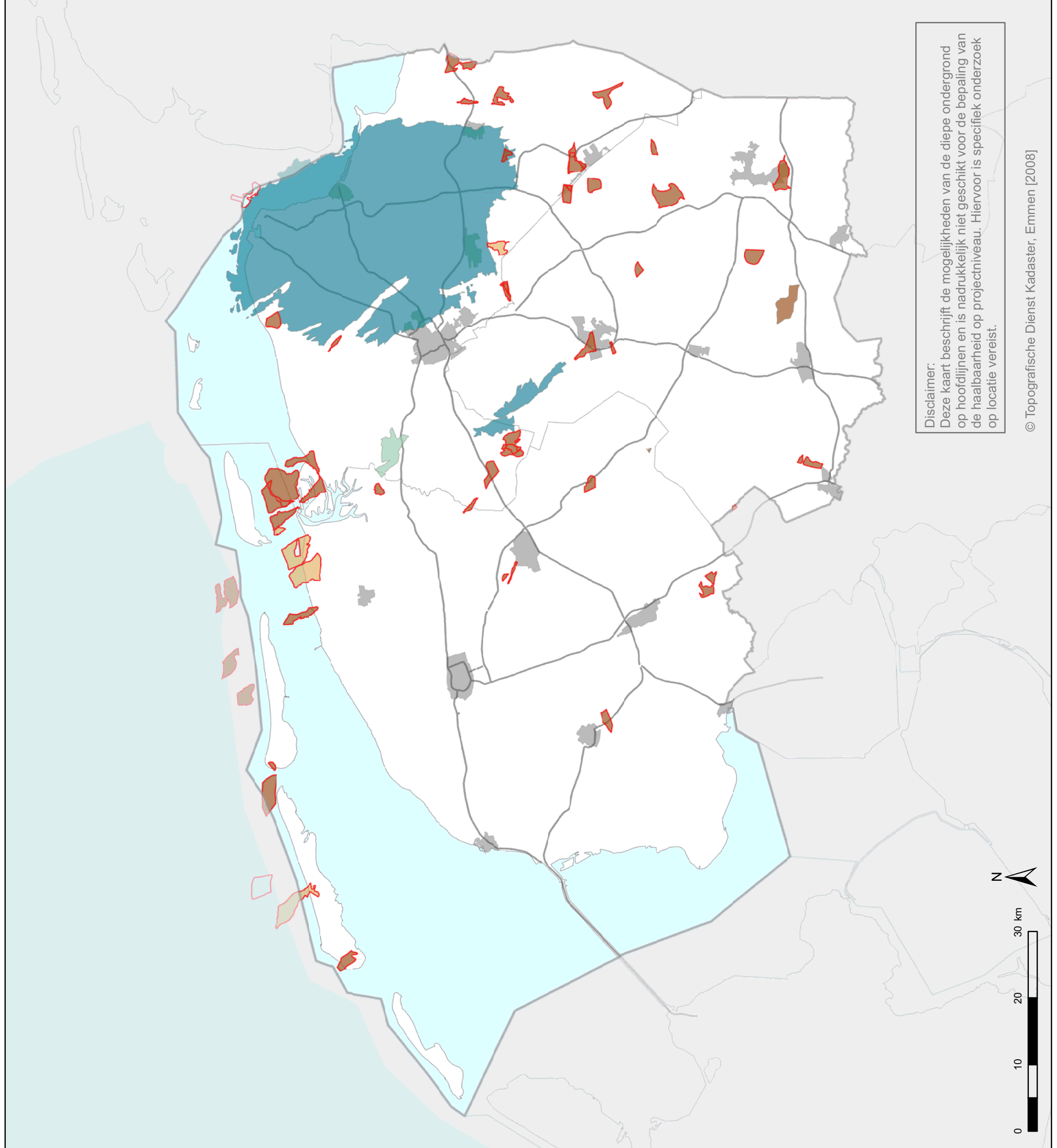
**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 1.400 - 4.500 m

**Referentie:** 58211/MvA

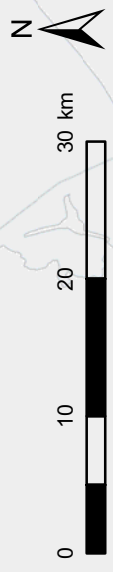
**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief



