

# Potentieonderzoek geothermie Noord-Holland en Flevoland

Publieksrapportage





**Datum** 23 september 2022  
**Referentie** 72125/JK/20220923\_PR  
**Betreft** Publieksrapportage - Potentieonderzoek geothermie Noord-Holland/provincie Flevoland  
**Behandeld door** Lara Borst, Quinten Boersma, Jasper Kwee  
**Gecontroleerd door** Roel Dirkx, Nick Buik  
**Versienummer** 1.0

#### **OPDRACHTGEVER**

Provincie Noord-Holland (mede namens provincie Flevoland en EBN)  
Houtplein 33  
2012 DE Haarlem

Contactpersoon: R. van Os-van den Abeelen

#### **BEGELEIDINGSCOMMISSIE**

Provincie Noord-Holland, Provincie Flevoland, EBN, TNO

#### **KLANKBORDGROEP**

Provincie Noord-Holland, Gemeente Amsterdam, Gemeente Haarlem, Gemeente Zaanstad, Omgevingsdienst IJmond, Regio Gooi en Vechtstreek, Vattenfall, Shell, Yeager Energy, HVC, Eavor, Aardyn.

# Samenvatting

In opdracht van de provincies Noord-Holland en Flevoland en EBN heeft IF Technology een potentieonderzoek geothermie uitgevoerd.

Het doel van deze studie is om voor de provincies Noord-Holland en Flevoland:

- I. het regionaal ondergronds potentieel aardwarmte beter in kaart te brengen;
- II. de mate te bepalen waarin geothermie kan bijdragen aan de warmtevoorziening.

Om een volledig beeld te krijgen van de geothermische potentie is allereerst een geologische interpretatie gemaakt waarin wordt gekeken welke geologische formaties en laagpakketten geschikt kunnen zijn voor geothermie. De geologische kenmerken die hierin worden bekeken zijn diepteligging, dikte, doorlatendheid (permeabiliteit) en temperatuur.

Binnen de provincies Noord-Holland en Flevoland liggen drie formaties die geothermische potentie bieden.

- I. De Formatie van Slochteren. De Formatie van Slochteren is een zandpakket dat in bijna het gehele onderzoeksgebied wordt aangetroffen. De diepteligging is tussen 1500 en 3000 m. Het wordt op verschillende plekken in Nederland, waaronder in noord Noord-Holland en de Noordoostpolder, al gebruikt voor de winning van aardwarmte. De doorlaatbaarheid kan lokaal sterk variëren.
- II. Zanden van de Rijnland Groep en de Schieland Groep. Deze zanden bieden mogelijkheden voor geothermie en worden op twee locaties in Noord-Holland aangetroffen. In Flevoland zijn de zandpakketten niet aanwezig. De diepte van deze pakketten is maximaal 1300 m.
- III. Zand van Brussel. Dit pakket is aanwezig in het noordoostelijke gedeelte van het studiegebied. De diepte varieert van 700 tot 1300 m en het pakket heeft een maximale dikte van 80 m. Er is wel weinig log- en kerndata beschikbaar, dus inschattingen zijn onzeker.

Binnen deze studie is de potentie voor de drie meest belovende reservoirs ingeschat. Diverse koppelmogelijkheden binnen deze twee provincies zijn mogelijk. Deze studie is uitgevoerd op provinciale schaal en dient voor mogelijke lokale vervolgen ook lokaal bekeken of verdiept te worden. Mogelijk kunnen dan verschillen ontstaan met deze studie.

Hieronder worden de belangrijkste conclusies per regio gegeven:

- Zuid Noord-Holland. In dit deel van de regio biedt de Formatie van Slochteren goede kansen om en rond Haarlem. Rondom Amsterdam liggen de potentie inschattingen lager. Wel wordt dit gebied gekenmerkt door een complexe geologie en een relatief lage datadichtheid, waardoor voorspellingen onzeker zijn. Nieuwe informatie kan deze onzekerheden verkleinen. Andere geschikte aardlagen zijn niet of nauwelijks aanwezig.
- Midden Noord-Holland. In het gebied rond Purmerend, Alkmaar en Heemskerk is meer data aanwezig. De geothermische potentie kaarten laten hier vooral kansen zien voor de zanden van het Rijnland. Potenties voor de Formatie van Slochteren zijn hier lager.
- Noord Noord-Holland. In dit gebied ligt goede potentie voor de Formatie van Slochteren. Dit biedt kansen voor het ontwikkelen van nieuwe systemen of het uitbreiden van

bestaande installaties. Dit geldt niet voor Texel, dat ligt geologisch op het Texel-IJsselmeer hoog, waardoor de Formatie van Slochteren hier niet is afgezet. Mogelijk liggen hier nog mogelijkheden voor het Zand van Brussel, maar het gebrek aan informatie maakt inschattingen zeer onzeker.

- Zuid Flevoland (Almere). Op het eerste oog laten de verschillende potentiekaarten lage waarden zien voor deze regio. Vooral de potentie in het Slochteren ligt hier laag. Wel zijn er eventueel nog mogelijkheden voor het zand van Brussel. Net zoals het zuidelijke deel van Noord-Holland zijn de onzekerheden hier groot, welke verkleind kunnen worden door aanvullende data.
- Midden Flevoland (Lelystad). De Formatie van Slochteren biedt hier goede kansen en er liggen ook mogelijkheden in het Zand van Brussel. De nieuwe SCAN-lijnen in dit gebied geven een goed beeld.
- Noordoostpolder. In het Noordoostelijke deel liggen kans voor geothermie om bestaande systemen uit te breiden. Ook liggen hier nog opties voor het Zand van Brussel.
- Voor het hele gebied geldt dat door de grote onzekerheden geen potentie voor de Kolenkalk van het Dinantiën is aangegeven. Door de zeer geringe hoeveelheid data is hier op dit moment moeilijk een inschatting van te geven.



## INHOUDSOPGAVE

<b>Samenvatting</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>7</b>
1.1 Introductie	7
1.2 Doel 7	
1.3 PProces	7
1.4 Leeswijzer	8
<b>2 Geothermie</b>	<b>9</b>
2.1 Wat is geothermie	9
2.1.1 Ondergrondse geschiktheid	10
2.2 SCAN-programma	10
2.3 Beschikbare data - provincie Noord-Holland en Flevoland	10
<b>3 De ondergrond</b>	<b>12</b>
3.1 Algemene geologische geschiedenis	12
3.2 Structurele elementen	13
<b>4 Selectie van geschikte aardlagen</b>	<b>15</b>
4.1 Kenozoïcum	16
4.1.1 Zand van Brussel	16
4.2 Jura/Krijt	17
4.2.1 Vlieland Zandsteen en Delfland Zandsteen	18
4.3 Trias	19
4.4 Perm	19
4.4.1 Formatie van Slochteren	20
4.5 Carboon	20
4.6 Samenvatting geschikte lagen	21
<b>5 Warmtevraag</b>	<b>22</b>
5.1 Warmtevraag voor geothermie	22
5.2 Resultaten warmtevraag	24
<b>6 Geothermische potentie Noord-Holland en Flevoland</b>	<b>25</b>
6.1 Ondergrondse potentie	25
6.2 Onzekerheden	25
6.3 Potentiekaarten	26
6.3.1 Formatie van Slochteren	26
6.3.2 Zanden van de Rijnland Groep en Schieland groep	27
6.3.3 Zand van Brussel	28
6.4 Koppeling met bovengrond	29
6.4.1 Kaarten koppeling	30
<b>7 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>33</b>
7.1 Conclusies	33
7.2 Aanbevelingen	33
<b>8 Referenties</b>	<b>35</b>
<b>Bijlage 1 - Resultaat tabellen koppeling warmtevraag clusters met ondergrondse potentie</b>	<b>36</b>

1.1 Zand van Brussel	37
1.2 Rijnland/Schieland Zanden	39
1.3 Formatie van Slochteren	42

CONCEPT

# 1 Inleiding

## 1.1 INTRODUCTIE

De provincies Noord-Holland en Flevoland, met de Metropool Regio Amsterdam (MRA) in het bijzonder, zetten zich in voor de energietransitie. Een belangrijk onderdeel daarvan is de verduurzaming van de warmtevraag. Geothermie is een kansrijke technologie om de warmtevraag in Nederland gasvrij en CO<sub>2</sub> neutraal te maken.

De vraag is of en hoe geothermie kan bijdragen in de verduurzamingsdoelen, omdat de ondergrondse potentie niet altijd goed bekend is. Dit wordt mede veroorzaakt door een gebrek aan informatie over de ondergrond in delen van Nederland. De MRA ligt ook in zo'n gebied, waardoor geothermische potentie moeilijk in te schatten is en onzekerheden groot zijn.

De nieuw opgenomen seismische lijnen binnen het SCAN-programma en de later toegevoegde MRA-lijnen geven een duidelijker beeld van de ondergrond en verkleinen deze onzekerheid. Hierdoor is het nu mogelijk een betere inschatting van de ondergrondse geothermische potentie te maken. Door dit geothermisch potentieel te verbinden aan de bovengrondse warmtevraag kunnen kansrijke locaties worden geïdentificeerd voor toepassing van geothermie.

## 1.2 DOEL

Het doel van deze studie is om voor de provincies Noord-Holland en Flevoland:

- III. het regionaal ondergronds potentieel aardwarmte beter in kaart te brengen;
- IV. de mate te bepalen waarin geothermie kan bijdragen aan de warmtevoorziening.

Resultaat van deze studie is:

- 1) Goed onderbouwd rapport met:
  - a. de analyse van de ondergrondse potentie van aardwarmte;
  - b. de mate waarin geothermie kan bijdragen in de warmtevoorziening;
- 2) Ondergrondse potentiekaart aardwarmte in GIS formaat;
- 3) Presentatie en toelichting van de resultaten aan de verschillende stakeholders (in verschillende sessies).

De resultaten van deze studie maken de kansen voor geothermie in Noord-Holland en Flevoland inzichtelijk en kunnen worden gebruikt om kansrijke locatie voor het toepassen van geothermie te identificeren. Dit moet uiteindelijk leiden tot het realiseren van nieuwe geothermie projecten.

## 1.3 PROCES

Deze opdracht is uitgevoerd in de periode Q2 2022 tot en met Q4 2022. Binnen dit project is meermaals samengewerkt met een begeleidingsgroep bestaande uit de Provincie Noord-Holland, Provincie Flevoland, en geologen en energiespecialisten van EBN en TNO. Tijdens beslismomenten en mijlpalen hebben overleggen met deze begeleidingscommissie plaatsgevonden ter feedback en controle op de kwaliteit. Naast deze begeleidingscommissie hebben aan begin en aan het eind van deze studie ook een sessie met een klankbordgroep plaatsgevonden. Deze klankbordgroep is een

belangrijk instrument voor het ophalen van informatie, behoeften en verwachtingen van de doelgroep.

Deze samenwerkingen hebben tot de volgende resultaten geleid:

- Een publieksrapportage, met de belangrijkste resultaten en bevindingen
- Een technische rapportage, waarin methodes, processen en uitgangspunten in detail zijn toegelicht. Ook tussentijdse resultaten en eindresultaten zijn hierin opgenomen.
- Een dataset met kaartmateriaal in GIS-formaat, bestaande uit de verschillende tussen- en eindresultaten van deze studie.

#### 1.4 LEESWIJZER

Dit document is als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 1 geeft een introductie, het doel, het proces en de opzet van document;
- Hoofdstuk 2 geeft een korte introductie over geothermie, het SCAN-programma en de beschikbare data;
- Hoofdstuk 3 geeft een globaal overzicht van de ondergrond in de provincies Noord-Holland en Flevoland;
- Hoofdstuk 4 beschrijft de geschiktheid van de aanwezige aardlagen;
- Hoofdstuk 5 omschrijft de warmtevraag en wanneer deze geschikt is voor geothermie;
- Hoofdstuk 6 laat de potentie zien voor de drie meest geschikte aardlagen en koppelt deze aan de warmtevraag;
- Hoofdstuk 7 vat de belangrijkste resultaten samen en beschrijft mogelijke vervolgstappen.



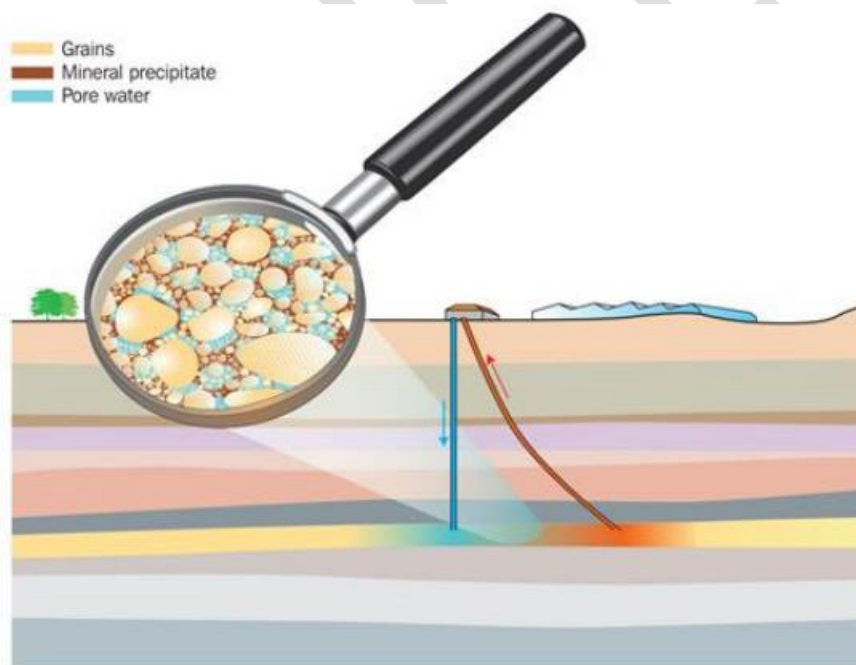
## 2 Geothermie

### 2.1 WAT IS GEOTHERMIE

Geothermie, ook wel aardwarmte genoemd, is warmtewinning uit diepere lagen in de ondergrond. Om deze warmte uit de grond te halen worden er twee diepe putten geboord naar een geschikte, waterhoudende laag. De eerste put (producer) pompt het warme water omhoog. Via warmtewisselaars wordt de warmte overgedragen op een warmtenet om een wijk, glastuinbouw of gebouwen te voorzien van warmte. Het afgekoelde water gaat via de andere put (injector) weer terug in de grond, in dezelfde diepe aardlaag. Bovengronds staan deze putten enkele meters uit elkaar maar het uiteinde van deze injectorput bevindt zich op ongeveer 1,5 kilometer afstand van de producer om te voorkomen de temperatuur bij de productieput te snel afneemt. Een productieput en een injectieput worden samen een doublet genoemd.

Geothermie is een constante bron, onafhankelijk van seizoensinvloeden als zon en wind en kan het hele jaar warmte (geen koude) leveren. Hierdoor wordt geothermie vaak ingezet als basislast en is (pas) rendabel bij een relatief grote en geconcentreerde warmtevraag. Voor een goede business case is een warmtevraag van 4000 tot 7000 woningequivalenten<sup>1</sup> nodig.

