

Potentieonderzoek geothermie Noord-Holland en Flevoland

Publieksrapportage





Datum 10 november 2022
Referentie 72125/JK/20221110_PR
Betreft Publieksrapportage - Potentieonderzoek geothermie Noord-Holland/provincie Flevoland
Behandeld door Lara Borst, Quinten Boersma, Jasper Kwee
Gecontroleerd door Roel Dirkx, Nick Buik
Versienummer 1.3

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

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.

Deze studie heeft zich gericht op het onderzoeken van de geothermische potenties. Binnen deze studie is geen analyse van de risico's vanuit de ondergrond gemaakt. Dit dient in een lokaal, verdiepende studie onderzocht te worden, wanneer vervolgstappen voor geothermie genomen worden. Voor meer informatie over de risico's van geothermie zie ook: <https://allesoveraardwarmte.nl/veiligheid/>.

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

De ondergrond bestaat uit verschillende (gesteente-)lagen, die zijn op te delen in groepen, formaties en laagpakketten. In de ondergrond van de provincies Noord-Holland en Flevoland zijn drie verschillende waterhoudend gesteentepakketten (reservoirs) aanwezig die geothermische potentie bieden.

- I. De Formatie van Slochteren. De Formatie van Slochteren is een zandpakket dat in bijna het gehele onderzoeksgebied wordt aangetroffen. Deze formatie ligt op een diepte tussen de 1500 en 3000 m en 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 weinig log- en kerndata beschikbaar, dus potentie inschattingen zijn onzeker.

Binnen deze studie is de potentie voor deze drie reservoirs ingeschat. Binnen deze twee provincies zijn diverse koppelmogelijkheden met de bovengrondse warmtevraag mogelijk. Deze studie is uitgevoerd op provinciale schaal en dient voor mogelijke lokale vervolgen ook lokaal bekeken of verdiept te worden. Dan kunnen verschillen ontstaan met deze studie.

Hieronder worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen per regio gegeven:

- Midden Flevoland (Lelystad) en de Noordoostpolder. De Formatie van Slochteren biedt zeer goede kansen bij Lelystad. Ook in het noordoostelijke deel van de Noordoostpolder is

Formatie van Slochteren zeer kansrijk. Hier zijn ook al geothermieprojecten gerealiseerd. Voor het Zand van Brussel liggen er vooral kansen in de gemeentes Noordoostpolder en Urk. Wel zijn door de ondiepere ligging en daarmee gepaarde lagere temperaturen de verwachte potenties (± 3.0 MWt) voor Het Zand van Brussel niet zo hoog als die voor de Formatie van Slochteren worden voorspeld door de, maar ondiepere ligging zijn de kosten voor een geothermie-systeem ook lager.

- Met de resultaten van deze studie kunnen nieuwe lokale haalbaarheidsstudies worden uitgevoerd. Met behulp van deze nieuwe studies kunnen vervolgens bestaande systemen worden uitgebreid en/of kan er naar nieuwe locaties voor aardwarmte worden gezocht.
- **Zuid Flevoland (Almere) en 't Gooi.** Binnen de deelregio Zuid Flevoland (Almere) en 't Gooi is enkel het de Formatie van Slochteren aanwezig. De gepresenteerde resultaten in dit gebied zijn zeer onzeker door het de lage datadichtheid. Berekende base-case potenties zijn in dit deelgebied relatief laag. Echter, de high case potentiekaarten laten zien dat er kansen zijn voor geothermie nabij Huizen, Blaricum en Hilversum, met berekende vermogens variërend tussen ± 4 en ± 6 MWt.
 - Nieuwe data voegt in dit gebied veel informatie toe en kan deze onzekerheid flink verkleinen. Zowel nieuwe boorputgegevens (uit het SCAN-programma of aanvullend) en nieuwe seismische data zijn een goede vervolgstap om hier invulling aan te geven.
- **Noord Holland-Zuid (Amsterdam, Haarlem).** Dit gebied wordt gekenmerkt door een complexe geologie en een relatief lage datadichtheid, waardoor voorspellingen onzeker zijn. Met deze onzekerheid in het achterhoofd, heeft de Formatie van Slochteren goede kansen in en rond Heemskerk-Velsen-IJmuiden-Haarlem. Rondom Amsterdam liggen de potentie-inschattingen iets lager. Hier is mogelijk wel een voor geothermie geschikt zandlichaam aanwezig uit de Rijnland- Schieland Groep. Er zijn momenteel echter nog te weinig gegevens om een inschatting van de aanwezigheid en het geothermisch potentieel te maken.
 - Net als in de regio Zuid Flevoland en 't Gooi kan aanvullende data de onzekerheid hier flink verkleinen. Dit kan zowel seismische data zijn als nieuwe informatie uit boorgegevens (uit het SCAN-programma of aanvullend).
- **Noord-Holland Midden.** De ingeschatte potenties voor de Formatie van Slochteren zijn in dit gebied redelijk onzeker. De kaarten geven aan dat in dit deelgebied kansen voor geothermie liggen aan de noordkant van Purmerend en in de regio's Alkmaar, Heerhugowaard en Castricum. Ook de potentie voor de Rijnland-Schieland zanden zijn in dit gebied redelijk onzeker. In de regio's Alkmaar, Bergen, Castricum en Purmerend kansen liggen voor warmtewinning uit de Rijnland-Schieland zanden. Vergeleken met de potentie in de Formatie van Slochten geldt wel dat over het algemeen de potentie voor de Zanden van de Rijnland en Schieland groep lager is.
 - Op basis van de van resultaten in deze studie en additionele lokale putgegevens kunnen locatie specifieke haalbaarheidsstudies worden uitgevoerd. Met behulp van deze nieuwe studies kunnen bestaande onzekerheden worden aanzienlijk worden verkleind. Ook kunnen er basis van deze studies verdere vervolgstappen worden gedefinieerd en kan er naar mogelijk nieuwe locaties voor aardwarmte worden gezocht.
- **Noord-Holland Noord.** De Formatie van Slochteren biedt zeer goede kansen voor grote delen van de deelregio Noord-Holland noord. In Andijk en Middenmeer zijn ook al uiterst succesvolle geothermieprojecten gerealiseerd. Met uitzondering van het uiterste noorden

is op Texel de Formatie van Slochteren afwezig. Voor het Zand van Brussel liggen er vooral kansen in de regio's West-Friesland, Middenmeer en Texel. Wel zijn door de ondiepere ligging en daarmee gepaarde lagere temperaturen de verwachte potenties ($\pm 2.5 - 3.0$ MWt) voor Het Zand van Brussel niet zo hoog als die voor de Formatie van Slochteren worden voorspelt.

- Voor Noord-Holland noord kunnen met behulp van resultaten nieuwe lokale haalbaarheidsstudies worden uitgevoerd. Met behulp van deze nieuwe studies kunnen vervolgens bestaande systemen worden uitgebreid en/of kan er naar nieuwe locaties voor aardwarmte worden gezocht.
- 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 geen inschatting van te geven.
 - 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.

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	3
1 Inleiding	8
1.1 Introductie	8
1.2 Doel 8	
1.3 PProces	8
1.4 Leeswijzer	9
2 Geothermie	10
2.1 Wat is geothermie	10
2.1.1 Ondergrondse geschiktheid	11
2.2 SCAN-programma	11
2.3 Beschikbare data - provincie Noord-Holland en Flevoland	11
3 De ondergrond	13
3.1 Algemene geologische geschiedenis	13
3.2 Structurele elementen	15
4 Selectie van geschikte aardlagen	16
4.1 Kenozoicum	17
4.1.1 Zand van Brussel	18
4.2 Jura/Krijt	18
4.2.1 Vlieland Zandsteen en Laagpakket van Alblasserdam	19
4.3 Trias20	
4.4 Perm	21
4.4.1 Formatie van Slochteren	21
4.5 Carboon	22
4.6 Samenvatting geschikte lagen	22
5 Warmtevraag	25
5.1 Warmtevraag voor geothermie	25
5.2 Resultaten warmtevraag	27
6 Geothermische potentie Noord-Holland en Flevoland	28
6.1 Ondergrondse potentie	28
6.2 Onzekerheden	29
6.3 Potentiekaarten	30
6.3.1 Formatie van Slochteren	30
6.3.2 Zanden van de Rijnland Groep en Schieland groep	31
6.3.3 Zand van Brussel	32
6.4 Koppeling met bovengrond	34
6.4.1 Kaarten koppeling	35
6.5 Resultaten - subgebieden	37
6.5.1 Midden Flevoland (Lelystad) en de Noordoostpolder	37
6.5.2 Zuid Flevoland (Almere) en 't Gooi	39
6.5.3 Noord-Holland Zuid (Amsterdam, Haarlem)	40
6.5.4 Noord-Holland Midden	42

6.5.5 Noord-Holland Noord	44
7 Conclusies en aanbevelingen	45
7.1 Conclusies en aanbevelingen	45
Bijlage 1 - Resultaat tabellen koppeling warmtevraag clusters met ondergrondse potentie	47
Bijlage 2 - Inputdata voor de potentieberekening	59

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 CO₂ neutraal te maken.

De vraag is of en hoe geothermie kan bijdragen tot de verduurzamingsdoelen, omdat de ondergrondse potentie niet altijd goed bekend is. Dit wordt, in bepaalde gebieden in Nederland, mede veroorzaakt door een gebrek aan informatie over de eigenschappen van de ondergrond. 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, waaronder lijnen in de MRA 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) Kaarten in GIS formaat met als belangrijkste de ondergrondse potentiekaart aardwarmte;

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 geothermieprojecten.