**Disclaimer:**  
Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

© Topografische Dienst Kadaster, Emmen [2008]



# Potentieelkaart afvalverwijdering in cavernes

## Legenda

### Topografie

— hoofdwegen

■ bebouwing

### Potentieel ondergrond

■ geschikte diapiëren

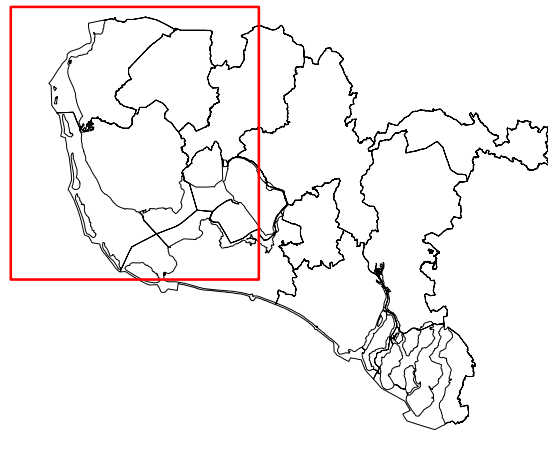
■ niet-gewonnen diapiëren

● bestaande zoutputten

■ zoutconsessies

### Bovengrondse functie

■ indampingsinstallatie



**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 500 - 1.400 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief



### Disclaimer:

Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

© Topografische Dienst Kadaster, Emmen [2008]

17,6 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

9,6 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

0,3 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

20,6 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

30,4 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

7,3 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

1,8 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

3,5 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

17,8 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

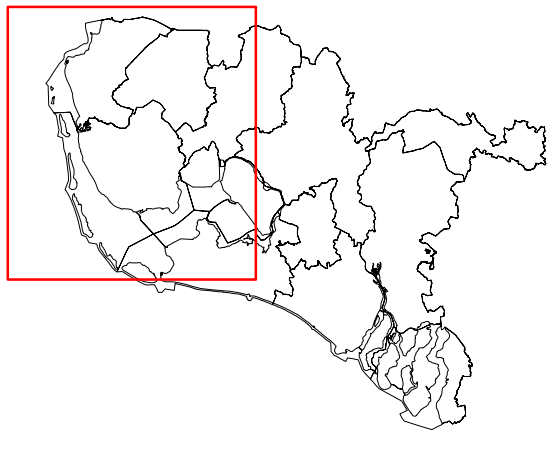
## **Bijlage 5**

### **Synergiekaarten diepe ondergrond**



# Thema: Synergie Zechstein

- Legenda**
- gasleiding
  - hoogspanningsleiding
  - bestaande zoutputten
  - indampingsinstallatie
  - ▨ Bestaande cavernes geschikt voor afvalopslag
  - ▨ Potentie niet-gewonnen diapieren geschikte diapieren
  - ▨ Potentie perslucht in MW geschikte diapieren
  - ▨ Potentie UGS in cavernes in m3 geschikte diapieren
  - zoutconsessies
- Topografie**
- hoofdwegen
  - bebouwing



10,2 x 10<sup>3</sup> MW  
17,6 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
12,7 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

5,5 x 10<sup>3</sup> MW  
9,6 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
6,9 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

11,9 x 10<sup>3</sup> MW  
20,6 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
14,9 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

17,5 x 10<sup>3</sup> MW  
30,4 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
22 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

4,2 x 10<sup>3</sup> MW  
7,3 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>  
5,3 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

0,3 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

1,8 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

3,5 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

17,8 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

**Disclaimer:**  
Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

© Topografische Dienst Kadaster, Emmen [2008]

**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 500 - 1.400 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

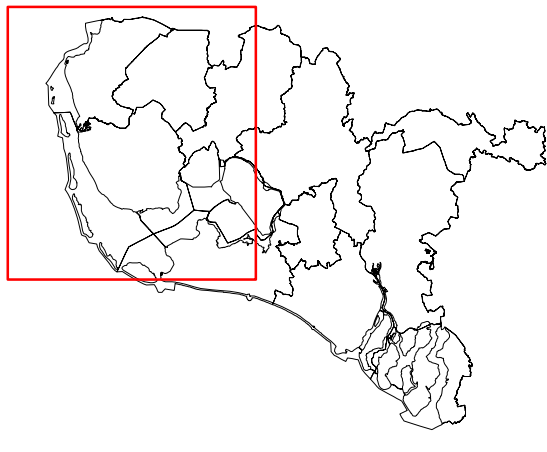
**Status:** Definitief



# Thema: Synergie Rijnland Groep

## Legenda

- hoofdwegen
- bebouwing
- Gaswinning
- CO2-opslag
- gasopslag
- Geothermie warmte