Naast een voldoende geconcentreerde warmtevraag moet ook de ondergrond geschikt zijn om geothermie te kunnen winnen.



Figuur 2.1 | Basisprincipes geothermie (niet op schaal).

<sup>1</sup> <https://warmtenetwerk.nl/aardwarmte/warmtenetten/>

### 2.1.1 **Ondergrondse geschiktheid**

Om een geschikt laagpakket te vinden voor het gebruik van geothermie zijn verschillende eigenschappen van belang; er dient **voldoende water** aanwezig te zijn, waarbij dikte van een pakket en de porositeit (verhouding poriën/vast gesteente) belangrijke parameters zijn, de **permeabiliteit** (doorlaatbaarheid) van het pakket moet voldoende zijn en de **temperatuur** van het water moet hoog genoeg zijn. Over het algemeen geldt: hoe dieper, hoe warmer het is. Gemiddeld neemt in Nederland de temperatuur 30°C per km toe.

Boorgegevens geven op een specifieke locatie de diepte en dikte van een laagpakket. Daarnaast geeft een boorput ook informatie over de gesteente eigenschappen zoals porositeit en permeabiliteit. Seismische data wordt ook gebruikt om de diepte en dikte van laagpakketten te bepalen en breuken te identificeren. Bovendien kan door middel van seismische data de verbreiding van een laagpakket tussen de boorputten inzichtelijk worden gemaakt.

### 2.2 **SCAN-PROGRAMMA**

In sommige gebieden is in het verleden veel onderzoek gedaan naar het voorkomen van olie- en gasvelden, maar in andere regio's is de potentie minder. Mede hierdoor is er in Nederland niet overal evenveel informatie over de ondergrond beschikbaar om te bepalen wat de potentie van geothermie is. Het SCAN-programma (Seismische Campagne Aardwarmte Nederland<sup>2</sup>) is in het leven geroepen om op locaties waar weinig informatie aanwezig is, aanvullende informatie te verzamelen om een completer beeld te krijgen van de Nederlandse ondergrond.

Als onderdeel van dit SCAN-programma is nieuwe seismische data verzameld, zo ook in de provincies Noord-Holland en Flevoland. Bij seismisch onderzoek worden geluidsgolven de grond in gestuurd. Deze weerkaatsten op verschillende gelaagdheden in de ondergrond en worden weer ontvangen door geofoons aan het oppervlak. Hierdoor ontstaan seismogrammen, plaatjes die de lagen en structuren in de ondergrond weergeven. Door deze seismische data te interpreteren kunnen de diepte en dikte van lagen worden ingeschat en breuken in kaart worden gebracht.

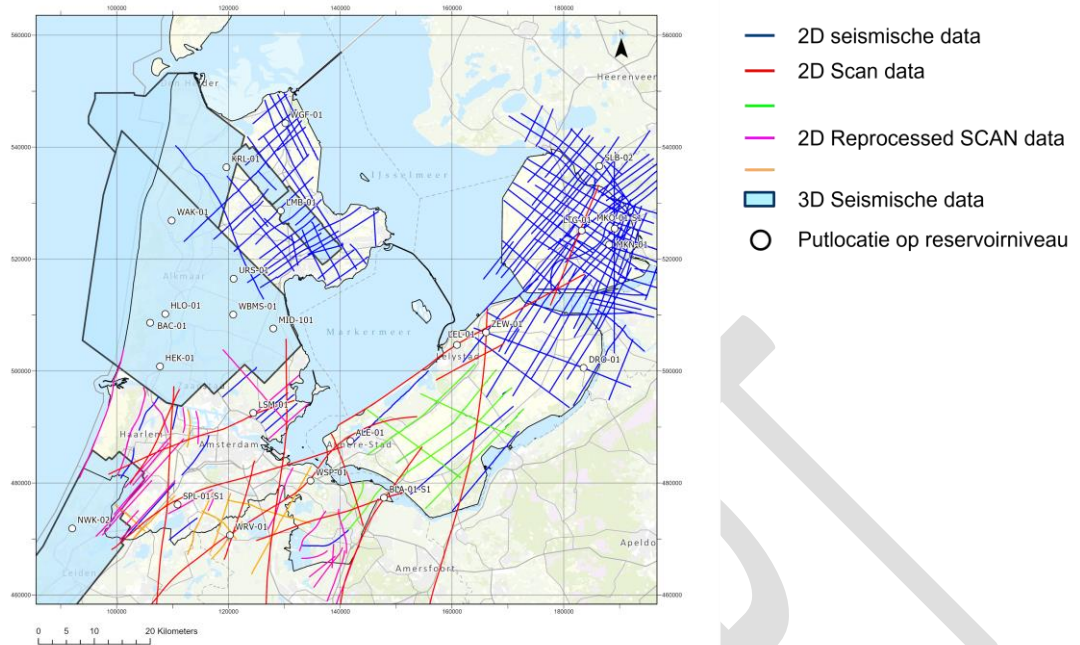
In de toekomst zijn binnen het SCAN-programma ook boringen gepland, maar deze zijn nog niet uitgevoerd. Wel is o.a. een zoekgebied aangewezen in de Amstelland regio, waar is voorgenomen om, na aanvullend seismisch onderzoek, een onderzoeksboring uit te voeren.

### 2.3 **BESCHIKBARE DATA - PROVINCIE NOORD-HOLLAND EN FLEVOLAND**

In de noordelijke delen van de provincies Noord-Holland en Flevoland is vanuit de olie- en gassector in het verleden veel data verzameld. Hierdoor is in dit deel een grote dichtheid van zowel 2D als 3D seismische data beschikbaar. Deze data is in de zuidelijke delen van deze provincies minder dicht bezaaid. Dankzij het SCAN-programma is in dit deel van het gebied oude data herbewerkt (en dus van betere kwaliteit) en nieuwe seismische data verzameld. Beiden seismische datasets zijn in deze studie bekeken en geïnterpreteerd. Figuur 2.2 geeft een overzicht van de meegenomen data.

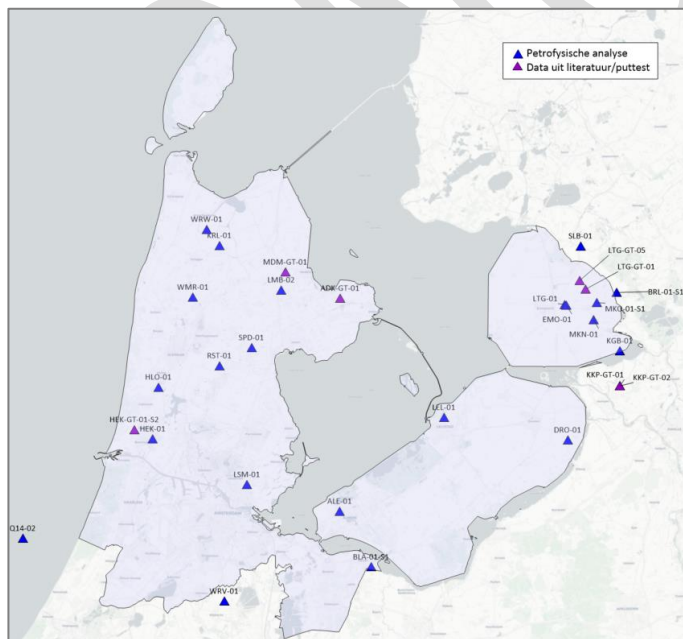
---

<sup>2</sup> Zie voor meer informatie ook [scanaardwarmte.nl](http://scanaardwarmte.nl)



Figuur 2.2 | Kaart met seismische- en putgegevens gebruikt tijdens de seismische interpretaties van de provincies Flevoland en Noord-Holland.

Daarnaast zorgen de verschillende boorputten in het gebied voor aanvullende informatie over de gesteente eigenschappen. Figuur 2.3 laat de verschillende putten zien die binnen deze studie gebruikt zijn om de gesteente eigenschappen te bepalen.



Figuur 2.3 | Locaties van de putten die zijn gebruikt voor het bepalen van gesteente eigenschappen.

## 3 De ondergrond

### 3.1 ALGEMENE GEOLOGISCHE GESCHIEDENIS

Om een volledig beeld te krijgen van de geothermische potentie is het belangrijk om inzicht te krijgen in de geologische opbouw en geschiedenis. Hiermee kan een eerste beeld gevormd worden welke geologische formaties aanwezig zijn en welke laagpakketten geschikt kunnen zijn voor geothermie.

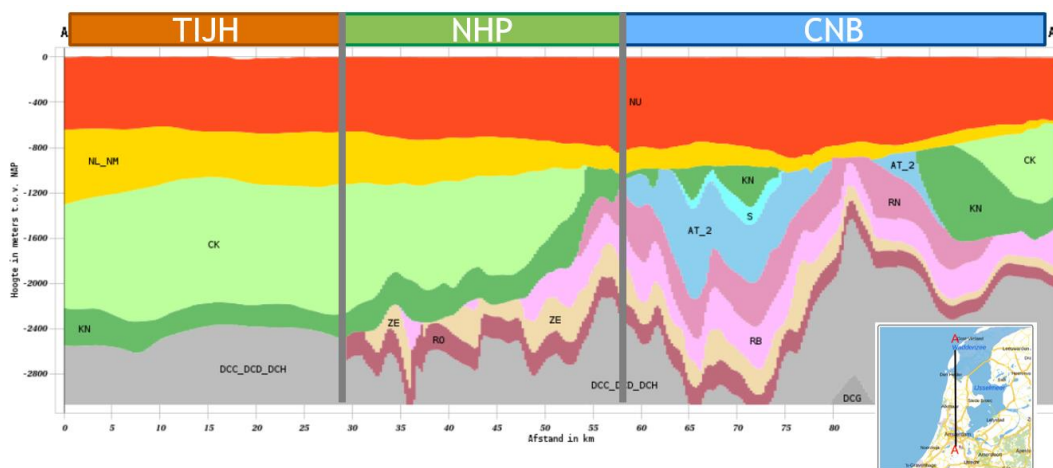
Gedurende miljoenen jaren heeft Nederland zich voornamelijk in een deltamilieu bevonden. Dit betekent dat er gedurende al die jaren metersdikke sedimenten zijn afgezet. Deze sedimenten bestaan uit met name zand en klei, en in mindere mate uit kalkafzettingen (carbonaatgesteenten) en evaporieten. In totaal bestaat de Nederlandse ondergrond hoofdzakelijk uit meer dan 10 kilometer sediment, dat een metamorfe laag bedekt (De Jager, 2007). Deze sedimenten zijn door bergtevorming of juist bekkenvorming omhoog of omlaag bewogen. Dit resulteerde in de vorming van zogenoemde structurele hogen en bekkens. Deze geschiedenis van afwisselend collisie en extensie heeft geresulteerd in de vorming van verschillende structurele elementen (Figuur 3.1).



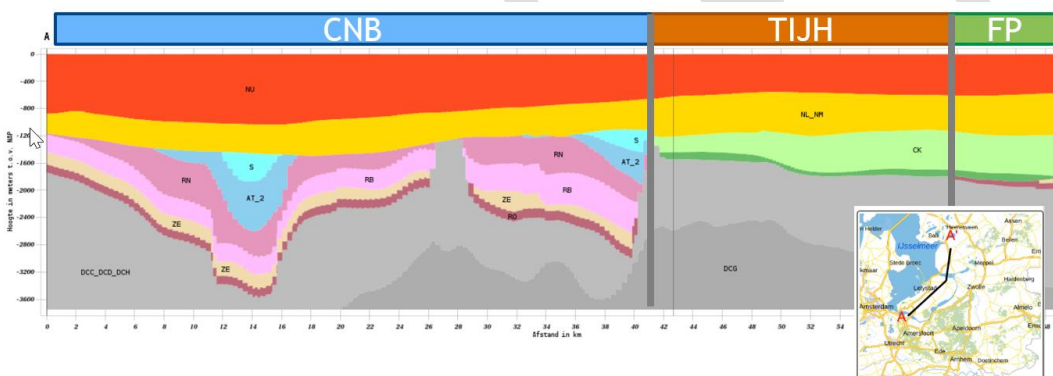
Figuur 3.1 | Structuurkaart van Noord West Nederland tijdens het Laat Jura - Vroeg Krijt (Kombrink et al., 2012). In rood Noord-Holland en Flevoland.

Figuur 3.2 en Figuur 3.3 laten doorsnedes van de ondergrond zien in Noord-Holland (Figuur 3.2) en Flevoland (Figuur 3.3). In deze figuren is duidelijk te zien dat de ondergrond door beide provincies flink kan verschillen. De structurele elementen zijn weergegeven aan de bovenkant van deze figuren. In sommige van deze elementen zijn bepaalde gesteentelagen wel aanwezig met flinke dikte en in andere delen ontbreken deze lagen weer.

In de volgende paragrafen wordt de geologische geschiedenis van de verschillende structurele gebieden van dit onderzoeksgebied beschreven.



Figuur 3.2 | Dwarsdoorsnede door Noord-Holland o.b.v. DGMdiep v5.0 (Dinoloket, geraadpleegd op 13 mei 2022), met daarin de verschillende structurele elementen aangegeven (TIJH - Texel-IJsselmeer Hoog, NHP - Noord-Holland Platform en CNB - Centraal Nederland Bekken).



Figuur 3.3 | Dwarsdoorsnede door Flevoland o.b.v. DGMdiep v5.0 (Dinoloket, geraadpleegd op 13 mei 2022), met daarin de verschillende structurele elementen aangegeven (TIJH - Texel-IJsselmeer Hoog, NHP - Noord-Holland Platform en CNB - Centraal Nederland Bekken).

### 3.2 STRUCTURELE ELEMENTEN

Binnen het studiegebied zijn hoofdzakelijk 4 geologische gebieden aan te wijzen: Het Centraal Nederland Bekken (CNB), het Noord-Holland Platform (NHP), het Texel-IJsselmeer Hoog (TIJH) en het Friesland Platform (FP) (zie ook Figuur 3.1). Elk van deze gebieden heeft een eigen geologische geschiedenis meegemaakt wat resulteert in verschillende kenmerken.

#### Centraal Nederland Bekken (CNB)

Het Centraal Nederland bekken beslaat een groot deel van het studiegebied in zuidelijk Noord-Holland en Flevoland. Het Centraal Nederland Bekken wordt gekenmerkt door dikke pakketten uit de geologische tijdperken Trias en Jura, maar er ontbreken veelal lagen uit het Krijt.

#### **Noord-Holland Platform (NHP)**

Ten noorden van het CNB in Noord-Holland ligt het Noord-Holland Platform. Het platform is een erosief gebied waar Krijt afzettingen op sedimenten van het Trias, Perm of Carboon liggen: de tussenliggende sedimenten, waaronder het Jura, zijn geërodeerd toen het gebied omhoog kwam door compressie (Duin et al., 2006).