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 sessies met een klankbordgroep¹ 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.

¹ KLANKBORDGROEP

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

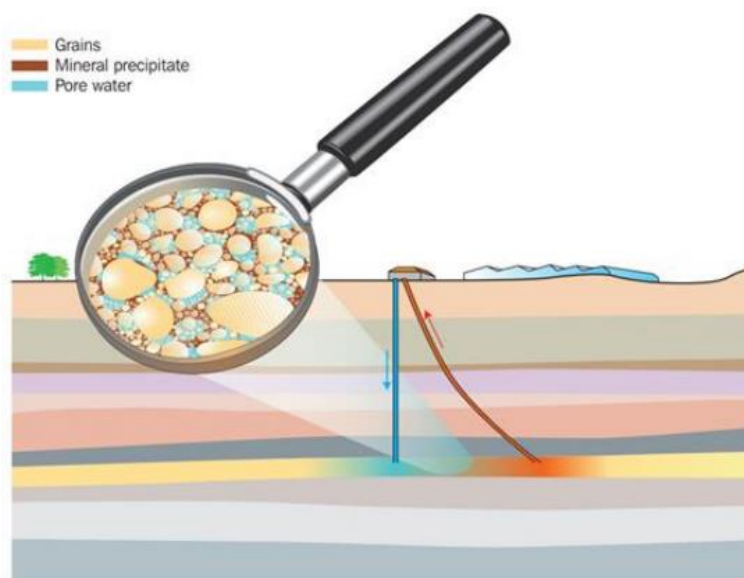
2 Geothermie

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 waterhoudende laag. 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 dat de temperatuur bij de productieput te snel afneemt. Een productieput en een injectieput worden samen een doublet genoemd.

Geothermie is een constante bron, die onafhankelijk van seizoensinvloeden als zon en wind, het hele jaar warmte (geen koude) kan leveren. Tegelijkertijd zijn de kosten voor aanleg van een geothermiesysteem hoog. Geothermie is daarom (pas) rendabel als de warmte maximaal benut kan worden, bijvoorbeeld door geothermie in te zetten als basislast bij een grote geconcentreerde warmtevraag van 4000 tot 7000 woningequivalenten².

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



Figuur 2.1 | Basisprincipes geothermie (niet op schaal). De rode productieput onttrekt water uit een aardlaag, die geschikt is voor geothermie. Bovengronds wordt de warmte uit het water gehaald m.b.v. een warmtewisselaar. Het afgekoelde water wordt via de (blauwe) injectie put in dezelfde laag teruggepompt.

² <https://warmtenetwerk.nl/aardwarmteinwarmtenetten/>

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, ook wel putgegevens genoemd, 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 delen van Nederland is in het verleden veel onderzoek gedaan naar het voorkomen van olie- en gasvelden, maar in andere regio's is weinig tot geen onderzoek gedaan t.b.v. olie- en gasexploratie. 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 Nederland³) 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.

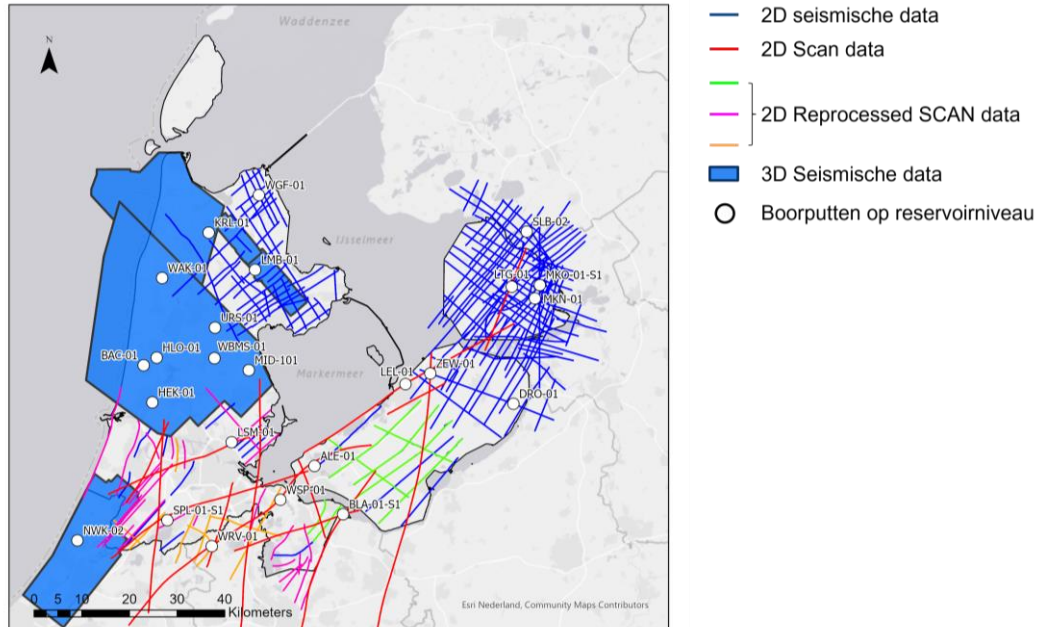
Als onderdeel van dit SCAN-programma is nieuwe seismische data verzameld, zo ook in de provincies Noord-Holland en Flevoland. Bij seismisch onderzoek worden geluidsgolven de grond in gestuurd. Deze weerkaatsten op verschillende gelaagdheden in de ondergrond en worden weer ontvangen door geofoons aan 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 zijn zoekgebieden aangewezen, o.a. in de Amstelland regio, waar mogelijk, na aanvullend seismisch onderzoek, een onderzoeksboring uitgevoerd zal worden.

2.3 BESCHIKBARE DATA - PROVINCIE NOORD-HOLLAND EN FLEVOLAND

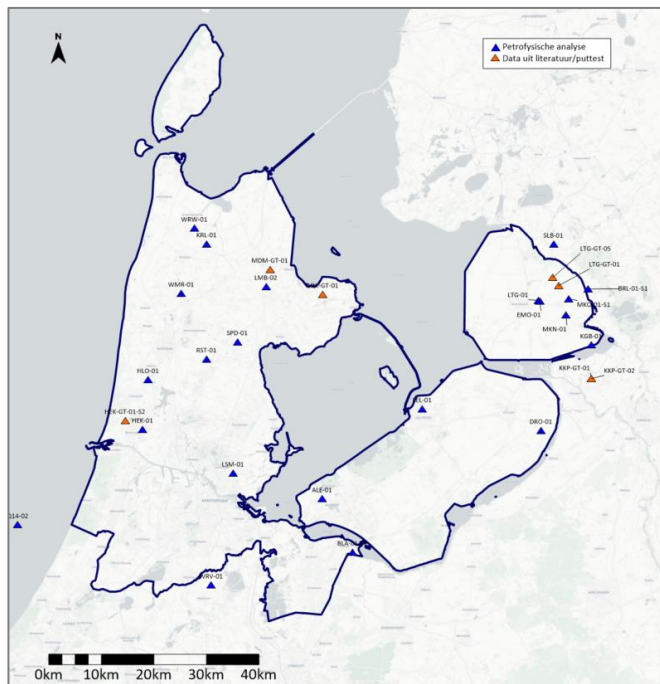
In de noordelijke delen van de provincies Noord-Holland en Flevoland is door de olie- en gassector in het verleden veel data verzameld. Hierdoor is in dit gebied veel 2D en 3D seismische data beschikbaar. In de zuidelijke delen van de provincie is de datadichtheid geringer. Dankzij het SCAN-programma 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 geïnterpreteerde data.

³ Zie voor meer informatie ook scanaardwarmte.nl



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

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



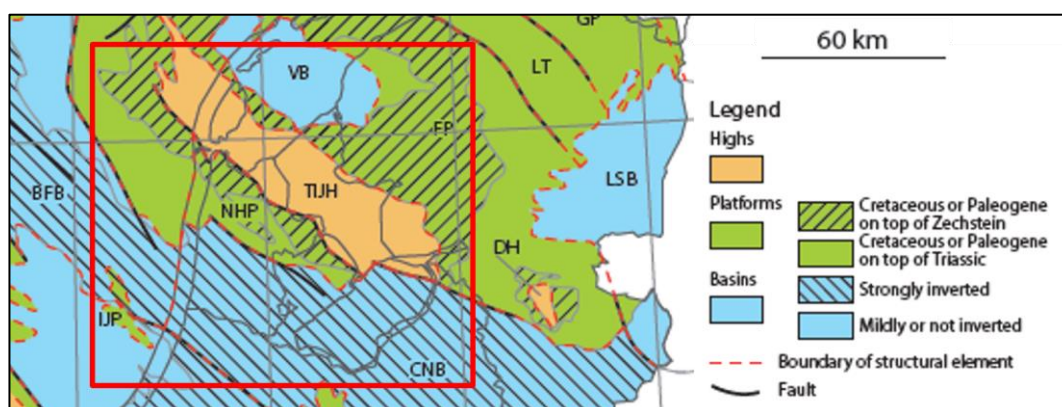
Figuur 2.3 | Locaties van de boorputten die zijn gebruikt voor het bepalen van gesteente eigenschappen.

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 (zoals zout). Het bovenste deel van de Nederlandse ondergrond bestaat hoofdzakelijk uit meer dan 10 kilometer sediment⁴. Deze sedimenten zijn door gebergtevorming of juist bekkenvorming omhoog of omlaag bewogen. Dit resulteerde in de vorming van zogenoemde structurele hogen en bekkens. Doordat perioden van gebergtevorming en bekkenvorming elkaar afwisselden, zijn sommige bekkens omhoog gekomen (geïnverteerd). Hierdoor hebben bepaalde bekkens gesteenten eigenschappen die specifiek zijn voor hun diepteligging (Figuur 3.1).