**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond  
Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 1.400 - 4.500 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief

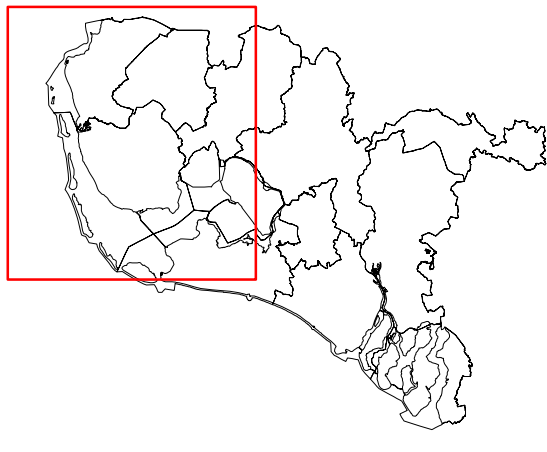


Disclaimer:  
Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

© Topografische Dienst Kadaster, Emmen [2008]

**Thema: Synergie  
Hoofd-bontzandsteen Groep**

- Legenda**
- hoofdwegen
  - bebouwing
  - Gaswinning
  - ▨ CO2-opslag
  - ▧ gasopslag
  - Geothermie warmte



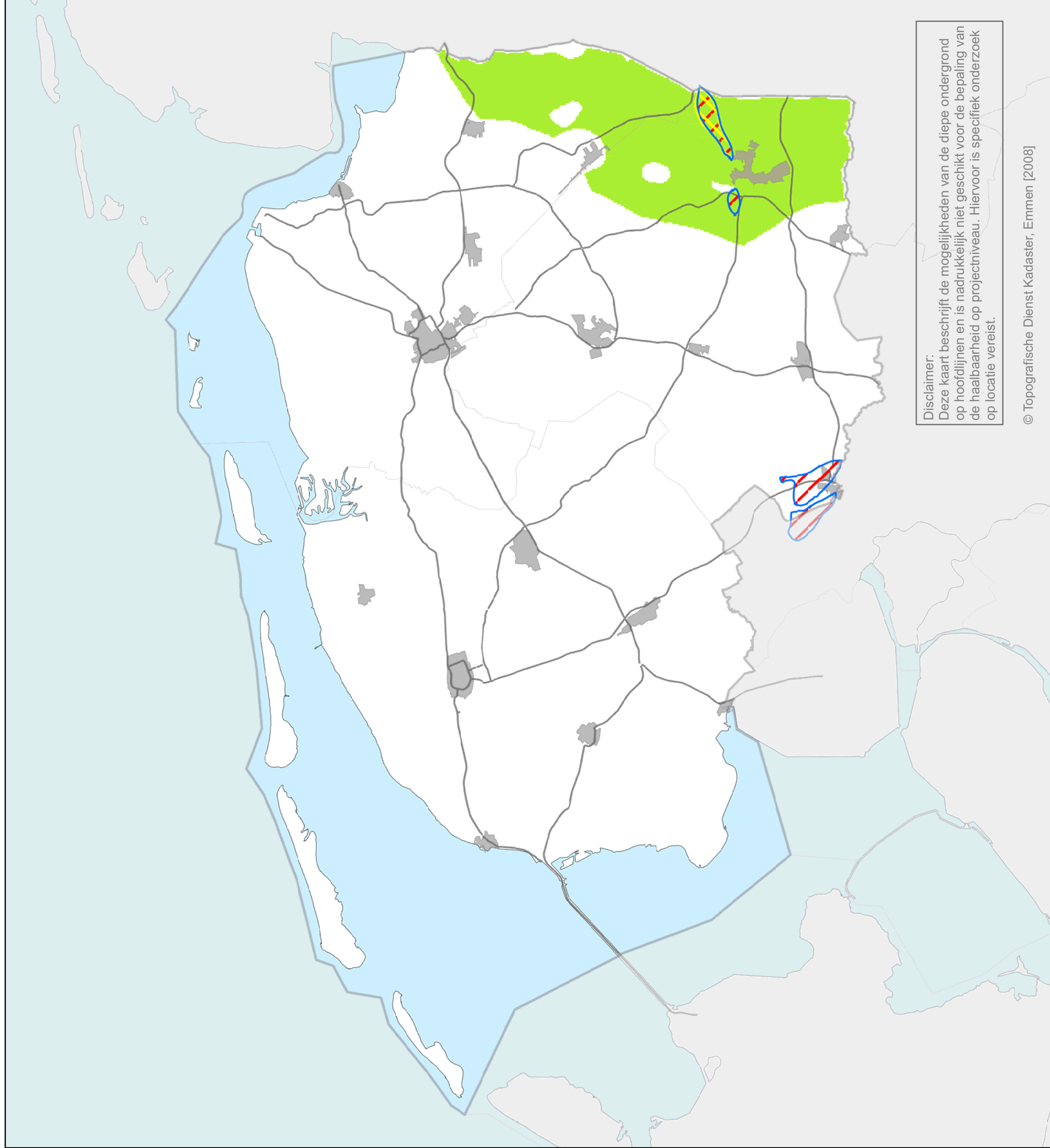
**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond  
Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 1.400 - 4.500 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief



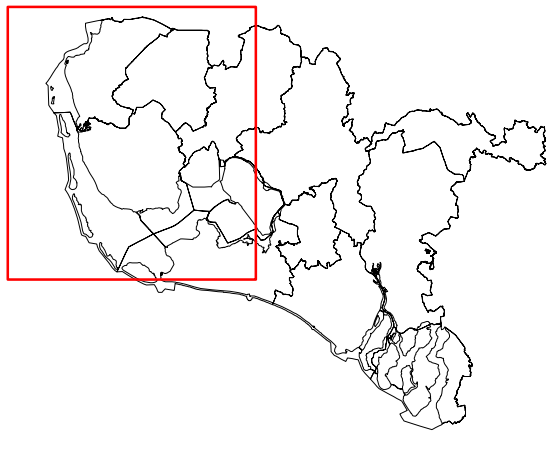
**Disclaimer:**  
Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

© Topografische Dienst Kadaster, Emmen [2008]

# Thema: Synergie Boven-Rotliegend

## Legenda

- hoofdwegen
- bebouwing
- Gaswinning
- ▨ CO2-opslag
- ▧ gasopslag
- Geothermie elektriciteit en warmte
- Geothermie warmte



**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond  
Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 1.400 - 4.500 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

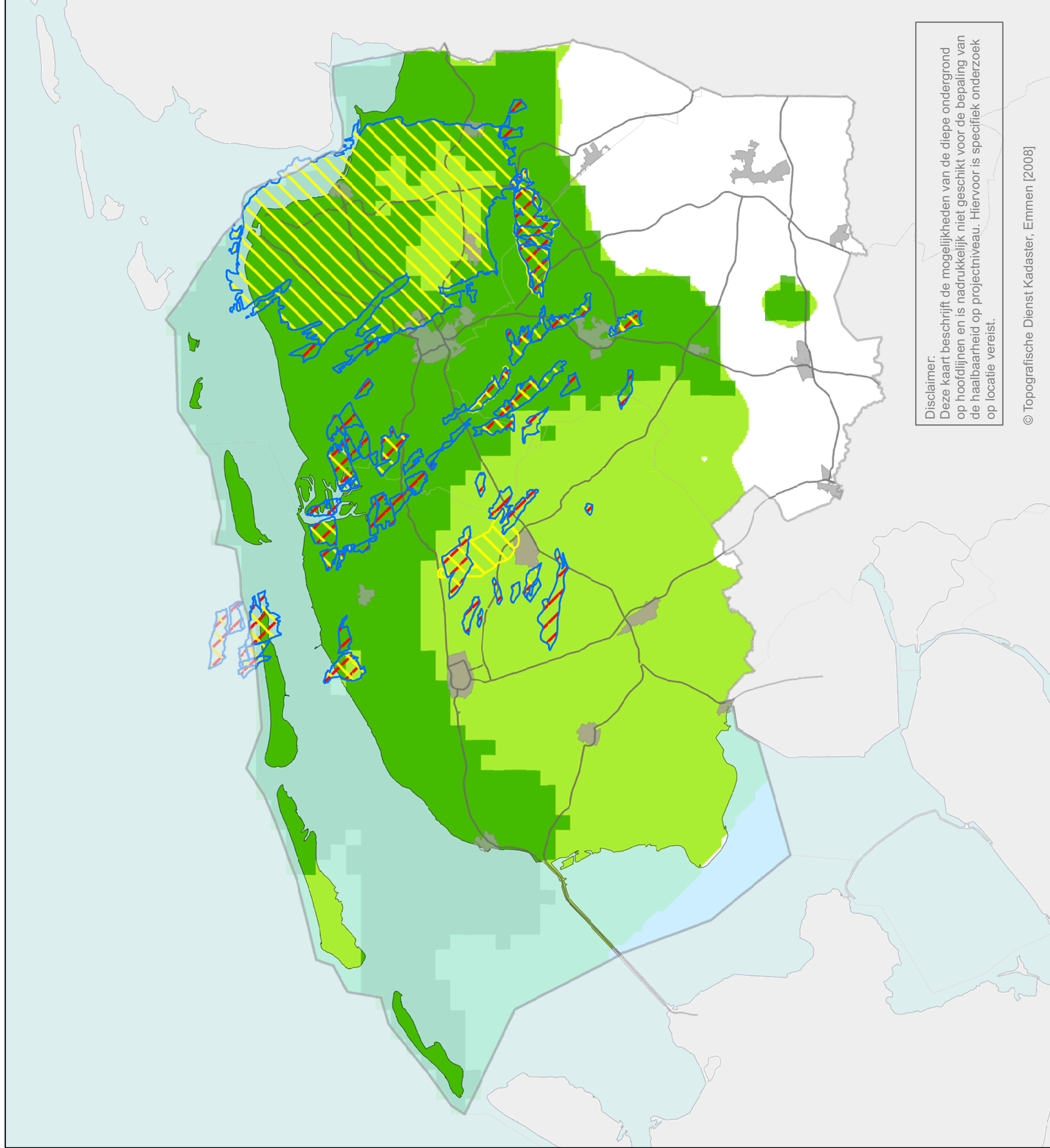
**Status:** Definitief



### Disclaimer:

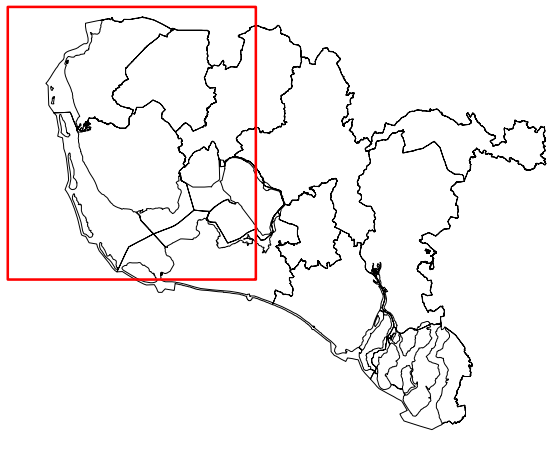
Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

© Topografische Dienst Kadaster, Emmen [2008]



# Thema: Synergie overige members

- Legenda**
- hoofdwegen
  - bebouwing
  - Gaswinning
  - ▨ CO2-opslag
  - ▧ gasopslag



**Project:** Energieverkenning diepe ondergrond  
Noord-Nederland

**Onderwerp:** Diepte-interval 1.400 - 4.500 m

**Referentie:** 58211/MvA

**Datum:** 23-12-2008

**Status:** Definitief



**Disclaimer:**  
Deze kaart beschrijft de mogelijkheden van de diepe ondergrond op hoofdlijnen en is nadrukkelijk niet geschikt voor de bepaling van de haalbaarheid op projectniveau. Hiervoor is specifiek onderzoek op locatie vereist.

© Topografische Dienst Kadaster, Emmen [2008]