#### **Texel-IJsselmeer Hoog (TIJH)**

Het Texel-IJsselmeer Hoog strekt zich uit van Texel tot in de Noordoostpolder en beslaat een groot deel van het IJsselmeer en een klein deel van de kop van Noord-Holland. Een flink deel van de afzettingen ontbreekt, het is tot heden niet bekend of deze afzettingen niet afgezet of geërodeerd zijn. Zoals te zien is in Figuur 3.2 en Figuur 3.3 liggen de sedimenten van het Krijt direct op het Carboon. De tussenliggende sedimenten zijn bijna overal afwezig. Bijna overal, want in put WGF-01 (kop van Noord-Holland) is enkele tientallen meters van de Formatie van Slochteren aangetroffen. Of dit op andere plekken op het Texel-IJsselmeer Hoog dan ook aanwezig is, is nog onbekend.

#### **Friesland Platform (FP)**

Dit structurele element bedekt maar een klein deel van het projectgebied: het oosten van de Noordoostpolder. Dat maakt het niet minder relevant: er zijn in dit gebied al meerdere geothermieprojecten succesvol gerealiseerd.

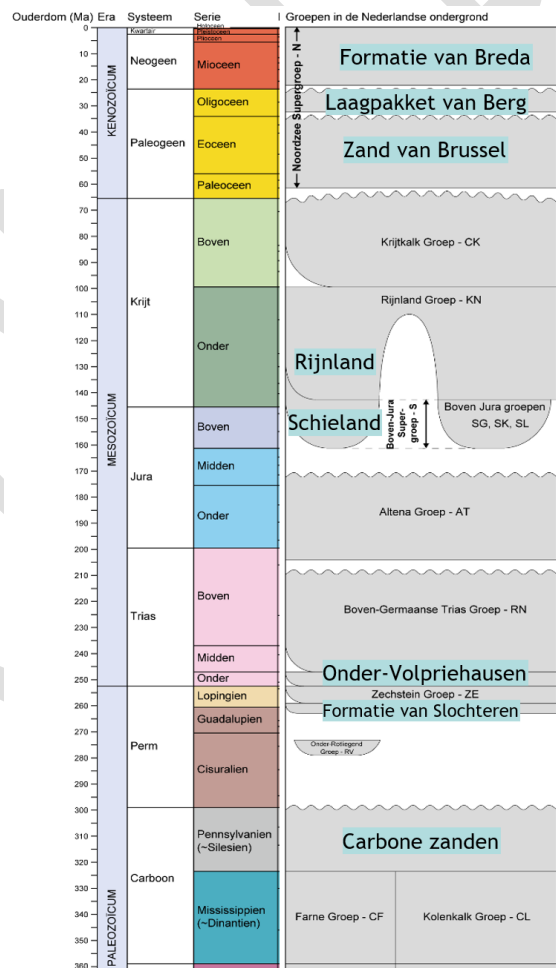
Het Friesland Platform is in het Jura gevormd en ook omhoog gekomen, waardoor een aantal aardlagen uit het Jura en Trias geërodeerd zijn. Ook hier liggen Krijt afzettingen op sedimenten van het Perm of Carboon (Duin et al., 2006).



## 4 Selectie van geschikte aardlagen

Voor de winning van warm water is een gesteentepakket met een hoge permeabiliteit (doorlaatbaarheid) en een hoge porositeit nodig. Dit wordt een reservoirgesteente genoemd. In de Nederlandse praktijk zijn dit ideaal gezien goed gesorteerde grofkorrelige zandstenen. Over het algemeen geldt: hoe (grof) zandiger een laag is, hoe hoger de porositeit en permeabiliteit zijn. Daarnaast wordt ook gekeken naar de temperatuur en de netto dikte (het bruikbare deel van een laag). Hoe hoger de temperatuur is, hoe hoger de geothermische potentie. De dikte van een laag is relevant omdat het slagen van een project voor een groot deel afhangt van de hoeveelheid water die opgepompt kan worden.

In onderstaande paragrafen wordt per geologisch tijdvak (zie Figuur 4.1) in meer detail gekeken welke gesteentelagen, ook wel “formaties” genoemd, kunnen dienen als een reservoirgesteente voor geothermie.

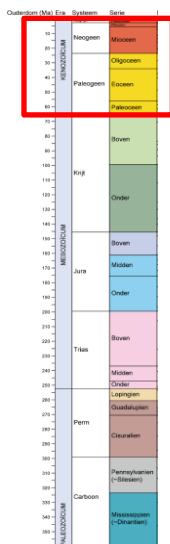


Figuur 4.1 | Overzicht van de afzettinggroepen in de Nederlandse Ondergrond, bewerkt naar (Kombrink, 2008).

## 4.1

### KENOZOICUM

Tijdens het Neogeen en Paleogeen zijn de pakketten van de Boven-, Midden- en Onder-Noordzee Groep afgezet. Deze bestaan uit afwisselend zand- en kleipakketten. Er zijn drie zandpakketten die in het studiegebied mogelijk potentie hebben voor geothermie: de Formatie van Breda, het Laagpakket van Berg en het Zand van Brussel. Voor deze pakketten is gekeken of ze lokaal direct bovenop elkaar liggen, wat ervoor zou kunnen zorgen dat de totale beschikbare dikte groter is. Dit is echter niet het geval: alle drie de formaties zijn middels kleilagen van soms tientallen meters dik van elkaar gescheiden. Van deze drie is alleen de Formatie van Breda in het gehele gebied aanwezig.



Potentieel reservoir	Eigenschappen	Opmerkingen
Formatie van Breda	Dit fijnzandige/kleiige pakket ligt op een diepte van 400 tot ongeveer 1.000 m. Aan de top zit een wat grovere zandlaag van zo'n 50 m dik. Ook deze laag bevat over het algemeen veel klei. Klei heeft een lage porositeit en permeabiliteit en heeft over een slechte geothermische potentie. De temperatuur van dit pakket ligt naar verwachting tussen de 20 en 35 °C.	
Laagpakket van Berg	Sterk variërend in diepte (600 tot 1400 m). Volgens ThermoGIS <sup>3</sup> is dit pakket maximaal 40 m dik (netto) met een doorlaatbaarheid van 150 - 350 mD, maar logs laten zien dat het pakket veel klei kan bevatten, met name daar waar de dikte het hoogst ingeschat wordt. De temperatuur van dit pakket ligt naar verwachting tussen de 20 en 40 °C.	Putlogs laten hogere kleigehaltes zien dan ThermoGIS
Zand van Brussel	Aanwezig in het noordoosten van het projectgebied. Sterk variërend in diepte (700 tot 1300 m). Volgens ThermoGIS is dit pakket maximaal 80 m dik (netto) met een doorlaatbaarheid van 150 - 350 mD. De temperatuur van dit pakket ligt naar verwachting tussen de 20 en 40 °C.	Weinig log- en kerndata beschikbaar

### Conclusie

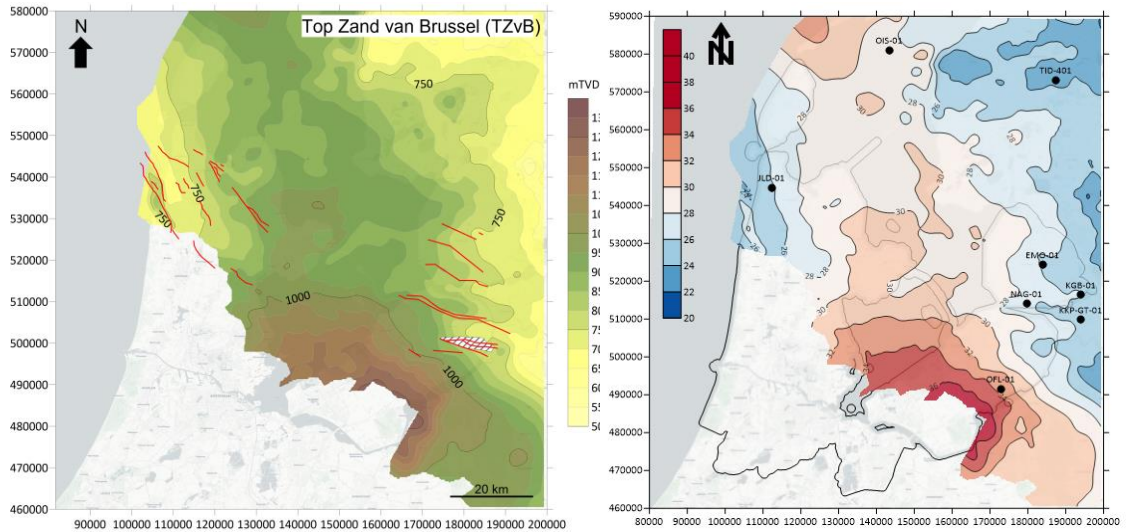
- Op basis van de putlogs hebben het Laagpakket van Berg en de Formatie van Breda een te lage transmissiviteit (doorlaatbaarheid x bruikbare (netto) dikte) voor de winning van geothermie. Deze pakketten wordt daarom verder buiten beschouwing gelaten in deze studie.
- Het Zand van Brussel is verder uitgewerkt in voorliggende potentiëstudie, waar mogelijk op basis van beschikbare kaarten en geïnterpreteerde data uit WarmingUP studie (de Haan et al., 2020; Geel & Foeken, 2021). Tussenresultaten staan in onderstaande sub sectie.

#### 4.1.1

### Zand van Brussel

Het Zand van Brussel is in het noordoosten van het studiegebied aanwezig. De top van het Zand van Brussel ligt tussen de 700 en 1300 m met temperaturen tussen de 26 en 36 °C (zie ook Figuur 4.2). Hoe dieper de laag ligt, hoe hoger de temperatuur.

<sup>3</sup> zie voor meer informatie ThermoGIS.nl

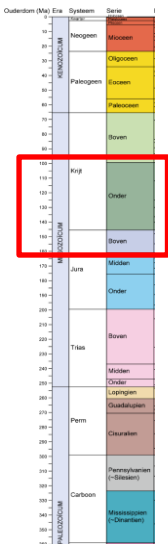


Figuur 4.2 | Links: diepte van de top van het Zand van Brussel (dieptekaart verkregen uit de WarmingUP studie (de Haan et al., 2020). Rechts: Temperatuur (°C) van het Zand van Brussel.

#### 4.2

#### JURA/KRIJT

De afzettingen uit het Jura en het Krijt zijn afgezet in de ondiepe zeeën die ontstonden na het opbreken van Pangea, en bestaan daarom uit onder meer kalkstenen, zandstenen, mergels en kleien. Groepen waar voor geothermieprojecten naar gekeken wordt zijn de Rijnland Groep en de Schieland Groep. De zandpakketten in deze groepen, die vanwege de hoge doorlaatbaarheid mogelijk geschikt zijn als reservoir in het studiegebied, zijn de Vlieland Zandsteen (onderdeel van de Rijnland Groep) en de Delfland Zandsteen (onderdeel van de Schieland Groep). Deze twee pakketten zijn niet in het gehele studiegebied afgezet, slechts rondom Purmerend (Vlieland Zandsteen) en in het zuiden van Noord-Holland (Vlieland Zandsteen en Delfland Zandsteen).



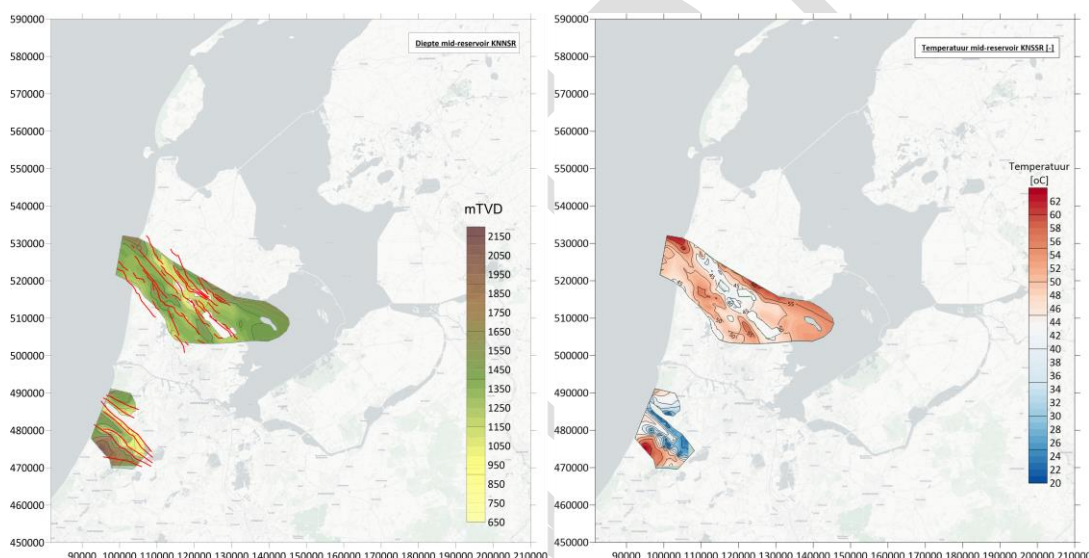
Potentieel reservoir	Eigenschappen	Opmerkingen
Rondom Purmerend en rondom Haarlem: Rijnland Groep (Vlieland Zandsteen)	Gelegen tussen de 100 en 1300 m diepte. De dikte van het zandpakket is enkele tientallen meters. De doorlaatbaarheid is minder hoog dan die van de Delft Zandsteen, maar de onzekerheid in de eigenschappen van dit pakket is groot. De temperatuur van dit pakket is naar verwachting maximaal 60 °C.	Wordt in ThermoGIS Friesland en Bentheim genoemd. Alleen aanwezig in het midden van Noord-Holland en Texel.
Rondom Haarlem: Schieland Groep (Delfland Zandsteen)	Gelegen tussen de 700 en 1300 m diepte. De dikte van het zandpakket is onbekend. Er wordt een relatief hoge doorlaatbaarheid (>500 mD) verwacht. De temperatuur van dit pakket is naar verwachting maximaal 60 °C.	Onduidelijk wat de dikte van het zandpakket is en waar de noordgrens van de verbreiding van dit pakket zich bevindt.

#### Conclusie

- Rondom Purmerend is een seismische interpretatie uitgevoerd en zijn voor de Rijnland Groep reservoir eigenschappen bepaald o.b.v. literatuurwaarden en eerdere studies.
- Rondom Haarlem is de seismiek geïnterpreteerd om met name de verbreiding van de Schieland Groep naar het noorden te bepalen. Voor het bepalen van de gesteente eigenschappen van de Schieland Groep is gebruikt gemaakt van een aantal omliggende putten en waarden uit eerdere studies<sup>4</sup>.

#### 4.2.1 Vlieland Zandsteen en Delfland Zandsteen

De potentie voor de Vlieland Zandsteen is, vanwege de relatief grote dikte, groter dan de potentie voor de Delfland Zandsteen. De afzetting milieus van deze formaties zijn vergelijkbaar, waardoor de gesteente eigenschappen van de twee vergelijkbaar zijn. In het zuidelijke afzettingsgebied laten enkele putten zien dat Vlieland Zandsteen direct bovenop de Delfland Zandsteen ligt. Voor deze locaties is de Delfland Zandsteen meegenomen in de totale diktebepaling.