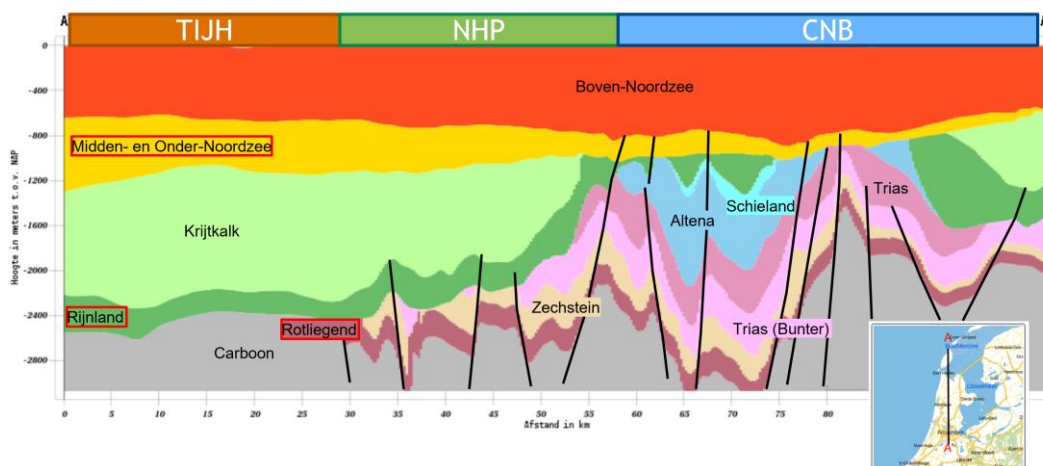
Figuur 3.1 | Structuurkaart van noordwest Nederland tijdens het Laat Jura - Vroeg Krijt⁵. In het rode vierkant bevinden zich de provincies Noord-Holland en Flevoland. De verschillende kleuren en arceringen reflecteren de verschillen in geologische processen zoals gebergtevorming, bekkenvorming of inversie die de verschillende structuren hebben doorgemaakt. De belangrijkste structurele hogen (hights), platformen (platforms) en bekkens (basins) zichtbaar op deze kaart zijn: CNB - Centraal Nederland Bekken, NHP - Noord-Holland Platform, TIJH - Texel-IJsselmeer Hoog en FP - Friesland Platform.

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 in beide provincies flink kan verschillen. De structurele elementen zijn weergegeven aan de bovenkant van deze figuren. In sommige van deze elementen zijn bepaalde gesteentelagen zeer dik ontwikkeld, terwijl deze in andere elementen geheel ontbreken.

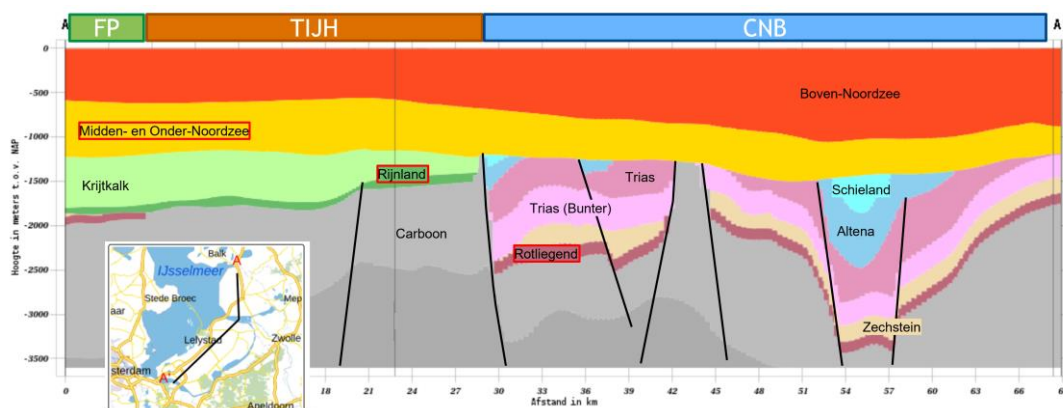
⁴ De Jager, 2007

⁵ Kombrink et al., 2012

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



Figuur 3.2 | Dwarsdoorsnede door de diepe ondergrond van Noord-Holland (aangepast uit Dinoloket⁶), met daarin de verschillende structurele elementen aangegeven (TIJH - Texel-IJsselmeer Hoog, NHP - Noord-Holland Platform en CNB - Centraal Nederland Bekken). De rood omkaderde aardlagen zijn in deze regio interessant voor geothermie.



Figuur 3.3 | Dwarsdoorsnede door de diepe ondergrond van Flevoland (aangepast uit Dinoloket⁶), met daarin de verschillende structurele elementen aangegeven (TIJH - Texel-IJsselmeer Hoog, NHP - Noord-Holland Platform en CNB - Centraal Nederland Bekken). De rood omkaderde aardlagen zijn in deze regio interessant voor geothermie.

⁶ Voor meer informatie: www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen. Gebruikte model DGMdiep v5.0 op 13 mei 2022.

3.2 STRUCTURELE ELEMENTEN

Binnen het studiegebied zijn 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. Sedimenten uit het Krijt ontbreken veelal doordat het gebied toen omhoog kwam door compressie.

Noord-Holland Platform (NHP)

Ten noorden van het CNB in Noord-Holland ligt het Noord-Holland Platform. Op het platform liggen 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 compressie⁷.

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 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. Enkel in put WGF-01 (kop van Noord-Holland) zijn een aantal 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 beslaat maar een klein deel van het projectgebied in het oosten van de Noordoostpolder. Dat maakt het niet minder relevant: er zijn in dit gebied al meerdere geothermieprojecten succesvol gerealiseerd.

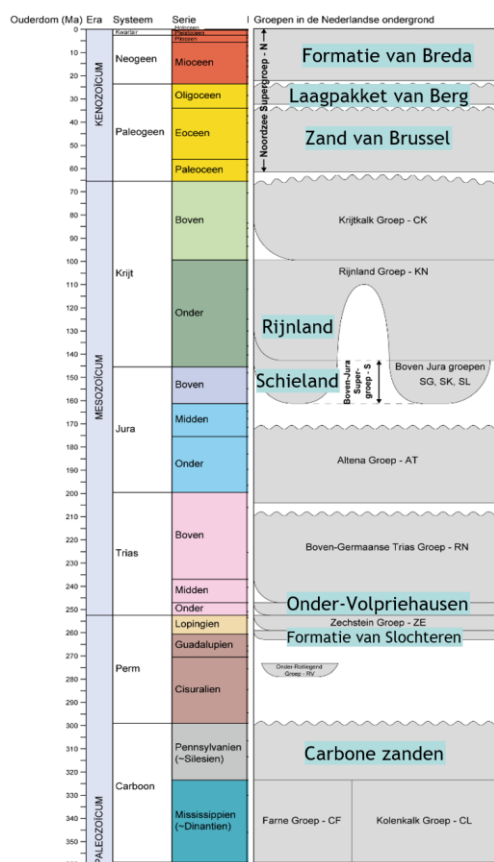
Het Friesland Platform is in het Jura gevormd en ook omhoog gekomen, waardoor een aantal aardlagen uit het Jura en Trias geërodeerd zijn. Hier liggen Krijt afzettingen op sedimenten van het Perm of Carboon⁷.

⁷ 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 aquifer of 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” of “laagpakketten” genoemd, kunnen dienen als een reservoirgesteente voor geothermie.



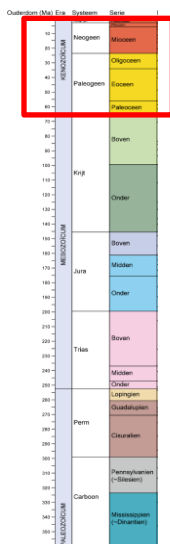
Figuur 4.1 | Overzicht van de afzettinggroepen in de Nederlandse Ondergrond⁸. De blauw-grijs gearceerde gesteentelagen worden in onderstaande paragrafen verder beschreven.