Figuur 4.3 | Links: diepte van het midden van de Vlieland Zandsteen Formatie. Rechts: Temperatuur van het midden van de Vlieland Zandsteen Formatie. Breuken basis Rijnland weergegeven in rood.

Figuur 4.3 laat naast de diepte en temperatuur ook de verbreiding van deze zandpakketten zien. De zandpakketten zijn maar in beperkte mate aanwezig in de provincie Noord-Holland ontbreken volledig in Flevoland. De temperaturen in het noordelijke deel bij Purmerend liggen tussen de 40°C en 60°C, voor het zuidelijke deel liggen deze verder uit elkaar (20°C - 60°C).

<sup>4</sup> Potentieel Geothermie van de Gemeentes Katwijk en Noordwijk (IF Technology, 2019)

### 4.3



### TRIAS

Het Trias bestaat uit afwisselend zand- en kleirijke pakketten. Verschillende hiervan zijn in Nederland aangemerkt als potentiële geothermiereservoirs. In het onderzoeksgebied zijn meerdere van deze pakketten afgezet, maar slechts één is dik genoeg voor een rendabel geothermieproject (netto dikte meer dan 20 m): de Onder-Volpriehausen Zandsteen. Dit pakket wordt aangetroffen in het zuidelijke deel van Noord-Holland en in de Flevopolder. Dit pakket wordt aan de boven- en onderkant afgedekt door tientallen meters dikke lagen met een lage doorlaatbaarheid: respectievelijk de Muschelkalk en andere kleilagen uit het Trias. Het is dus niet mogelijk de relatief dunne reservoirdikte te combineren met een nabijgelegen ander reservoir.

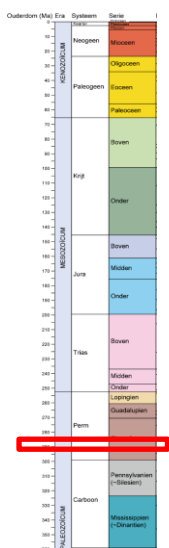
In de Week van de Aardwarmte in 2021 presenteerde EBN een theorie over de doorlaatbaarheid van dit pakket: wegens instroming van (zuur) regenwater zou het Trias langs de rand van het West Nederland Bekken (WNB) uitgeloozd zijn, wat resulteert in een hogere doorlaatbaarheid ([webinar](#)). Dit lijkt echter vooral het geval langs de zuidelijke rand van het WNB (in Brabant) en minder mate in de regio Noord-Holland en Flevoland.

Potentieel reservoir	Eigenschappen	Opmerkingen
Onder-Volpriehausen Zandsteen	De doorlaatbaarheid o.b.v. een regionale poro-perm: 50 - 100 mD. De netto dikte is maximaal 25 m (nabij Alkmaar). De temperatuur van dit pakket ligt naar verwachting tussen de 50 en 100 °C.	Doorlaatbaarheid mogelijk hoger vanwege inspoeling zuur regenwater langs rand bekken (EBN 2021), al lijkt dit in mindere mate van toepassing in het studiegebied.

### Conclusie

Eén van de zandpakketten van het Trias, de Onder-Volpriehausen Zandsteen, is aanwezig in grote delen van het onderzoeksgebied. Echter heeft het pakket een lage dikte en een zeer beperkte doorlaatbaarheid. Om deze redenen is het pakket daarom niet meegenomen in verdere analyses.

### 4.4



### PERM

De Formatie van Slochteren is een zandpakket dat is afgezet in het Perm en dat in bijna het gehele onderzoeksgebied wordt aangetroffen. Het wordt op verschillende plekken in Nederland geschikt geacht voor de winning van aardwarmte. Ook zijn er al meerdere geothermieprojecten binnen het onderzoeksgebied in dit pakket gerealiseerd, waaronder het ECW project in Middenmeer en de ACL en Hoogweg projecten in Luttelgeest.

Potentieel reservoir	Eigenschappen	Opmerkingen
Formatie van Slochteren	Top tussen de 1500 en 3000 m diepte. De dikte is relatief groot, soms zelfs ruim 200 m (zie het geothermieproject van ECW). Ook de doorlaatbaarheid kan hoog zijn, tot zo'n 500 mD. De temperatuur van dit pakket ligt naar verwachting tussen de 50 en 150 °C.	De inspoeling van zuur regenwater en de begravingsgeschiedenis hebben de lokale doorlaatbaarheid beïnvloed.

### Conclusie

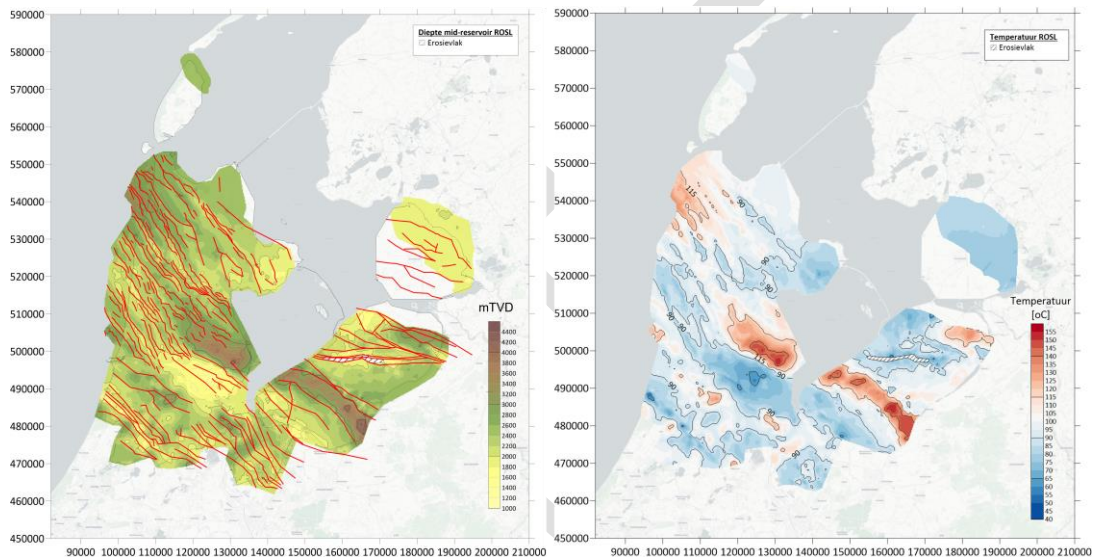
Omdat de Formatie van Slochteren gunstige eigenschappen heeft en er al meerdere geothermische projecten in deze regio warmte uit dit laagpakket produceren, wordt de geothermische potentie in



deze studie verder in kaart gebracht. Om de potentie van de Formatie van Slochteren in kaart te brengen is een volledige petrofysische en seismische analyse uitgevoerd. Hierbij is rekening gehouden met de geologische gebeurtenissen die na afzetting invloed hebben gehad op de kwaliteit van het reservoir: o.a. de begravingsgeschiedenis en uitloging door de inspoeling van zuur regenwater.

#### 4.4.1 Formatie van Slochteren

De Formatie van Slochteren wordt in bijna het gehele projectgebied aangetroffen. De diepte van deze formatie varieert tussen de 1000 en 4000 m. Deze grote diepte resulteert in hoge temperaturen: maximaal 150 °C.



Figuur 4.4 | Links: Diepte van het midden van de Formatie van Slochteren. Rechts: Temperatuur van het midden van de Formatie van Slochteren. Breuken top Slochteren weergegeven in rood.

#### 4.5 CARBOON



In het Carboon zijn in Nederland verschillende typen sediment afgezet: zand, klei en kalksteen. De zanden zijn onderdeel van de Hunze Subgroep en de Dinkel Subgroep. Deze zijn beiden niet afgezet in het studiegebied, maar wel in bijvoorbeeld Zuid-Holland en het oosten van Overijssel, Drenthe en Groningen. De kalkstenen zijn afgezet als onderdeel van de Formatie van Zeeland, wat weer onderdeel is van de Kolenkalk Groep. Deze kalkstenen (ook wel vernoemd naar de tijdsperiode waar ze uit komen, het Dinantiën) worden in Nederland gezien als potentieel voor Ultra Diepe Geothermie (UDG). Echter, door de grote diepte waar ze op liggen is hier weinig over bekend. Kalkstenen hebben veel minder ruimte tussen de korrels dan zandstenen. Water produceren is daarom alleen mogelijk via zogenoemde secundaire permeabiliteit: fractures die na afzetting gevormd zijn en waar het water doorheen kan stromen. Door de grote diepte (dieper dan 4.000 m) en de schaarse informatie is het erg moeilijk te voorspellen waar precies deze fractures aanwezig zijn en waar niet.

#### Conclusie



Door de geringe informatie en de diepe ligging wordt er binnen deze studie geen potentie berekend voor het Dinantiën. Wel is tijdens de interpretatie van de nieuwe SCAN-data, waar mogelijk, de top van het Dinantiën meegekarteerd.

#### 4.6 SAMENVATTING GESCHIKTE LAGEN

##### **Formatie van Slochteren**

De Formatie van Slochteren is een zandpakket met Perm-ouderdom dat in bijna het gehele onderzoeksgebied wordt aangetroffen. De diepteligging is tussen 1500 en 3000 m. Het wordt op verschillende plekken in Nederland, waaronder in noord Noord-Holland en de Noordoostpolder, al gebruikt voor de winning van aardwarmte. De doorlaatbaarheid kan lokaal sterk variëren door de begravingsgeschiedenis en de inspoeling van zuur regenwater. Om de potentie van de Formatie van Slochteren in kaart te brengen is een volledige petrofysische en seismische analyse uitgevoerd. Hierbij is rekening gehouden met de gebeurtenissen die na afzetting invloed hebben gehad op de kwaliteit van het reservoir.

##### **Zanden van de Rijnland Groep en de Schieland Groep**

De Vlieland Zandsteen en de Delfland Zandsteen zijn zandpakketten binnen respectievelijk de Rijnland Groep en de Schieland Groep die mogelijk geschikt zijn voor de winning van aardwarmte. Deze pakketten liggen in sommige gebieden op elkaar, zonder dat hier altijd een duidelijke overgang is waar te nemen. In deze studie zijn deze twee zandpakketten gezamenlijk behandeld. De zandpakketten worden op twee locaties in Noord-Holland aangetroffen, in Flevoland zijn de zandpakketten niet aanwezig. De diepte van deze pakketten is maximaal 1300 m. Om de verbreding van de zandpakketten inzichtelijk te maken is een seismische interpretatie uitgevoerd. De gesteente eigenschappen zijn bepaald met behulp van literatuurdata.

##### **Zand van Brussel**

Dit pakket is aanwezig in het noordoostelijke gedeelte van het studiegebied. De diepte varieert van 700 tot 1300 m en het pakket heeft een maximale dikte van 80 m. Er is weinig log- en kerndata beschikbaar, dus er wordt in de petrofysische analyse gebruik gemaakt van reeds beschikbare data en kaarten.

##### **Overige lagen**

De Formatie van Breda, het Laagpakket van Berg, de Onder Volpriehausen Zandsteen en het Carboon zijn na een eerste analyse afgevalen als geschikte pakketten voor de winning van aardwarmte. De lagen zijn dan ook niet verder uitgewerkt in deze studie.

## 5 Warmtevraag

### 5.1 WARMTEVRAAG VOOR GEOTHERMIE

Naast de ondergrondse potentie van geothermie wordt in deze studie ook onderzocht wat de mate is waarin geothermie kan bijdragen aan de bovengrondse warmtevraag. Hiervoor wordt onderzocht waar de warmtevraag het interessantst is om aan de ondergrondse potentie te kunnen koppelen. Deze koppeling zal vooral technisch van aard zijn, om te leiden tot kansen voor geothermie.

Voor een goede, technische koppeling van geothermie aan de warmtevraag, dient deze aan een aantal voorwaarden te voldoen:

- De warmtevraag dient groot genoeg te zijn. Geothermie kan veel warmte leveren en is pas interessant als er voldoende afzet is.
- Voor de afgifte van geothermische warmte in de gebouwde omgeving is een warmtenet nodig. Voor de aanleg van een warmtenet is een grote warmtevraag concentratie nodig.

Om aan deze voorwaarden te voldoen en een goed vergelijk te kunnen maken is in grote lijnen het onderstaande stappenplan doorlopen.



#### Warmtevraag

De warmtevraag is voor verschillende gebouwen en utiliteiten in kaart gebracht voor de provincies Noord-Holland en Flevoland. Het gaat hierbij om de volgende soorten gebouwen:

- Woningen op gas: Hier zijn de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) gegevens gekoppeld aan gasdatabases.
- Overige woningen: Hierbij is woonoppervlak vermenigvuldigd met het gemiddelde gasverbruik.
- Grootverbruikers (bijv. kantoren en ziekenhuizen): Hierbij is het gebruiksoppervlak vermenigvuldigd met kengetallen voor deze utiliteiten.
- Glastuinbouw: Ook hierbij is de oppervlakte vermenigvuldigd met een kengetal.

Industrie is niet meegenomen in deze warmtevraag analyse, omdat de hoeveelheid gevraagde warmte en gevraagde temperatuur per object sterk kunnen verschillen. Op basis van de geothermische potentiekaarten kan echter wel verkend worden voor de individuele objecten of geothermie een passende oplossing kan zijn. Dit vergelijk op individueel niveau is niet uitgevoerd in deze studie.

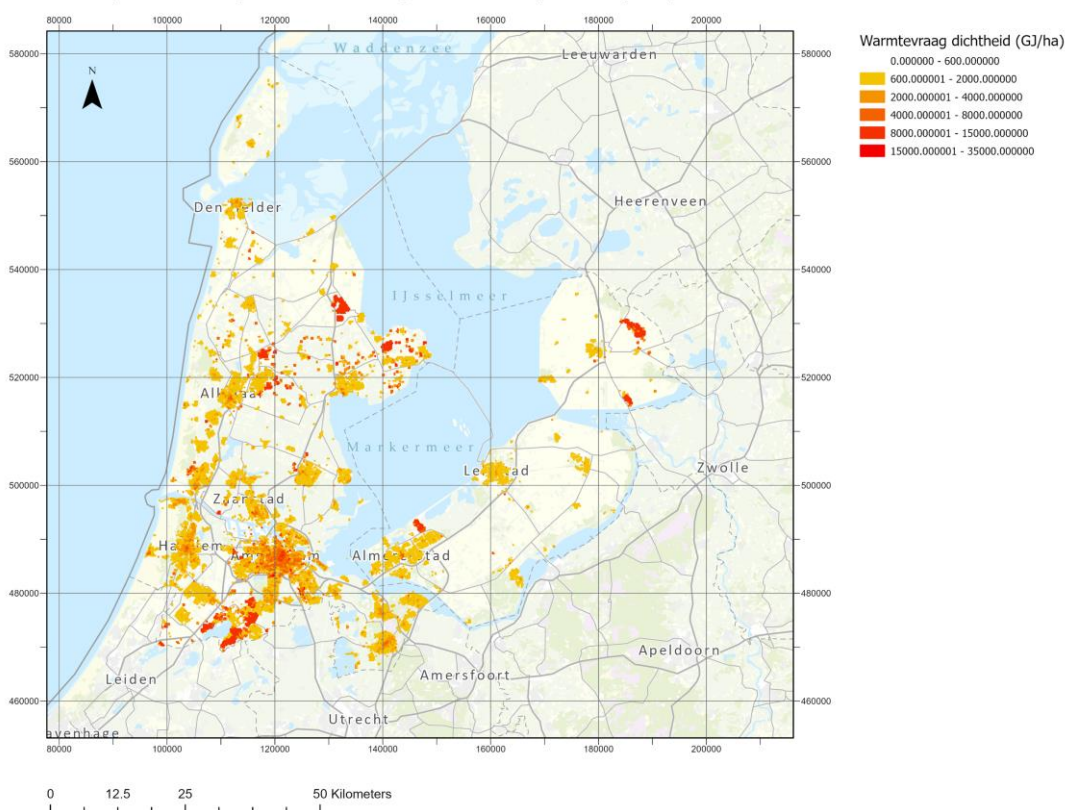
#### Warmtedichtheid

Het studiegebied is ingedeeld in een grid met een celgrootte van 200 x 200 m. Voor elke cel is de warmtevraag binnen de betreffende cel bij elkaar opgeteld, welke leidt tot een warmtedichtheid.

### Geschiktheid voor geothermie

Voor de afzet van geothermische warmte in de gebouwde omgeving is een warmtenet nodig. Om efficiënt een warmtenet aan te kunnen leggen, is voldoende warmtedichtheid nodig. Hiervoor wordt een minimale dichtheid van 600 GJ per hectare gebruikt, overeenkomstig met vergelijkbare studies<sup>5</sup>. Cellen met een lagere warmtedichtheid, zijn niet verder meegenomen (zie ook Figuur 5.1).

Grid (200x200m): warmtevraag dichtheid (GJ/ha/jaar)



Figuur 5.1 | 200 x 200 m grid met de warmtevraag dichtheid (GJ/ha/jaar) voor de provincies Flevoland en Noord-Holland. Grid-cellen met warmtevraag dichtheid lager dan 600 GJ/ha/jaar zijn transparant.

### **Warmteclusters**

Cellen met een warmtedichtheid groter dan 600 GJ/ha/jaar die direct aangrenzend zijn worden aan elkaar geclusterd.

### Geschiktheid voor geothermie

Een geothermiesysteem moet voldoende uren per jaar kunnen draaien. In eerdere studies (b.v. WARM) is gerekend met een minimale warmtevraag van 0,3 PJ (ca 7.500 woningen). Dit komt ongeveer overeen met een geothermiedoublet van 11 MW dat 6.000 uur per jaar draait en 80% van de totale warmtevraag levert (20% piek blijft over). Om in de toekomst projecten met lagere

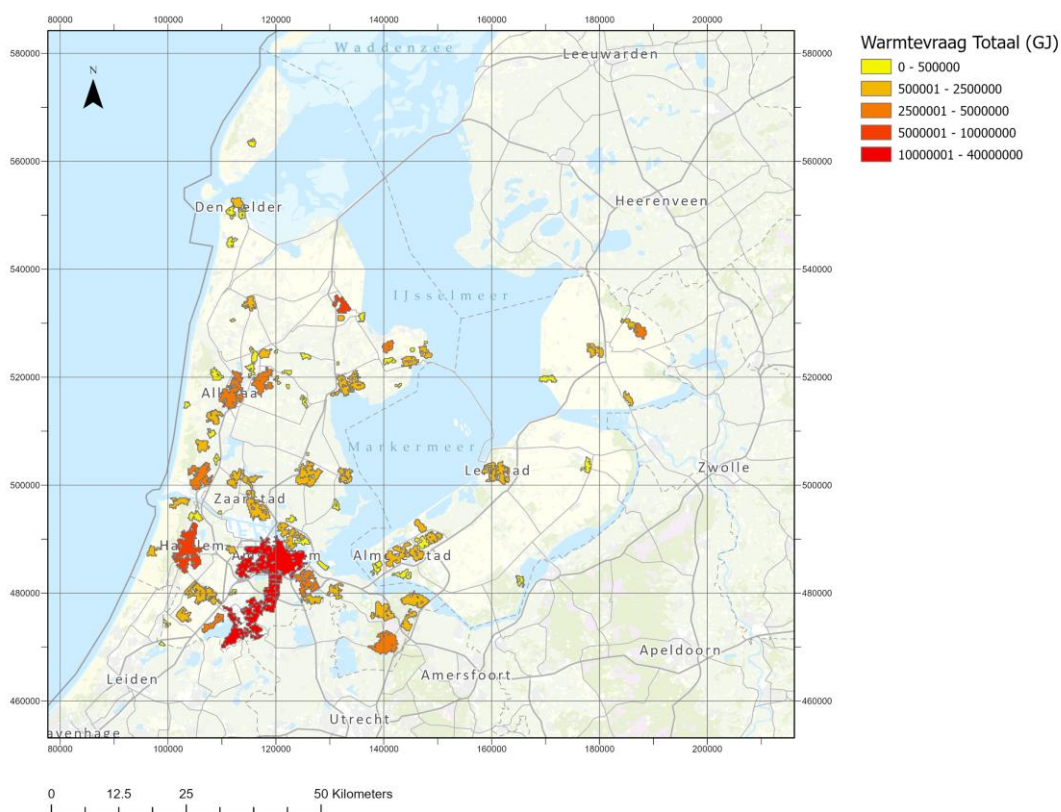
<sup>5</sup> Kruit, K., Schepers, B., Roosjen, R., & Boderie, P. (2018, september). Nationaal potentieel van aquathermie: Analyse en review van de mogelijkheden.

vermogens niet uit te sluiten, wordt in deze studie een ondergrens van 0,2 PJ (ca 5.000 woningen) gehanteerd.

## 5.2 RESULTATEN WARMTEVRAAG

Figuur 5.2 geeft een overzicht van de verschillende warmtecluster die geschikt zijn voor geothermie. Deze warmtecluster worden gebruikt voor de koppeling met de ondergrondse potentie, welk staat beschreven in sectie 6.4.

Warmteclusters (> 0.2 PJ) met een totale gesommeerde warmtevraag in GJ



Figuur 5.2 | Warmteclusters met een absolute warmtevraag > 0.2 PJ. De kleuren geven de absolute warmtevraag (GJ) per cluster weer. Let op: 1 PJ is 1,000,000 GJ.

## 6 Geothermische potentie Noord-Holland en Flevoland

### 6.1 ONDERGRONDSE POTENTIE

Zoals beschreven in hoofdstuk 4 zijn er drie verschillende reservoirs met geothermische potentie. In de geologische analyses die zijn uitgevoerd voor deze studie zijn de diepte, dikte, temperatuur en permeabiliteit (doorlaatbaarheid) van deze drie reservoirs bepaald. Deze parameters vormen de belangrijkste input voor het berekenen van de geothermische potentie.

Daarnaast zijn er een aantal operationele parameters die de potentie beïnvloeden: de retourtemperatuur, het rendement van de pomp, de gewenste COP (Coëfficiënt of Performance), de ondergrondse putafstand, en het ontwerp van de put. De gebruikte waarden zijn beschreven en opgenomen in de technische rapportage.

N.B.: de potentiekaarten zijn opgesteld door middel van een regionale analyse. Hierbij wordt gebruik gemaakt van regionale trends tussen de verschillende reservoir eigenschappen (diepte, porositeit en permeabiliteit). Dit betekent dat de potentiekaarten een indicatie geven van de potentie, en ze maken inzichtelijk in welke gebieden een relatief hoge of juist lage potentie te verwachten is. Omdat de kaarten gebaseerd zijn op regionale trends kan het zo zijn dat de gepresenteerde geothermische potentie enigszins afwijkt van de vermogens van de reeds gerealiseerde geothermieprojecten binnen het studiegebied. Daarbovenop komt dat de operationele parameters voor deze projecten zeer waarschijnlijk ook anders zijn dan de gemiddelde waardes gehanteerd in deze studie. Voorliggend rapport en kaartbladen zijn bedoeld om kansen voor geothermie te identificeren binnen de provincies Noord-Holland en Flevoland. De werkelijke te verwachten vermogens voor een specifieke projectlocatie dienen met een lokale verdieping verder uitgewerkt te worden.

### 6.2 ONZEKERHEDEN

Om een geothermisch potentieel te kunnen berekenen en weergeven is kennis van de ondergrond nodig. Echter, voor grote gebieden is veel van deze informatie niet bekend en wordt ingeschat op basis van de gegevens die wel beschikbaar zijn. Afhankelijk van de hoeveel informatie die beschikbaar is kan de onzekerheid van de potentie groter of kleiner zijn. Ook per gesteente eigenschap (diepte, dikte, temperatuur, permeabiliteit) kan de onzekerheid verschillen. De grootste onzekerheid bestaat meestal rond de permeabiliteit (doorlaatbaarheid) van de reservoirs.

Aangezien de datadichtheid niet over het gehele studiegebied en voor alle drie de bestudeerde formaties gelijk is, is ook de zekerheid waarmee de eigenschappen van de pakketten bepaald kunnen worden niet overal gelijk. Er is daarom voor elk reservoir een onzekerheidskaart opgesteld. Deze kaarten zijn gebaseerd op drie factoren die iets zeggen over de zekerheid van de inschatting van de eigenschappen van het pakket:

- 1) de aanwezigheid van seismische data;
- 2) de beschikbaarheid van putdata;

3) de geologische onzekerheid.

Hieruit komen 4 verschillende categorieën: zeer onzeker (rood), onzeker (geel), redelijk zeker (licht groen) en gemiddeld zeker (donkergroen).

Een gedetailleerdere beschrijving hoe deze kaarten opgesteld zijn is te vinden in de technische bijlage. De kaarten zijn weergegeven bij de potentiekaarten in Figuur 6.1, Figuur 6.2 en Figuur 6.3).

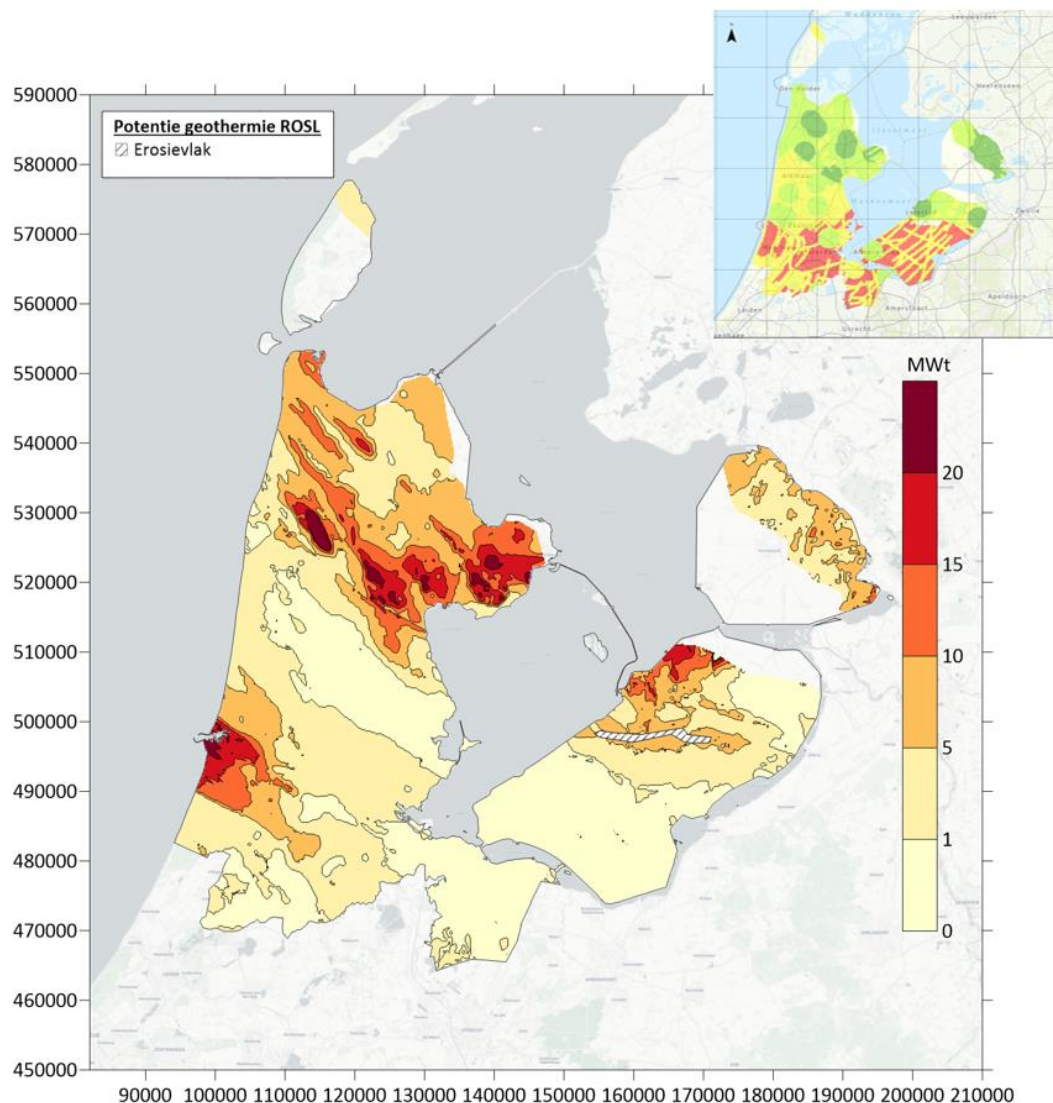
### 6.3 POTENTIEKAARTEN

De resulterende potentiekaarten zijn weergegeven in onderstaande figuren. Bij elke potentiekaart is ook de bijbehorende onzekerheidskaart weergegeven.

#### 6.3.1 Formatie van Slochteren

Figuur 6.1 laat de verwachte geothermische potentie in MW zien voor de Formatie van Slochteren. De potentie in het Formatie van Slochteren varieert van gebieden met minder dan 1 MW tot zones met 25 MW. Op verschillende plekken is een hoge potentie te vinden, vooral langs de opeenvolgende plaatsen Heerhugowaard, Hoorn en Enkhuizen, tussen Schagen en Schoorl, ten westen van IJmuiden en Haarlem, en ten noordoosten van Lelystad. Ook in de overige gebieden is op verschillende plekken een potentie van hoger dan 5 MW te vinden. De potentie in de licht gele gebieden in de zuidelijke delen van Noord-Holland en Flevoland is wel lager. De onzekerheid is hier echter ook groter. Dit komt zowel door een complexere geologie als door een lagere databeschikbaarheid. Aanvullende informatie kan de onzekerheid verkleinen en mogelijk een positiever beeld geven.