⁸ Kombrink et al., 2012

4.1

KENOZOICUM

Tijdens het Neogeen en Paleogeen zijn de pakketten van de Boven-, Midden- en Onder-Noordzee Groep afgezet. Deze bestaan uit een afwisseling van 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. In deze studie is ook gekeken of deze pakketten lokaal direct bovenop elkaar liggen. Dit zou ervoor kunnen zorgen dat de totale dikte groter is en dit kan daarmee de potentie kunnen verhogen, maar over het algemeen zijn de drie formaties 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 wordt in het gehele projectgebied aangetroffen, in het diepte interval 400 tot ongeveer 1.000 m. Aan de bovenkant is een wat grovere zandlaag aanwezig van zo'n 50 m dik. De doorlaatbaarheid van dit pakket is zo'n 200 mD. Deze formatie lijkt veel klei te bevatten. Klei heeft over het algemeen een lage porositeit en permeabiliteit en heeft daardoor een slechte geothermische potentie. De temperatuur van dit pakket ligt naar verwachting tussen de 20 en 35 °C.	
Laagpakket van Berg	Dit pakket wordt in het gehele projectgebied aangetroffen en is sterk variërend in diepte (top op 600 tot 1400 m). Volgens ThermoGIS ⁹ is dit pakket maximaal 40 m dik (netto) met een doorlaatbaarheid van 150 - 350 mD. 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 en sterk variërend in diepte (top op 700 tot 1300 m). Volgens ThermoGIS ⁹ is dit pakket maximaal 80 m dik (netto) met een doorlaatbaarheid van 150 - 350 mD. In het pakket zijn een aantal kalkhoudende en kleirijke lagen aanwezig, maar over het algemeen bevat het pakket voornamelijk zand. De temperatuur van dit pakket ligt naar verwachting tussen de 20 en 40 °C.	Weinig log- en kerndata beschikbaar

Conclusie

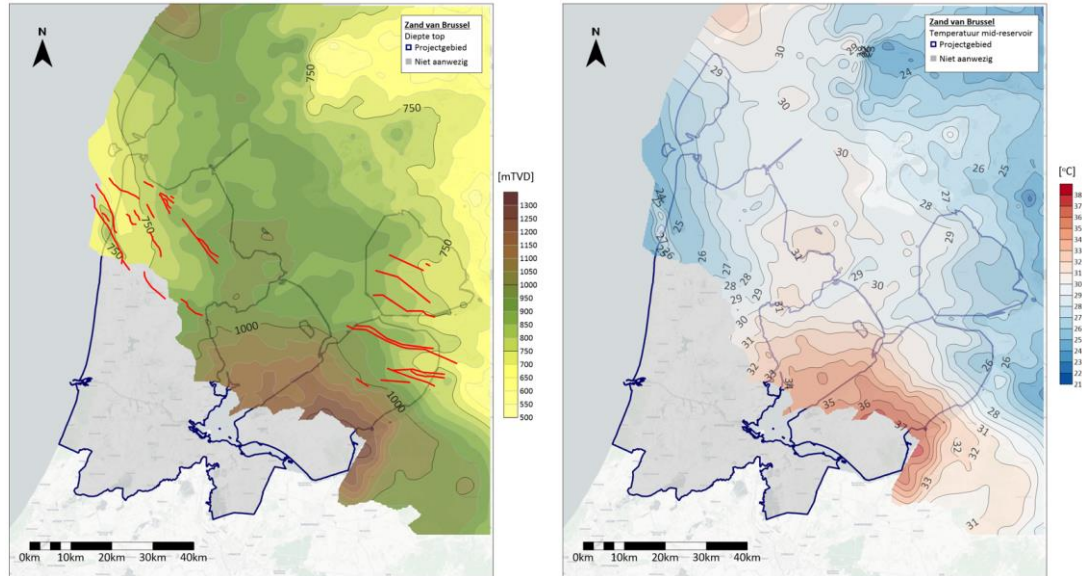
- De Formatie van Breda heeft een te lage doorlaatbaarheid en bruikbare (netto) dikte voor de winning van aardwarmte. Dit pakket wordt daarom buiten beschouwing gelaten.
- Op basis van de putlogs heeft ook het Laagpakket van Berg een combinatie van een lage bruikbare (netto) dikte, een lage temperatuur en een lage doorlaatbaarheid wat samen resulteert in een lage potentie voor het winnen van aardwarmte. Dit pakket wordt daarom buiten beschouwing gelaten.
- Het Zand van Brussel lijkt voldoende dik en doorlaatbaar en is daarom wel meegenomen in deze potentiëstudie. Er is echter weinig log- en kerndata beschikbaar, dus de studie wordt uitgevoerd op basis van beschikbare kaarten en geïnterpreteerde data uit een studie van WarmingUP¹⁰.

⁹ Zie voor meer informatie ThermoGIS.nl

¹⁰ Dieptekaart en reservoir eigenschappen Zand van Brussel verkregen uit WarmingUP (de Haan et al., 2020)

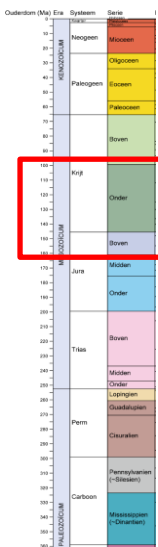
4.1.1 Zand van Brussel

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 een mid-reservoir temperaturen tussen de 26 en 36 °C (zie ook Figuur 4.2). Hoe dieper de laag ligt, hoe hoger de temperatuur.



Figuur 4.2 | Links: Diepte van de top van het Zand van Brussel¹¹. Breuken zijn in rood weergegeven. Rechts: mid-reservoir temperatuur van het Zand van Brussel.

4.2 JURA/KRIJGT



De afzettingen uit het Jura en het Krijt zijn afgezet in 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).

In Noord-Holland Zuid is er rond Amsterdam ook nog een eventueel zandlichaam aangetroffen. Dit zandlichaam was eerder al door EBN geïdentificeerd, en wordt door EBN als mogelijk reservoir voor geothermie beschouwd. Er zijn momenteel echter nog te weinig gegevens om een inschatting van de aanwezigheid en het geothermisch potentieel te maken. Daarom wordt dit reservoir niet verder meegenomen binnen deze studie. Wel komt er in de nabije toekomst een mogelijke SCAN-boring naar dit reservoir welke uitsluitsel kan geven over de aanwezigheid, dikte en kwaliteit van de Rijnland Zand.

¹¹ Dieptekaart en reservoir eigenschappen Zand van Brussel verkregen uit WarmingUP (de Haan et al., 2020)

Potentieel reservoir	Eigenschappen	Opmerkingen
Rondom Purmerend en rondom Haarlem: Rijnland Groep (Vlieland Zandsteen)	De top is gelegen tussen de 100 en 1300 m diepte. De netto dikte van het zandpakket is enkele tientallen meters. De doorlaatbaarheid ligt tussen de 100 en 700 mD, en de onzekerheid is groot. De temperatuur van dit pakket is naar verwachting maximaal 60 °C.	De Vlieland Zandsteen bestaat uit meerdere zandige laagpakketten. Het pakket dat in Noord-Holland aanwezig is, is de Friesland Member.
Rondom Haarlem: Schieland Groep (Delfland Subgroep - Laagpakket van Alblasserdam)	Gelegen tussen de 700 en 1300 m diepte. Het pakket wordt aangetroffen in Zuid-Holland en loopt ook door in het zuidelijke deel van Noord-Holland. 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.

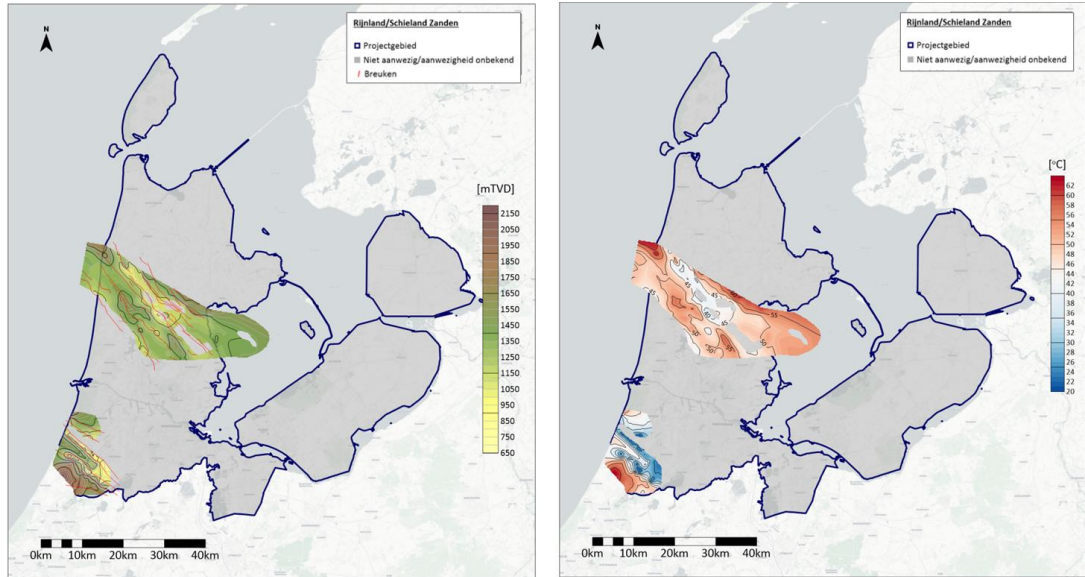
Conclusie

- Rondom Purmerend is door een combinatie van voldoende dikte en doorlaatbaarheid potentie voor geothermie in de Vlieland Zandsteen.
- De Delfland Subgroep en/of de Vlieland Zandsteen worden in Zuid-Holland al gebruikt voor de toepassing van geothermie. Uit de seismische interpretatie die uitgevoerd binnen deze studie blijkt dat deze zandpakketten uit de Rijnland Groep en Schieland groep vanuit Zuid-Holland ook doorlopen in het zuidwestelijke deel van Noord-Holland. Net als in de regio Katwijk-Noordwijk liggen de twee zandrijke pakketten direct op elkaar¹⁰, waardoor voor de potentie de gezamenlijke dikte van de pakketten is meegenomen.

4.2.1 Vlieland Zandsteen en Laagpakket van Alblasserdam

De potentie voor de Vlieland Zandsteen is, vanwege de relatief grote dikte, groter dan de potentie voor de Delfland Zandsteen. De afzettingsmilieus 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. Mogelijk is er ook zandlichaam aanwezig rondom Amsterdam, maar door een gebrek aan gegevens is deze niet meegenomen in deze studie (en niet weergegeven in de kaarten).

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 en ontbreken volledig in Flevoland. 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).



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

4.3

TRIAS



Het Trias bestaat uit een afwisseling van zand- en kleirijke pakketten. Verschillende van deze zandrijke pakketten zijn in Nederland aangemerkt als potentiële geothermiereservoirs. In het onderzoeksgebied zijn meerdere van deze zandrijke pakketten afgezet. De dikste hiervan, en daardoor naar verwachting het pakket met de hoogste potentie, is de Onder-Volpriehausen Zandsteen. Dit pakket wordt aangetroffen in het zuidelijke deel van Noord-Holland en in de Flevopolder. Aan de boven- en onderkant van dit pakket bevinden zich 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.

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 ¹² , al lijkt dit in mindere mate van toepassing in het studiegebied.

Conclusie

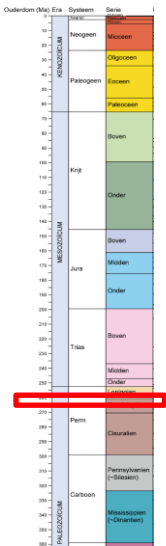
Eén van de zandpakketten van het Trias, de Onder-Volpriehausen Zandsteen, is aanwezig in grote delen van het onderzoeksgebied. Echter heeft het pakket een geringe dikte (max 25 m) en een zeer beperkte doorlaatbaarheid (max 100 mD). Deze combinatie zorgt dat dit pakket een lagere potentie heeft dan andere laagpakketten in dit gebied en is om deze reden niet verder onderzocht.

¹² Week van de Aardwarmte 2021. [Webinar](#): SCAN: de data en vooruitblik op de boringen.

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 (bijv. bij 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.

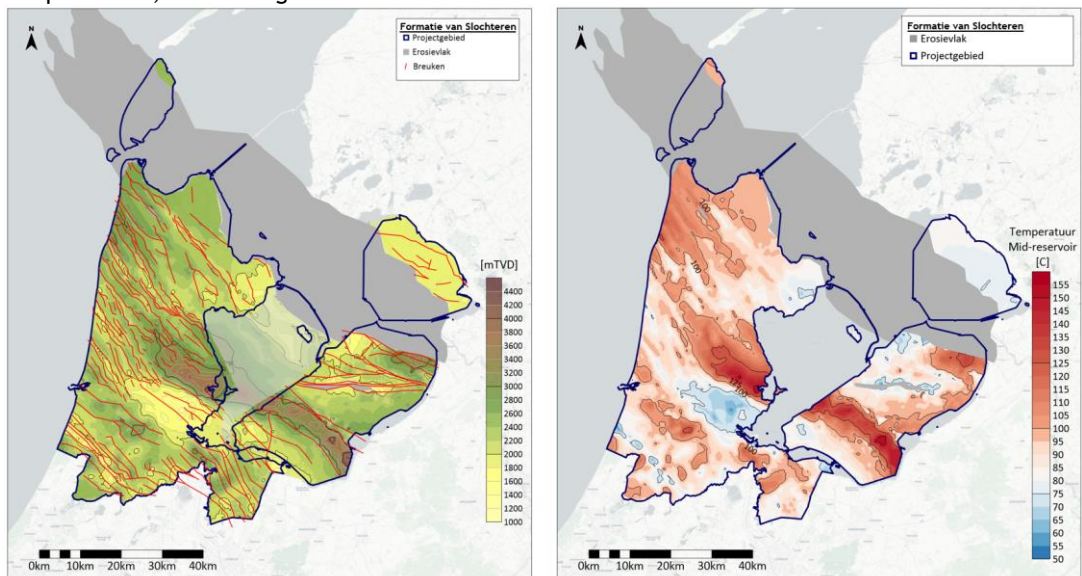
Conclusie

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, maar ook grote verschillen: 50 - 150 °C.



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

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 aanwezig 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 er weinig over bekend. Alleen in de Nooroostpolder heeft een put deze laag aangeboord, waar een paar dunne kalklaagjes in klei zijn waargenomen. Deze kalkstenen hebben veel minder ruimte tussen de korrels dan zandstenen. Water produceren is daarom alleen mogelijk via zogenoemde secundaire permeabiliteit: breuken/scheuren en/of karst 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 breuken en scheuren aanwezig zijn.

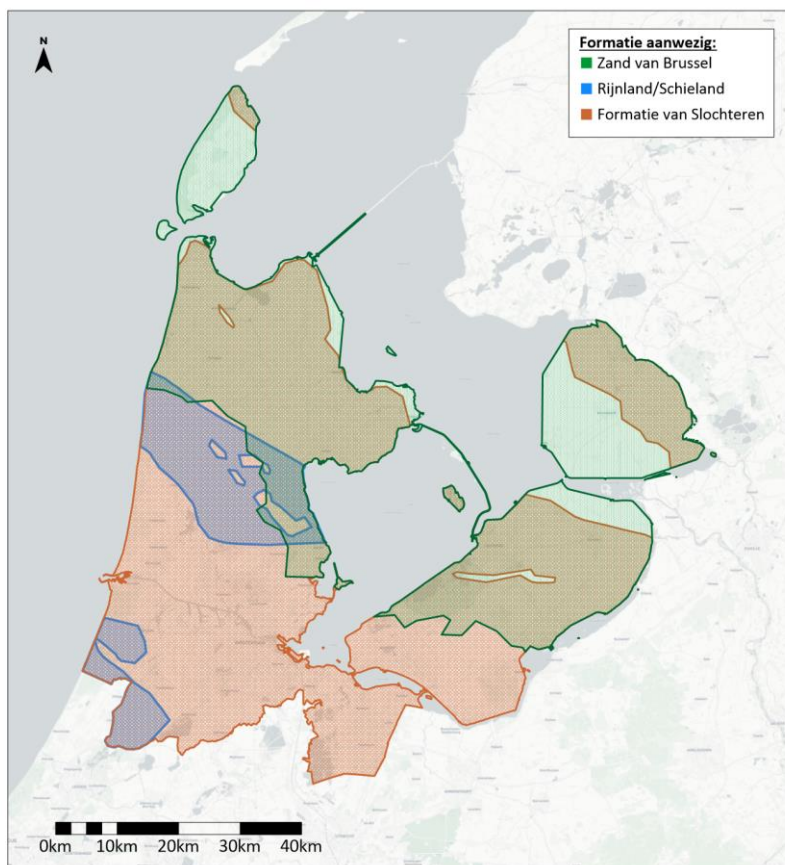
Conclusie

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

Op basis van de reservoirinventarisatie wordt van drie formaties verwacht dat ze mogelijk potentie bieden voor de toepassing voor geothermie: het Zand van Brussel, de Rijnland/Schieland zanden en de Formatie van Slochteren. Waar deze formaties aangetroffen kunnen worden is gepresenteerd in onderstaand figuur. Deze figuur laat zien dat de Formatie van Slochteren in vrijwel het gehele onderzoeksgebied aanwezig is, terwijl de Rijnland/Schieland zanden slechts in delen van Noord-Holland aangetroffen worden. Het Zand van Brussel is in ongeveer de helft van het onderzoeksgebied aanwezig, met name in het noorden van Noord-Holland en in Flevoland.



Figuur 4.5 | Verbreidingskaart van de drie formaties die uitgewerkt worden in deze studie.

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 verbreiding 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 is in deze studie ook onderzocht wat de mate is waarin geothermie kan bijdragen aan de bovengrondse warmtevraag. Hiervoor is 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 financieel zinvol 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 geconcentreerde warmtevraag 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 (bijv. woningen op een warmtenet of zonder gasaansluiting): 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.

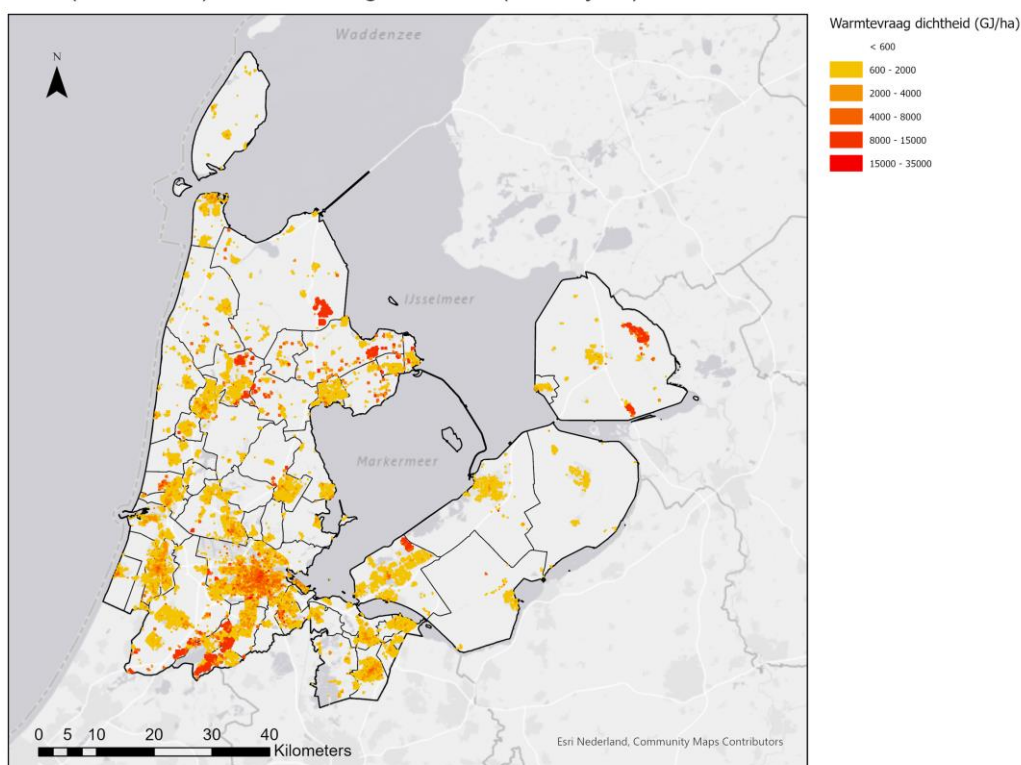
Warmtedichtheid

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 studies¹³. 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. Waarde van Aardwarmte en Regionale Mogelijkheden (WARM¹⁴)) 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

¹³ Kruit, K., Schepers, B., Roosjen, R., & Boderie, P. (2018, september). Nationaal potentieel van aquathermie: Analyse en review van de mogelijkheden.