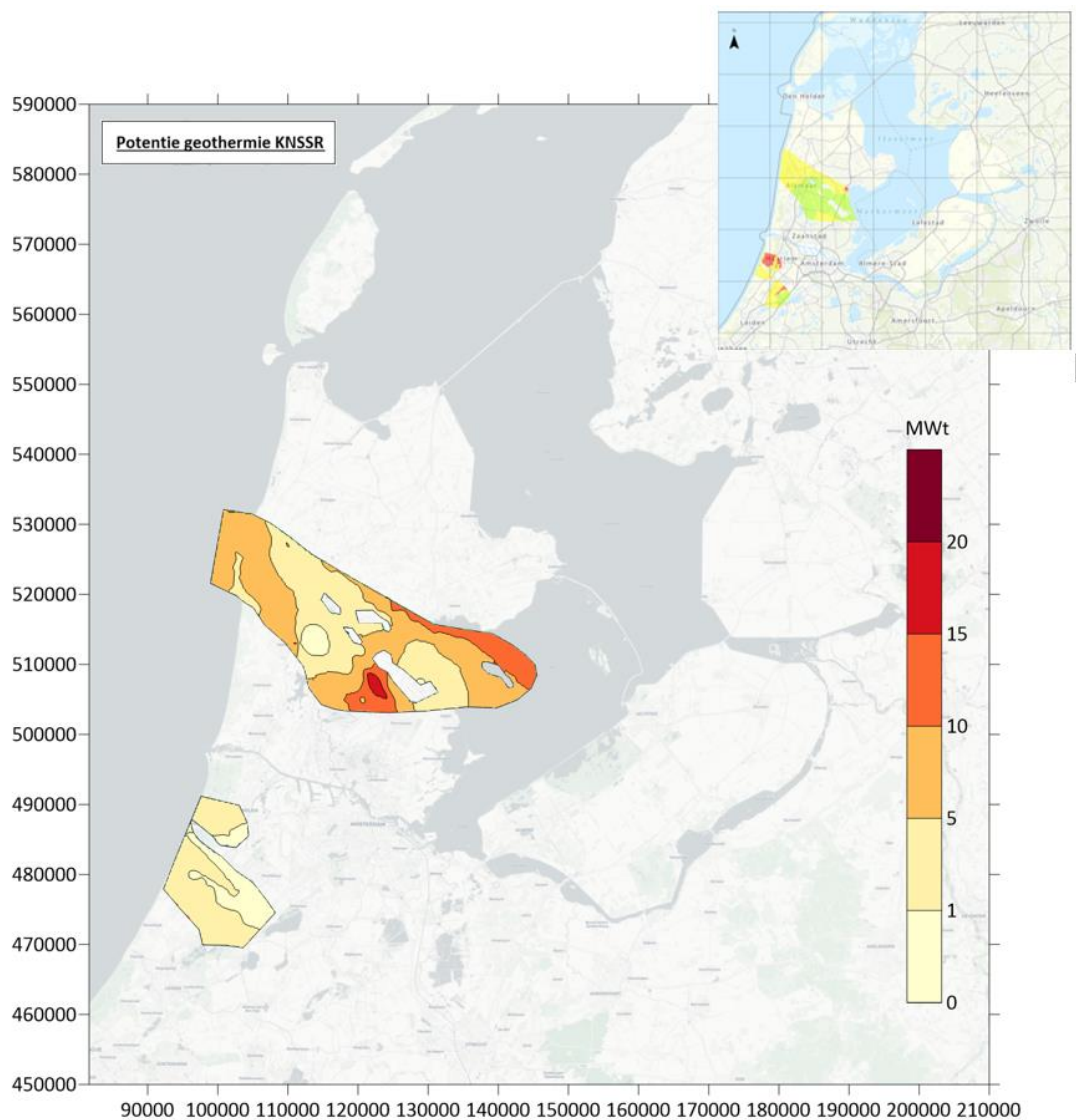




Figuur 6.1 | Potentiekaart Formatie van Slochteren in [MWt].

### 6.3.2 Zanden van de Rijnland Groep en Schieland groep

Figuur 6.2 geeft de potentie voor de Zanden van de Rijnland en de Schieland Groep. Uiteraard wordt alleen potentie weergegeven in de gebieden waar deze zanden aanwezig zijn. De potentiekaart laat zien dat de hoogste potenties aanwezig zijn in het noordelijke deel van Noord-Holland, ten noorden van Purmerend. De potentie varieert hier tussen de 0 en 18 MW. De hoogste potentie wordt behaald ten noordwesten van Purmerend, en het Markermeer ten zuiden van Hoorn. De potentie in het zuidelijke deel van Noord-Holland is lager en bedraagt maximaal 4 MW. De hoogste potentie van dit gebied wordt ten westen van Lisse aangetroffen.

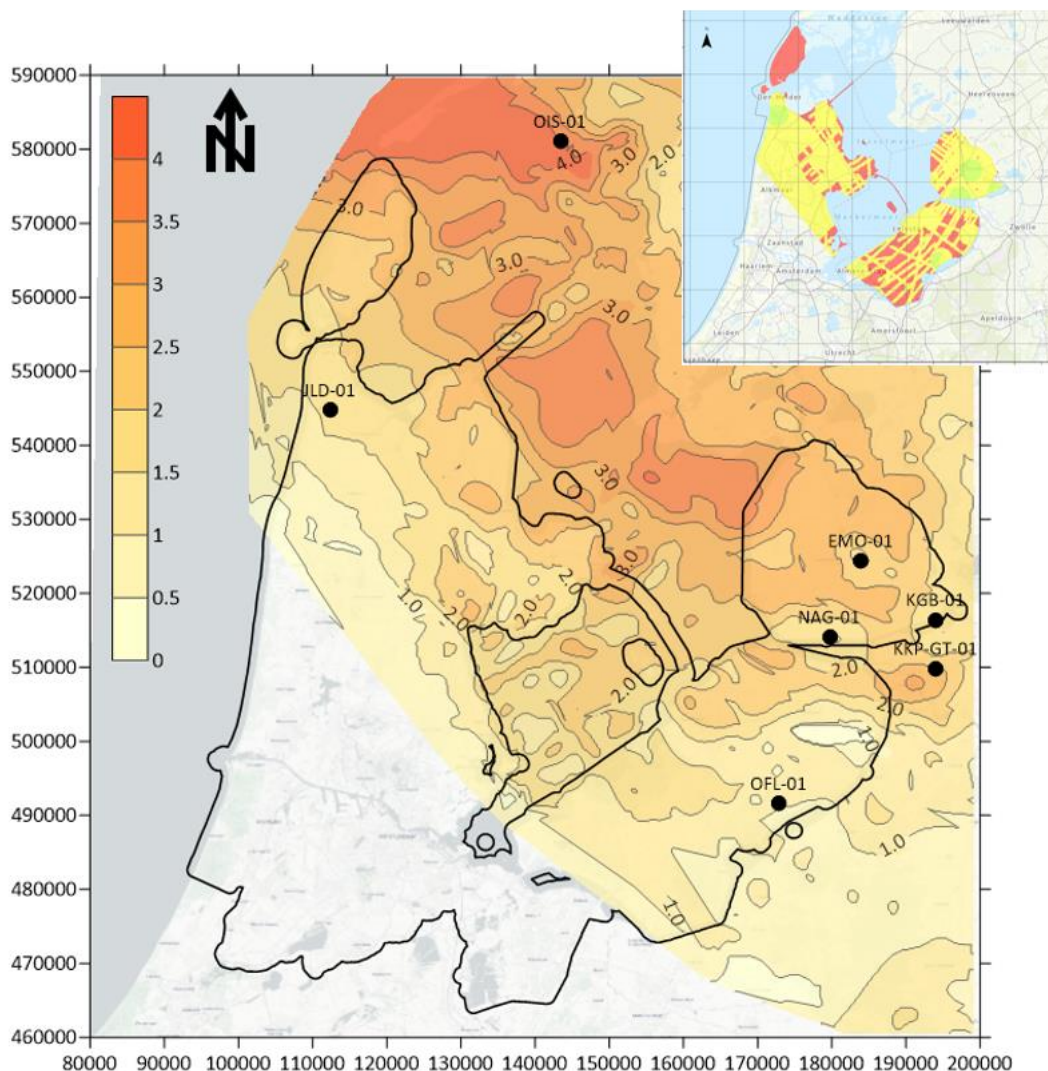


Figuur 6.2 | Potentiekaart van het bestudeerde zandpakket(ten) in de Rijnland Groep en Schieland Groep in [MWt].

### 6.3.3

#### Zand van Brussel

Het Zand van Brussel is alleen aanwezig ten noordwesten van de lijn Alkmaar-Almere. Dit laagpakket ligt redelijk ondiep vergeleken met de Formatie van Slochteren en de zanden uit de Rijnland Groep en Schieland Groep. Hierdoor is de temperatuur ook lager, wat (o.a.) leidt tot een lagere potentie. Toch liggen ook hier mogelijkheden binnen de twee provincies. De potentiekaart (Figuur 6.3) laat zien dat de hoogste potenties aanwezig zijn in de Noordoostpolder en het noordwestelijke deel van Flevoland. De potentie in deze delen varieert tussen de 2 en 3 MW. In het noordelijke en noordoostelijke deel van Noord-Holland bedraagt de potentie om en nabij 2 MW. De potentie neemt in zuidwestelijke richting af tot minder dan 1 MW.



Figuur 6.3 | Potentiekaart Zand van Brussel in [MW].

#### 6.4 KOPPELING MET BOVENGROND

Alle warmteclusters met een totale warmtevraag van meer dan 0.2 PJ (zie hoofdstuk 5) zijn aan de ondergrondse geothermiepotentie gekoppeld.

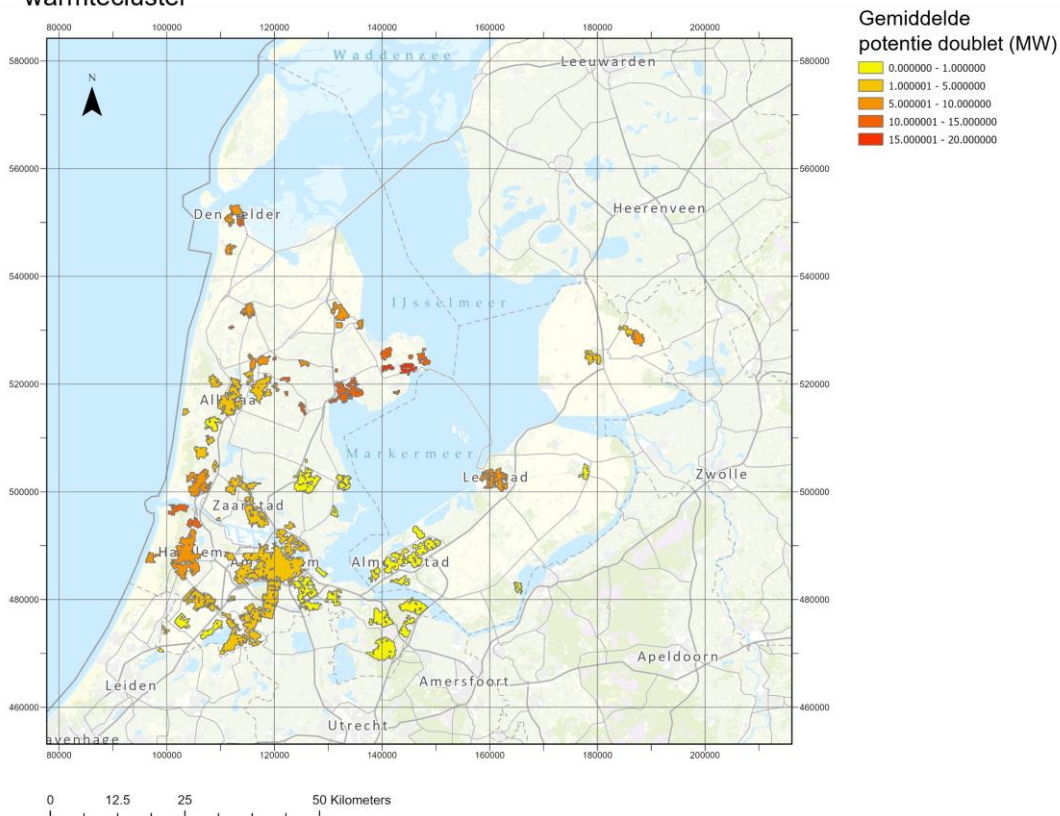
Voor het eerste vergelijk zijn kaarten opgesteld (Figuur 6.4, Figuur 6.5 en Figuur 6.6), die per warmtecluster het gemiddeld te behalen vermogen weergeven. Dit is een eerste indicatie of voor de verschillende clusters geothermie een optie is en zijn hiermee kanskaarten. Namelijk, hoe hoger het verwachte geothermisch vermogen van een doublet, hoe beter passend. Lage geothermische vermogens (0-1 MW) geven ook weer dat de kansen voor geothermie in die clusters laag is. Dit slaat dan uiteraard op de bijbehorende geothermische laag.



### 6.4.1 Kaarten koppeling

Figuur 6.4 geeft de lokale potentie per warmtecluster weer o.b.v. het gemiddelde vermogen dat met een doublet in de Formatie van Slochteren gehaald zou kunnen worden.

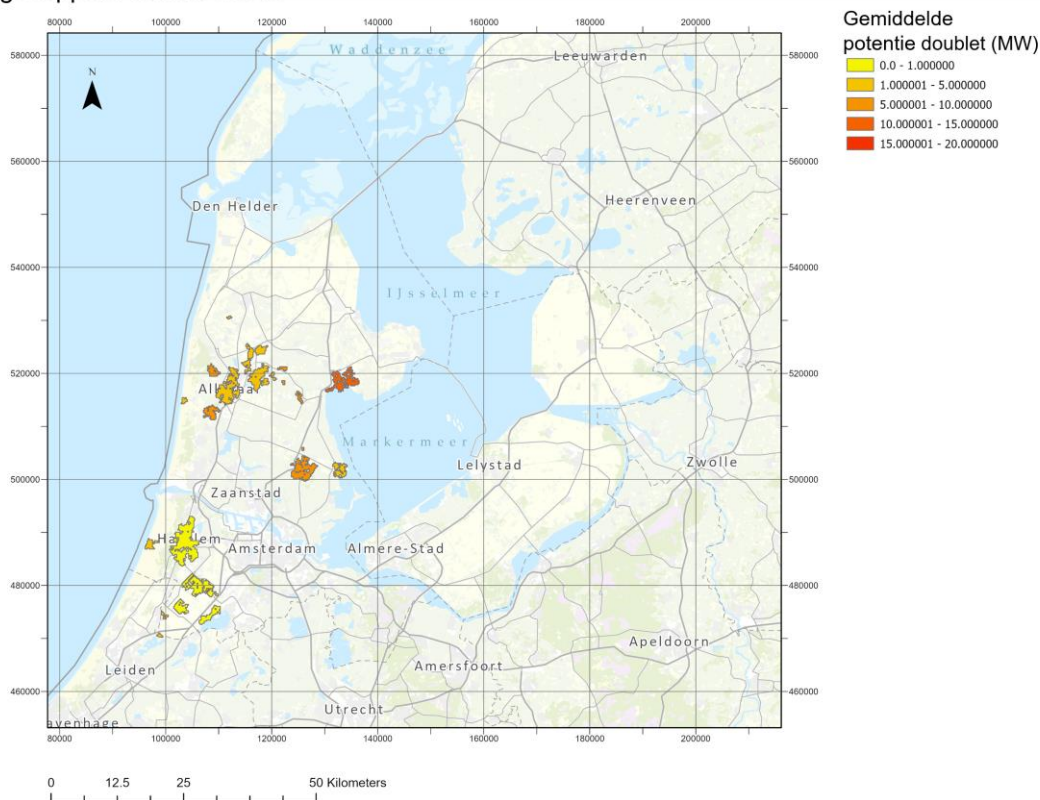
Lokale potentie van een doublet (MW) voor de Slochteren Formatie per gekoppeld warmtecluster



Figuur 6.4 | Lokale potentie van een doublet (MW) voor de Formatie van Slochteren per gekoppeld warmtecluster.