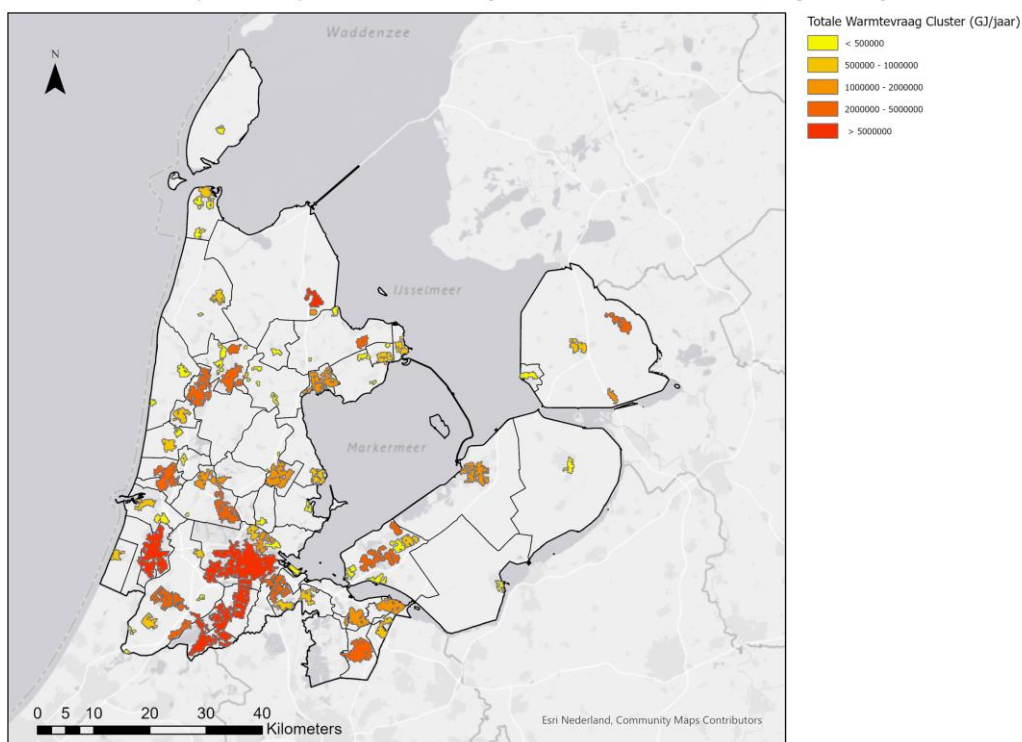
¹⁴ <https://www.ebn.nl/aardwarmte/onderzoek-naar-aardwarmte/onderzoek-naar-het-potentieel-van-aardwarmte/>

levert (20% piek blijft over). Om in de toekomst projecten met lagere 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/jaar

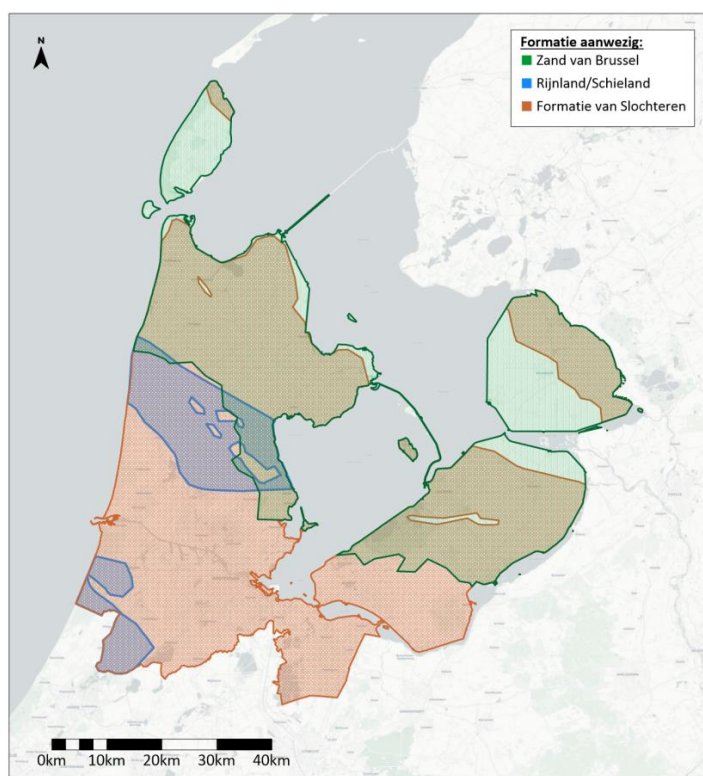


Figuur 5.2 | Warmteclusters met een absolute warmtevraag > 0.2 PJ. Clusters met een kleinere warmtevraag staan niet meer op deze kaart. De kleuren geven de absolute warmtevraag (GJ) per cluster weer. Let op: 1 PJ is 1,000,000 GJ.

6 Geothermische potentie Noord-Holland en Flevoland

6.1 ONDERGRONDSE POTENTIE

Zoals beschreven in hoofdstuk 4 zijn er drie verschillende reservoirs met geothermische potentie: het Zand van Brussel, de Rijnland/Schieland Zanden en de Formatie van Slochteren. In Figuur 6.1 is een overzichtskaartje gepresenteerd waarin aangegeven is welk van deze drie reservoirs waar aangetroffen kan worden. Deze kan ook gebruikt worden als leeswijzer welke potentiekaarten voor welk gebied bekeken kunnen worden.



Figuur 6.1 | Verspreidingskaart van de drie formaties die uitgewerkt worden in deze studie. Bruin geeft een

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 opgenomen Bijlage 2.

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 inzichtelijk maken 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 zijn middels een lokale gedetailleerde verdieping te achterhalen.

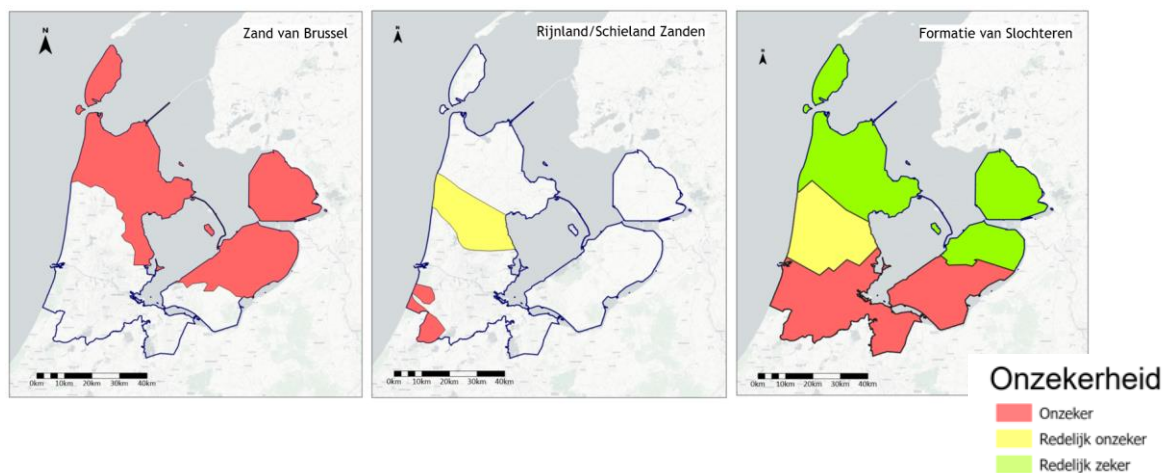
6.2 ONZEKERHEDEN

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 gewerkt met inschattingen 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 zijn per formatie onzekerheidskaarten (Figuur 6.2) gemaakt met 3 verschillende gradaties: zeer onzeker (rood), onzeker (geel) en redelijk zeker (groen).



Figuur 6.2 | Onzekerheidskaarten voor het Zand van Brussel (Rechts), de Zanden van de Rijnland en de Schieland Groep (midden) en voor de Formatie van Slochteren (links).

De onzekerheid is ook verwerkt op de potentiekaarten Figuur 6.3, Figuur 6.4 en Figuur 6.5).

6.3 POTENTIEKAARTEN

De potentiekaarten zijn weergegeven in onderstaande figuren. Bij elke potentiekaart is ook de bijbehorende onzekerheidskaart weergegeven. De inputdata voor de potentieberekeningen is weergegeven in Bijlage 2.

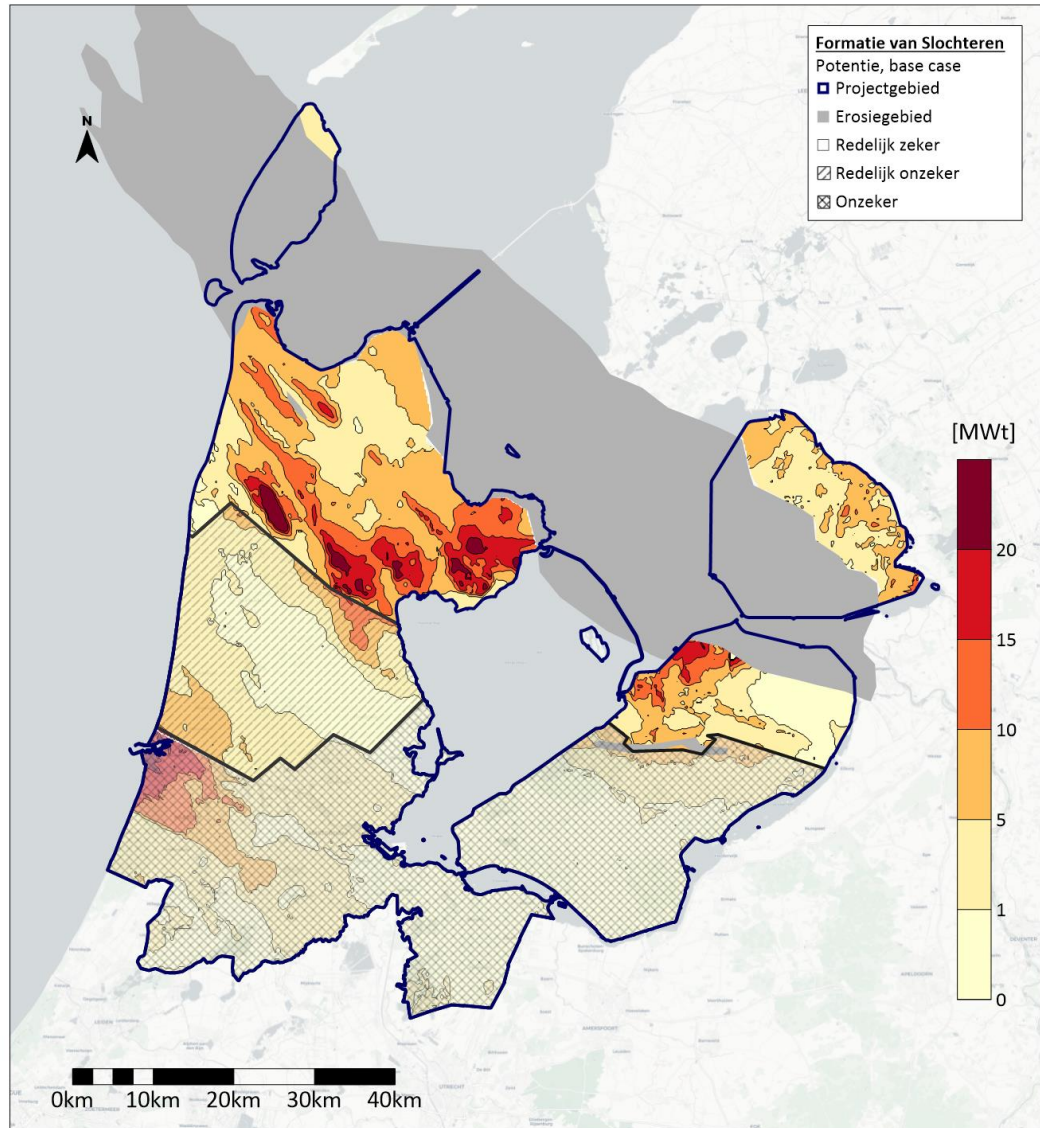
Leeswijzer

De potentiekaarten voor de verschillende formaties worden in onderstaande paragrafen gepresenteerd. De potentie is alleen weergegeven in het studiegebied. De formaties kunnen ook buiten de provincies Noord-Holland en Flevoland aanwezig zijn en geothermische potentie hebben, maar dat is niet binnen deze studie meegenomen.

Aangezien niet elke formatie overal in het onderzoeksgebied wordt aangetroffen zijn er stukken op de kaarten “leeg” gehouden (grijs, ook wel “erosievlak” genoemd in de legenda). Hier is de formatie niet aanwezig (en hier is dus ook geen geothermische potentie voor die formatie).

6.3.1 Formatie van Slochteren

Figuur 6.3 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 meer dan 5 MW te vinden. De potentie in de lichtgele 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.



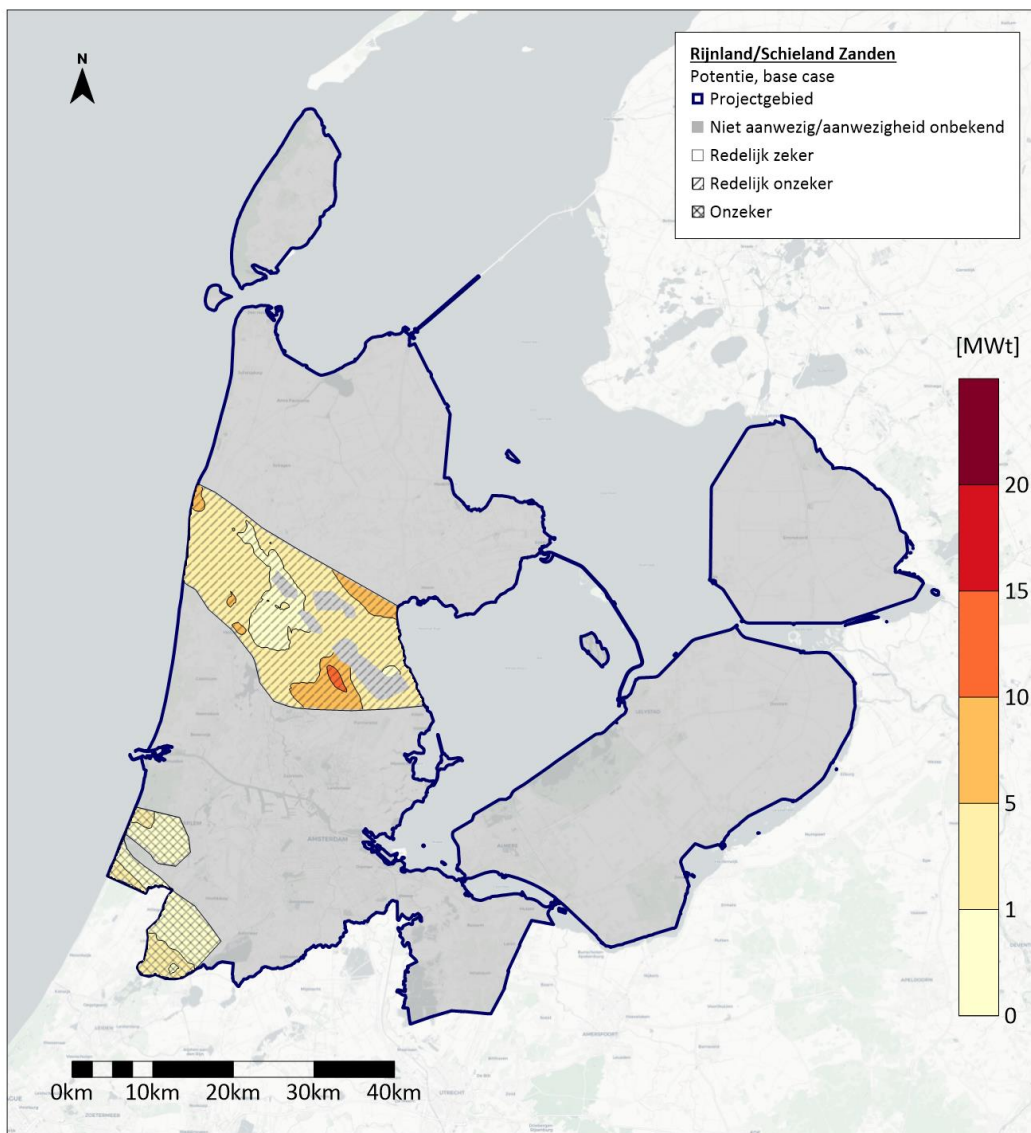
Figuur 6.3 | Potentiekaart Formatie van Slochteren in [MWt], base case, met de onzekerheid als overlay over de kaart. Geen arcering, zoals in het noordelijke deel, betekent redelijk zeker, terwijl het raster in het zuidelijke deel een onzekere potentie inschatting aangeeft.

De eigenschappen van de Formatie van Slochteren kunnen lokaal relatief sterk variëren, en delen van het afzettingsgebied kennen een relatief grote onzekerheid. Voor de onzekere zuidelijke delen is daarom ook een verwachte high case potentie van de Formatie van Slochteren in MW gemaakt. Deze staat in enkele figuren in sectie 6.5. Voor deze high case is de potentie berekend op basis van een high case inschatting van de permeabiliteit, en er wordt uitgegaan van een retourtemperatuur van 25 °C (i.p.v. 35 °C).

6.3.2 Zanden van de Rijnland Groep en Schieland groep

De potentiekaart laat zien dat de hoogste potenties aanwezig zijn het noordelijke afzettingsgebied van de zanden van de Rijnland Groep (Vlieland Zandsteen Formatie), ten noorden van Purmerend. De potentie varieert hier tussen de 0 en 12 MW. De hoogste potentie wordt behaald ten

noordwesten van Purmerend, en het Markermeer ten zuiden van Hoorn. De potentie van het zuidelijke afzettingsdeel van Noord-Holland, bestaande uit de Zanden van de Rijnland Groep en de Schieland Groep, is lager en bedraagt maximaal 4,5 MW. De hoogste potentie van dit gebied wordt ten westen van Nieuw-Vennep aangetroffen. De potentie kaart is in het zuidelijke deel zeer onzeker en in het noordelijke deel redelijk onzeker.