De Formatie van Slochteren is bijna in het gehele studiegebied afgezet. De potentie varieert sterk (Figuur 6.4). Uit de koppeling blijkt dat de potentie voor deze formatie relatief hoog is ( $P > 5.0$  MW) in de warmteclusters in de kop van Noord-Holland (met uitzondering van Texel), West-Friesland, het noordoosten van de Noordoostpolder en de regio's rondom Haarlem en Lelystad (). De potentie van de Formatie van Slochteren valt erg tegen ( $P < 1$  MW) in de regio's Purmerend, Almere en Hilversum. In de regio Amsterdam varieert de potentie van de Formatie van Slochteren sterk, waardoor de gemiddelde potentie binnen het cluster relatief laag is ( $P = \pm 1.6$  MW). Zie de samenvattende tabel in de bijlage voor meer informatie over de potentie van de Formatie van Slochteren per warmtecluster.

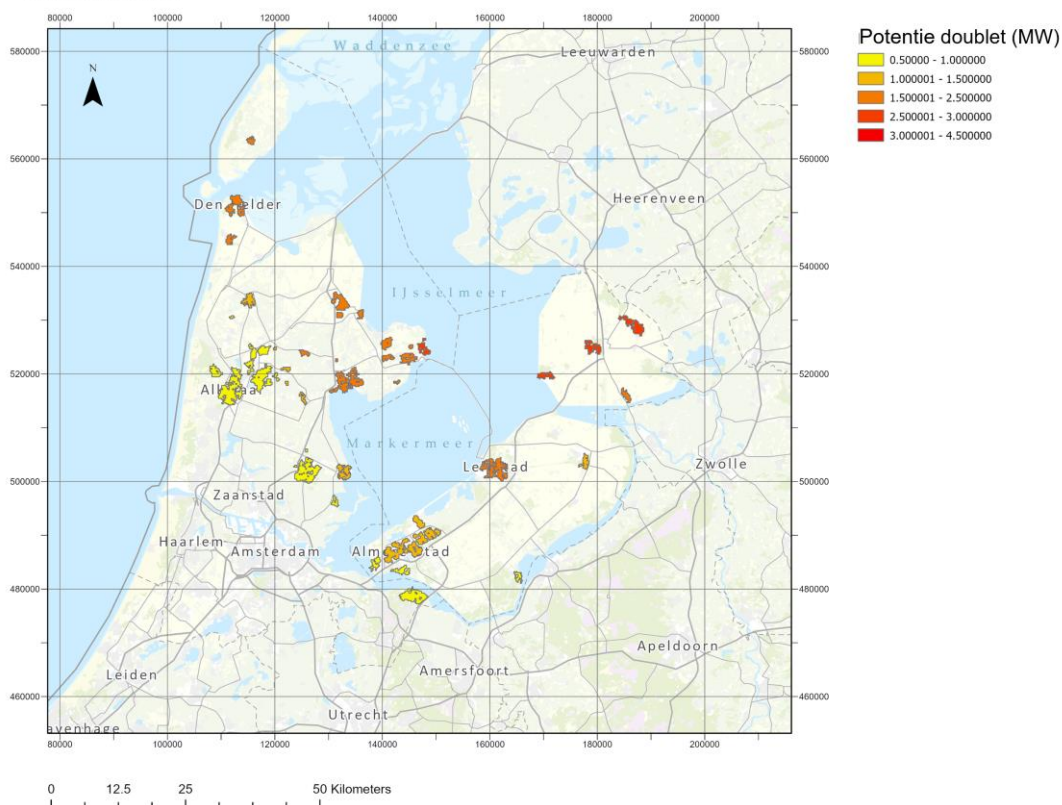
### Lokale potentie van een doublet (MW) voor de Rijnland en Schieland zanden per gekoppeld warmtecluster



Figuur 6.5 | Lokale potentie van een doublet (MW) voor de Rijnland en Schieland zanden per gekoppeld warmtecluster.

De zanden van de Rijnland en Schieland groepen zijn alleen afgezet in de provincie Noord-Holland en hebben daar een sterk variërende potentie (Figuur 7.3). Uit de koppeling blijkt dat de potentie voor deze formatie relatief hoog is voor warmteclusters in Noord-Holland Noord (b.v. Alkmaar, Heiloo, Purmerend en Volendam) (Figuur 6.5). In de regio Noord-Holland Zuid (Haarlem, Hoofddorp en Nieuw-Vennep) is de gemiddelde potentie van een doublet erg laag (< 1.0 MW). Zie de samenvattende tabel in de bijlage voor meer informatie over de potentie van de Rijnland en Schieland groepen per warmtecluster.

### Gemiddelde potentie van een doublet (MW) voor het Zand van Brussel per gekoppeld warmtecluster



Figuur 6.6 | Lokale potentie van een doublet (MW) voor het Zand van Brussel per gekoppeld warmtecluster.

In de provincies Noord-Holland en Flevoland heeft het Zand van Brussel een potentie variërend tussen de 1.0 en 4.5 MW. Uit de koppeling blijkt dat de potentie voor deze formatie het hoogst is in de regio's: Den Helder, Texel, West-Friesland en de Noordoostpolder (Figuur 6.6) en neemt af richting het zuidwesten. Zie de samenvattende tabel in de bijlage voor meer informatie over de potentie van het Zand van Brussel per warmtecluster.



# 7 Conclusies en aanbevelingen

## 7.1 CONCLUSIES

Binnen deze studie is de potentie voor de drie meest belovende reservoirs ingeschat. Diverse koppelmogelijkheden binnen deze twee provincies zijn mogelijk. De bijgevoegde tabellen geven een goed eerste vergelijk met de geschikte warmteclusters. Deze studie is uitgevoerd op provinciale schaal en dient voor mogelijke lokale vervolgen ook lokaal bekeken of verdiept te worden. Mogelijk kunnen dan verschillen ontstaan met deze studie.

Hieronder worden de belangrijkste conclusies per regio gegeven:

- Zuid Noord-Holland. In dit deel van de regio biedt de Formatie van Slochteren goede kansen om en rond Haarlem. Rondom Amsterdam liggen de potentie inschattingen lager. Wel wordt dit gebied gekenmerkt door een complexe geologie en een relatief lage datadichtheid, waardoor voorspellingen onzeker zijn. Nieuwe informatie kan deze onzekerheden verkleinen. Andere geschikte aardlagen zijn niet of nauwelijks aanwezig.
- Midden Noord-Holland. In het gebied rond Purmerend, Alkmaar en Heemskerk is meer data aanwezig. De geothermische potentie kaarten laten hier vooral kansen zien voor de zanden van het Rijnland. Potenties voor de Formatie van Slochteren zijn hier lager.
- Noord Noord-Holland. In dit gebied ligt goede potentie voor de Formatie van Slochteren. Dit biedt kansen voor het ontwikkelen van nieuwe systemen of het uitbreiden van bestaande installaties. Dit geldt niet voor Texel, dat ligt geologisch op het Texel-IJsselmeer hoog, waardoor de Formatie van Slochteren hier niet is afgezet. Mogelijk liggen hier nog mogelijkheden voor het Zand van Brussel, maar het gebrek aan informatie maakt inschattingen zeer onzeker.
- Zuid Flevoland (Almere). Op het eerste oog laten de verschillende potentiekaarten lage waarden zien voor deze regio. Vooral de potentie in het Slochteren ligt hier laag. Wel zijn er eventueel nog mogelijkheden voor het zand van Brussel. Net zoals het zuidelijke deel van Noord-Holland zijn de onzekerheden hier groot, welke verkleind kunnen worden door aanvullende data.
- Midden Flevoland (Lelystad). De Formatie van Slochteren biedt hier goede kansen en er liggen ook mogelijkheden in het Zand van Brussel. De nieuwe SCAN-lijnen in dit gebied geven een goed beeld.
- Noordoostpolder. In het Noordoostelijke deel liggen kans voor geothermie om bestaande systemen uit te breiden. Ook liggen hier nog opties voor het Zand van Brussel.
- Voor het hele gebied geldt dat door de grote onzekerheden geen potentie voor de Kolenkalk van het Dinantiën is aangegeven. Door de zeer geringe hoeveelheid data is hier op dit moment moeilijk een inschatting van te geven.

## 7.2 AANBEVELINGEN

Uit de bovenstaande conclusies kunnen de volgende aanbevelingen worden gemaakt:

- Extra aanvullende data in de vorm van boringen en/of seismiek kan de relatief grote onzekerheden, vooral in het zuidelijke deel van Noord-Holland en Flevoland verkleinen.
- De geplande nieuwe SCAN-boring in het Amstelland geeft waardevolle nieuwe informatie voor het Slochteren in deze regio.

- Er liggen koppelingsmogelijkheden in de regio Purmerend / Alkmaar / Heemskerk met de Zanden van het Rijnland en Schieland. Verdiepend onderzoek kan hier beter inzicht in geven.
- Transitievisie warmtes kunnen worden geüpdateted op basis van de gegevens en resultaten van deze rapportage.
- Ondanks dat de potentie voor het Dinantiën momenteel nog zeer slecht in te schatten is, blijft het interessant om het Ultra Diepe Geothermie-programma (EBN) in de gaten te houden. Nieuwe gegevens en resultaten die uit dit project naar voor komen bieden (op de langere termijn) mogelijk ook kansen voor de provincies Noord-Holland en Flevoland.

CONCEPT

## 8 Referenties

de Haan, H., Ten Veen, J. H., Houben, S., & Kruisselbrink, A. (2020). *Mapping of the Brussels Sand Member in the Netherlands*. 61.

De Jager, J. (2007). Geological development. In *Geology of the Netherlands* (pp. 5-26).

Geel, K., & Foeken, J. (2021). *Formation Evaluation of the Brussels Sand Member in the Netherlands*. 47.

Kombrink, H. (2008). *The Carboniferous of the Netherlands and surrounding areas; a basin analysis*.

Kruit, K., Schepers, B., Roosjen, R., & Boderie, P. (2018, september). *Nationaal potentieel van aquathermie: Analyse en review van de mogelijkheden*.

[https://www.deltares.nl/app/uploads/2018/11/Nationaal\\_potentieel\\_van\\_aquathermie\\_Def.pdf](https://www.deltares.nl/app/uploads/2018/11/Nationaal_potentieel_van_aquathermie_Def.pdf)

# Bijlage 1 - Resultaat tabellen koppeling warmtevraag clusters met ondergrondse potentie

CONCEPT

## 1.1 ZAND VAN BRUSSEL

Clusternaam	Oppervlak (ha)	Warmtevraag Totaal (PJ)	Lokale winbare warmte ZvB (PJ)	Regionale winbare warmte ZvB (PJ)	Warmtevraag voorzien (%) lokaal	Warmtevraag voorzien (%) regionaal
Alkmaar	1528	2.98	0.17	0.38	6	13
Almere	267	0.41	0.10	0.26	25	63
Almere	288	0.43	0.10	0.34	25	79
Almere	332	0.44	0.15	0.61	33	138
Almere	400	0.53	0.15	0.73	29	139
Almere	1352	2.02	0.31	0.81	15	40
Amsterdam IJburg	159	0.48	-	-	-	-
Amsterdam Noord	212	0.41	-	-	-	-
Amsterdam Zuid-Oost	16	0.27	-	-	-	-
Amsterdam Zuid-Oost	368	0.84	-	-	-	-
Amsterdam Zuid-Oost	1060	3.19	-	-	-	-
Amsterdam-Noord	340	0.71	-	-	-	-
Amsterdam-Noord	548	1.43	-	-	-	-
Bergen	316	0.48	0.09	0.24	18	50
Bussum	836	1.45	-	0.03	-	2
Castricum	388	0.57	-	-	-	-
De Goorn	144	0.25	0.09	0.65	37	259
Den Burg	148	0.23	0.39	1.29	167	557
Den Helder	176	0.24	0.17	0.81	72	343
Den Helder	216	0.34	0.32	1.02	95	299
Den Helder	303	0.62	0.17	0.97	27	157
Dronten	268	0.33	0.17	0.82	52	246
Egmond aan Zee	92	0.22	-	-	-	-
Emmeloord	460	0.60	0.35	1.67	57	277
Enkhuizen	305	0.72	0.46	1.44	64	201
Glastuinbouw Almere	272	2.28	0.11	0.56	5	24
Glastuinbouw Andijk	316	2.75	0.10	0.86	4	31
Glastuinbouw Assendelft	32	0.30	-	-	-	-
Glastuinbouw Dirkshoorn- Sint Maarten	36	0.21	0.12	0.41	59	195
Glastuinbouw Enkhuizen	28	0.26	0.22	1.02	87	398
Glastuinbouw Enkhuizen	52	0.40	0.21	1.04	52	262
Glastuinbouw Heerhugowaard	40	0.27	0.09	0.44	33	164

Glastuinbouw	28	0.31	0.03	0.35	10	111
Heerhugowaard						
Glastuinbouw	56	0.54	0.03	0.35	6	64
Heerhugowaard						
Glastuinbouw Lisse	20	0.21	-	-	-	-
Glastuinbouw Lisse	64	0.23	-	-	-	-
Glastuinbouw Luttelgeest	244	2.17	0.49	1.61	22	74
Glastuinbouw Luttelgeest	408	3.52	0.34	1.51	10	43
Glastuinbouw Middenmeer	112	1.03	0.11	0.86	10	84
Glastuinbouw Middenmeer	564	5.17	0.43	1.36	8	26
Glastuinbouw Nagele	224	1.63	0.20	1.18	12	72
Glastuinbouw Rijsenhout	472	3.30	-	-	-	-
Glastuinbouw Sassenheim	53	0.45	-	-	-	-
Glastuinbouw Scharwoude	32	0.30	0.05	0.44	17	149
Glastuinbouw Scharwoude	280	2.31	0.15	0.59	6	25
Glastuinbouw Venhuizen	52	0.27	0.33	0.99	120	361
Glastuinbouw Wognum	24	0.22	0.09	0.75	39	333
Grootebroek	392	0.57	0.19	1.19	33	208
Haarlem-Heemstede	2500	5.35	-	-	-	-
Heemskerk-Beverwijk inclusief glastuinbouw	1256	2.67	-	-	-	-
Heerhugowaard en glastuinbouw	972	2.65	0.19	0.59	7	22
Heiloo	476	0.80	-	0.07	-	8
Hilversum	1348	2.81	-	-	-	-
Hoofddorp	1264	2.01	-	-	-	-
Hoogkarspel	184	0.32	0.16	0.87	51	274
Hoorn	1192	1.79	0.65	1.57	36	88
Huizen	861	1.21	0.09	0.33	8	27
IJmuiden	397	0.79	-	-	-	-
Julianadorp	212	0.28	0.28	0.87	100	313
Landsmeer	144	0.22	-	0.03	-	14
Laren-Blaricum	459	0.64	-	0.09	-	15
Lelystad	1112	1.46	0.56	1.45	38	99
Limmen	148	0.21	-	-	-	-
Medemblik	141	0.22	0.41	1.41	188	647
Monnickendam	146	0.22	0.07	0.38	30	169
Nieuw-Vennep	436	0.59	-	-	-	-



Noord-Scharwoude	232	0.30	0.08	0.44	27	147
Obdam	96	0.23	0.15	0.55	63	237
Purmerend	20	0.21	0.06	0.22	29	107
Purmerend	24	0.23	0.04	0.32	15	136
Purmerend	1232	1.95	0.24	0.55	12	28
Schagen	376	0.53	0.19	0.68	37	129
Schiphol	80	0.28	-	-	-	-
Spanbroek	140	0.31	0.16	0.83	51	264
Stadsregio Amsterdam inclusief glastuinbouw	9494	37.71	-	-	-	-
Uitgeest	124	0.21	-	-	-	-
Urk	281	0.40	0.35	1.30	87	323
Velsenbroek	296	0.45	-	-	-	-
Voetbalstadion Alkmaar	4	0.20	-	0.07	-	33
Volendam	482	0.80	0.27	0.81	33	100
Weesp	435	0.70	-	-	-	-
Wormer-Wormerveer- Krommenie	868	1.36	-	0.02	-	2
Zaanstad-Zaandam	1144	2.26	-	-	-	-
Zandvoort	252	0.51	-	-	-	-
Zeewolde	171	0.23	0.11	0.52	49	226
Zuid-Scharwoude	220	0.42	0.12	0.42	28	101
Zwanenburg	172	0.66	-	-	-	-
Zwanenburg	12	0.99	-	-	-	-

## 1.2 RIJNLAND/SCHIELAND ZANDEN

Cluster naam	Oppervlak (ha)	Warmtevraag Totaal (PJ)	Lokale winbare warmte KN-S (PJ)	Regionale winbare warmte KN-S (PJ)	warmtevraag voorzien (%) lokaal	warmtevraag voorzien (%) regionaal
Alkmaar	1528	2.98	1.23	3.30	41	111
Almere	267	0.41	-	-	-	-
Almere	288	0.43	-	-	-	-
Almere	332	0.44	-	-	-	-
Almere	400	0.53	-	-	-	-
Almere	1352	2.02	-	-	-	-
Amsterdam IJburg	159	0.48	-	-	-	-
Amsterdam Noord	212	0.41	-	-	-	-
Amsterdam Zuid-Oost	16	0.27	-	-	-	-

Amsterdam Zuid-Oost	368	0.84	-	-	-	-
Amsterdam Zuid-Oost	1060	3.19	-	-	-	-
Amsterdam-Noord	340	0.71	-	-	-	-
Amsterdam-Noord	548	1.43	-	-	-	-
Bergen	316	0.48	0.87	2.72	183	569
Bussum	836	1.45	-	-	-	-
Castricum	388	0.57	-	0.20	-	36
De Goorn	144	0.25	0.62	3.26	247	1308
Den Burg	148	0.23	-	-	-	-
Den Helder	176	0.24	-	-	-	-
Den Helder	216	0.34	-	-	-	-
Den Helder	303	0.62	-	-	-	-
Dronten	268	0.33	-	-	-	-
Egmond aan Zee	92	0.22	0.21	1.23	94	550
Emmeloord	460	0.60	-	-	-	-
Enkhuizen	305	0.72	-	-	-	-
Glastuinbouw Almere	272	2.28	-	-	-	-
Glastuinbouw Andijk	316	2.75	-	-	-	-
Glastuinbouw Assendelft	32	0.30	-	-	-	-
Glastuinbouw Dirkshoorn-Sint Maarten	36	0.21	0.18	0.91	85	436
Glastuinbouw Enkhuizen	28	0.26	-	-	-	-
Glastuinbouw Enkhuizen	52	0.40	-	-	-	-
Glastuinbouw Heerhugowaard	40	0.27	0.51	2.22	188	824
Glastuinbouw Heerhugowaard	28	0.31	0.17	1.38	56	444
Glastuinbouw Heerhugowaard	56	0.54	0.17	1.38	32	256
Glastuinbouw Lisse	20	0.21	0.16	0.74	77	356
Glastuinbouw Lisse	64	0.23	0.16	0.93	71	411
Glastuinbouw Luttelgeest	244	2.17	-	-	-	-
Glastuinbouw Luttelgeest	408	3.52	-	-	-	-
Glastuinbouw Middenmeer	112	1.03	-	-	-	-
Glastuinbouw Middenmeer	564	5.17	-	-	-	-
Glastuinbouw Nagele	224	1.63	-	-	-	-

Glastuinbouw	472	3.30	0.03	0.22	1	7
Rijsenhout						
Glastuinbouw	53	0.45	0.23	0.83	53	186
Sassenheim						
Glastuinbouw	32	0.30	-	0.63	-	211
Scharwoude						
Glastuinbouw	280	2.31	0.63	1.27	27	55
Scharwoude						
Glastuinbouw Venhuizen	52	0.27	-	1.19	-	433
Glastuinbouw Wognum	24	0.22	-	-	-	-
Grootebroek	392	0.57	-	-	-	-
Haarlem-Heemstede	2500	5.35	0.25	0.56	5	10
Heemskerk-Beverwijk inclusief glastuinbouw	1256	2.67	-	-	-	-
Heerhugowaard en glastuinbouw	972	2.65	0.87	2.15	33	81
Heiloo	476	0.80	0.79	1.71	99	215
Hilversum	1348	2.81	-	-	-	-
Hoofdorp	1264	2.01	0.08	0.32	4	16
Hoogkarspel	184	0.32	-	-	-	-
Hoorn	1192	1.79	0.93	2.84	52	159
Huizen	861	1.21	-	-	-	-
IJmuiden	397	0.79	-	-	-	-
Julianadorp	212	0.28	-	-	-	-
Landsmeer	144	0.22	-	-	-	-
Laren-Blaricum	459	0.64	-	-	-	-
Lelystad	1112	1.46	-	-	-	-
Limmen	148	0.21	-	0.79	-	372
Medemblik	141	0.22	-	-	-	-
Monnickendam	146	0.22	-	-	-	-
Nieuw-Vennep	436	0.59	0.12	0.64	21	109
Noord-Scharwoude	232	0.30	0.54	1.40	178	463
Obdam	96	0.23	0.47	1.92	203	822
Purmerend	20	0.21	0.97	2.38	471	1161
Purmerend	24	0.23	0.40	3.18	171	1357
Purmerend	1232	1.95	1.55	3.31	80	170
Schagen	376	0.53	-	-	-	-
Schiphol	80	0.28	-	0.00	-	1
Spanbroek	140	0.31	-	0.73	-	234

Stadsregio Amsterdam inclusief glastuinbouw	9494	37.71	-	0.03	-	0
Uitgeest	124	0.21	-	0.51	-	247
Urk	281	0.40	-	-	-	-
Velsenbroek	296	0.45	-	0.12	-	27
Voetbalstadion Alkmaar	4	0.20	0.27	1.51	132	739
Volendam	482	0.80	0.13	0.89	16	110
Weesp	435	0.70	-	-	-	-
Wormer-Wormerveer- Krommenie	868	1.36	-	1.09	-	80
Zaanstad-Zaandam	1144	2.26	-	-	-	-
Zandvoort	252	0.51	0.29	0.56	56	109
Zeewolde	171	0.23	-	-	-	-
Zuid-Scharwoude	220	0.42	0.51	1.94	121	460
Zwanenburg	172	0.66	-	-	-	-
Zwanenburg	12	0.99	-	-	-	-

### 1.3 FORMATIE VAN SLOCHTEREN

Clusternaam	Oppervlak (ha)	Warmtevraag Totaal (PJ)	Lokale winbare warmte ROSL (PJ)	Regionale winbare warmte ROSL (PJ)	warmtevraag voorzien (%) lokaal	Percentage warmtevraag (%) regionaal
Alkmaar	1528	2.98	0.36	1.75	12	59
Almere	267	0.41	0.01	0.09	2	22
Almere	288	0.43	0.00	0.05	1	11
Almere	332	0.44	0.00	0.02	1	5
Almere	400	0.53	0.00	0.02	0	3
Almere	1352	2.02	0.03	0.04	2	2
Amsterdam IJburg	159	0.48	0.05	0.35	11	73
Amsterdam Noord	212	0.41	0.16	0.95	39	233
Amsterdam Zuid-Oost	16	0.27	0.06	0.39	21	145
Amsterdam Zuid-Oost	368	0.84	0.09	0.42	11	51
Amsterdam Zuid-Oost	1060	3.19	0.23	0.75	7	23
Amsterdam-Noord	340	0.71	0.43	1.39	61	196
Amsterdam-Noord	548	1.43	0.43	1.36	30	95
Bergen	316	0.48	0.25	1.14	51	240
Bussum	836	1.45	0.00	0.03	0	2
Castricum	388	0.57	0.61	1.98	107	348
De Goorn	144	0.25	1.16	5.61	464	2248
Den Burg	148	0.23	-	-	-	-
Den Helder	176	0.24	0.89	3.51	378	1493
Den Helder	216	0.34	1.52	3.16	445	926
Den Helder	303	0.62	0.77	2.45	124	394
Dronten	268	0.33	0.05	0.91	15	270

Egmond aan Zee	92	0.22	0.38	0.77	172	345
Emmeloord	460	0.60	0.11	0.76	18	127
Enkhuizen	305	0.72	0.99	4.21	138	588
Glastuinbouw Almere	272	2.28	0.00	0.02	0	1
Glastuinbouw Andijk	316	2.75	0.56	5.35	21	195
Glastuinbouw Assendelft	32	0.30	0.17	1.99	58	667
Glastuinbouw Dirkshoorn-Sint Maarten	36	0.21	2.00	4.47	955	2138
Glastuinbouw Enkhuizen	28	0.26	0.38	2.61	150	1017
Glastuinbouw Enkhuizen	52	0.40	0.97	4.69	243	1180
Glastuinbouw Heerhugowaard	40	0.27	1.25	4.52	463	1678
Glastuinbouw Heerhugowaard	28	0.31	0.29	3.16	94	1017
Glastuinbouw Heerhugowaard	56	0.54	0.29	3.16	54	586
Glastuinbouw Lisse	20	0.21	0.11	0.28	54	133
Glastuinbouw Lisse	64	0.23	0.11	0.28	50	125
Glastuinbouw Luttelgeest	244	2.17	0.83	2.54	38	117
Glastuinbouw Luttelgeest	408	3.52	0.80	2.81	23	80
Glastuinbouw Middenmeer	112	1.03	0.31	2.61	30	253
Glastuinbouw Middenmeer	564	5.17	1.07	3.43	21	66
Glastuinbouw Nagele	224	1.63	-	0.41	-	25
Glastuinbouw Rijsenhout	472	3.30	0.10	0.55	3	17
Glastuinbouw Sassenheim	53	0.45	0.06	0.26	14	59
Glastuinbouw Scharwoude	32	0.30	0.50	3.96	167	1331
Glastuinbouw Scharwoude	280	2.31	1.60	5.01	69	217
Glastuinbouw Venhuizen	52	0.27	1.80	5.37	656	1962
Glastuinbouw Wognum	24	0.22	0.55	4.62	245	2055
Grootebroek	392	0.57	1.31	5.74	230	1003
Haarlem-Heemstede	2500	5.35	3.65	8.22	68	154
Heemskerk-Beverwijk inclusief glastuinbouw	1256	2.67	1.59	5.50	59	206
Heerhugowaard en glastuinbouw	972	2.65	1.20	4.54	45	172

Heiloo	476	0.80	0.15	0.83	19	104
Hilversum	1348	2.81	0.08	0.22	3	8
Hoofddorp	1264	2.01	0.43	1.92	21	96
Hoogkarspel	184	0.32	1.52	6.43	479	2026
Hoorn	1192	1.79	3.97	9.67	222	541
Huizen	861	1.21	0.07	0.13	5	11
IJmuiden	397	0.79	2.55	7.27	322	916
Julianadorp	212	0.28	1.46	3.94	524	1414
Landsmeer	144	0.22	0.23	0.97	102	437
Laren-Blaricum	459	0.64	0.02	0.10	3	16
Lelystad	1112	1.46	2.22	5.72	152	391
Limmen	148	0.21	0.16	1.11	74	525
Medemblik	141	0.22	1.35	3.98	617	1824
Monnickendam	146	0.22	0.00	0.13	0	58
Nieuw-Vennep	436	0.59	0.14	0.46	23	79
Noord-Scharwoude	232	0.30	1.24	4.74	410	1569
Obdam	96	0.23	1.71	5.25	735	2255
Purmerend	20	0.21	0.00	0.05	0	26
Purmerend	24	0.23	0.00	0.40	2	169
Purmerend	1232	1.95	0.11	0.84	6	43
Schagen	376	0.53	1.65	5.33	312	1008
Schiphol	80	0.28	0.35	1.31	124	469
Spanbroek	140	0.31	0.76	5.49	242	1744
Stadsregio Amsterdam inclusief glastuinbouw	9494	37.71	1.93	4.18	5	11
Uitgeest	124	0.21	0.25	1.56	119	748
Urk	281	0.40	-	0.00	-	0
Velsenbroek	296	0.45	1.89	6.39	420	1420
Voetbalstadion Alkmaar	4	0.20	0.02	0.25	9	124
Volendam	482	0.80	0.07	0.25	9	31
Weesp	435	0.70	0.00	0.14	1	20
Wormer-Wormerveer- Krommenie	868	1.36	0.70	2.09	51	153
Zaanstad-Zaandam	1144	2.26	0.91	2.24	40	99
Zandvoort	252	0.51	0.90	2.69	176	524
Zeewolde	171	0.23	0.00	0.02	1	10
Zuid-Scharwoude	220	0.42	0.48	3.08	113	731
Zwanenburg	172	0.66	0.50	2.03	76	308
Zwanenburg	12	0.99	0.23	1.47	24	150



IF Technology **Creating energy**



Velperweg 37  
6824 BE Arnhem  
Postbus 605  
6800 AP Arnhem

T 026 35 35 555  
E [info@iftechnology.nl](mailto:info@iftechnology.nl)  
I [www.iftechnology.nl](http://www.iftechnology.nl)

NL60 RABO 0383 9420 47  
KvK Arnhem 09065422  
BTW nr. NL801045599B01

IF Technology **Creating energy**