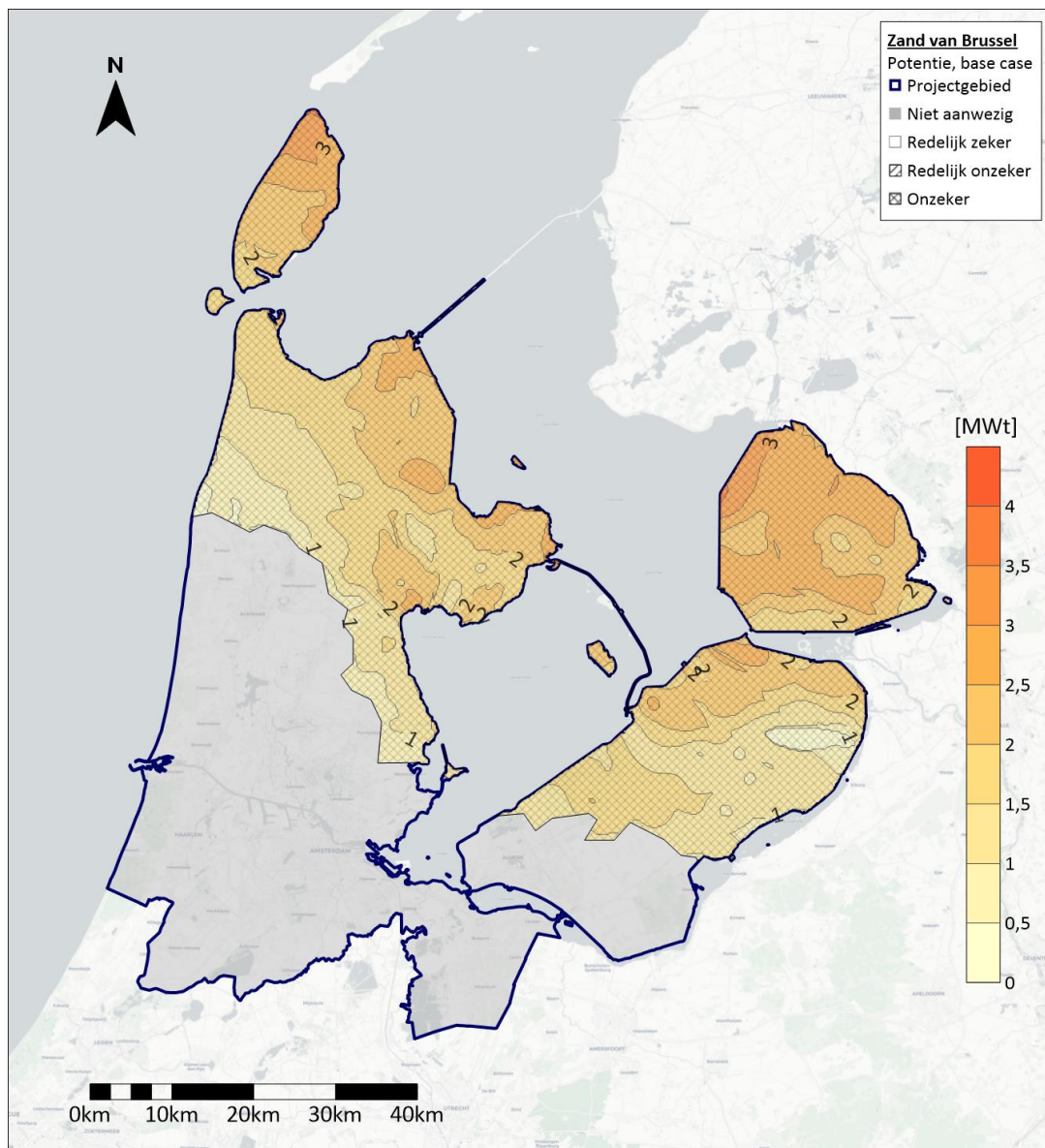
Figuur 6.4 | Potentiekaart van het bestudeerde zandpakket(ten) in de Rijnland Groep en Schieland Groep in [MWt] met de onzekerheid als overlay over de kaart. Het noordelijke deel is redelijk onzeker, het zuidelijke deel zeer onzeker.

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 6.5) 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. Voor het gehele Zand van Brussel geldt dat er grote onzekerheid is m.b.t. de geothermische potentie.



Figuur 6.5 | Potentiekaart Zand van Brussel in [MWt]. Voor het gehele Zand van Brussel geldt dat er grote onzekerheid is m.b.t. de geothermische potentie.

6.4 KOPPELING MET BOVENGROND

Alle warmteclusters met een totale warmtevraag van meer dan 0.2 PJ zijn aan de ondergrondse geothermiepotentie gekoppeld. De kaarten (Figuur 6.6, Figuur 6.7 en Figuur 6.8) die in deze sectie worden gepresenteerd moeten als volgt worden geïnterpreteerd:

- Als een cluster op een formatie specifieke kaart aanwezig is betekent dat die formatie aanwezig is binnen het cluster.
- De kleuren van de clusters geven het verwachte maximale vermogen van één gerealiseerd doublet binnen een cluster. Deze vermogens zijn gebaseerd op de potentiekaart en bevatten dus ook de onzekerheid die in deze kaarten zit (zie ook sectie 6.2).

De gepresenteerde kaarten geven dus 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.

Alle resultaten van de koppeling zijn ook per cluster samengevat in de tabellen in Bijlage 1. Deze tabellen geven de gekoppelde resultaten voor alle warmteclusters met de base-case potentie per formatie weer. De koppeling is zowel lokaal (direct onder het cluster) als regionaal (met een bufferzone van 3 km om het cluster) uitgevoerd. Binnen de tabel is de volgende informatie weergegeven:

- Totale warmtevraag;
- Lokale en regionale maximale potentie (MWt) van een doublet in en rondom elk specifiek warmtecluster;
- Lokale en regionale maximaal produceerbare warmte (PJ/jaar) (let op dit is als alle gekoppelde gridcellen worden benut).

Tabel 1: Voorbeeld van de koppelingstabellen die in Bijlage 1 staan.

Gegevens Cluster				Lokaal (0 km)		Regionaal (3 km)	
OBJECTID	Clusternaam	oppervlak (ha)	Warmtevraag Totaal (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)
21	Stadsregio Amsterdam inclusief glastuinbouw Aalsmeer	9494	37.71	4.9	1.93	5.4	4.18
23	Haarlem-Heemstede	2500	5.35	14.8	3.65	18.1	8.22
69	Glastuinbouw Middenmeer	564	5.17	7.2	1.07	8.6	3.43
...

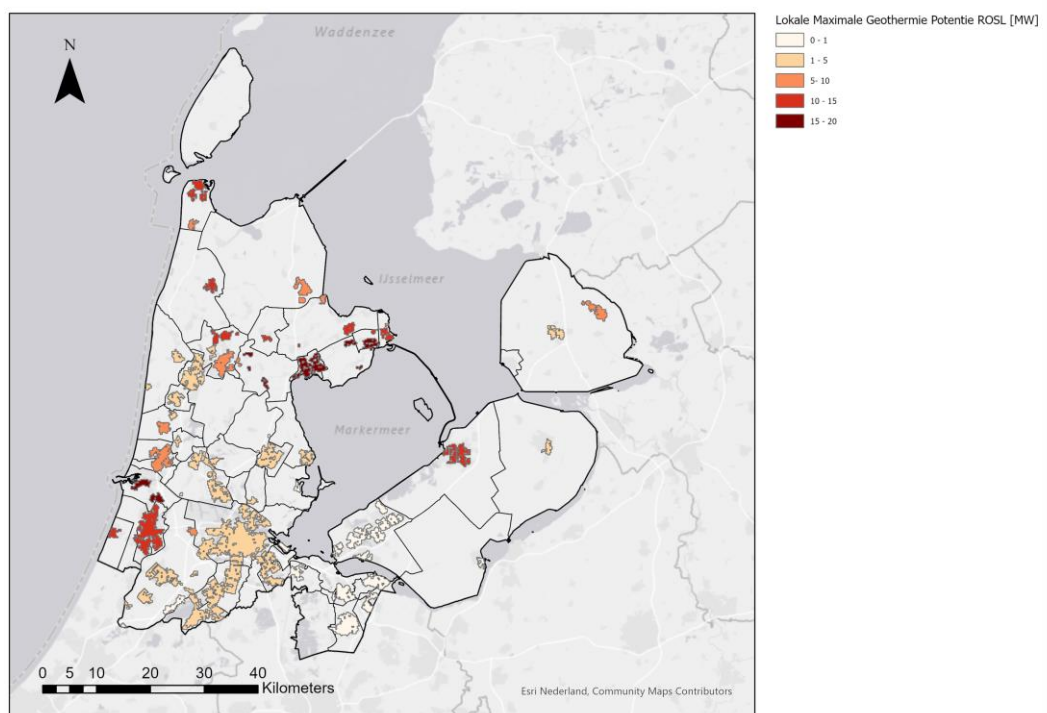
Deze getallen geven enkel een eerste indicatie wat mogelijk is met geothermie binnen bepaalde clusters. Let op: voor de maximale potentie geldt dezelfde onzekerheid als de ondergrondse potentie kaarten. Daarnaast geldt voor het vergelijk van totale warmtevraag met produceerbare warmte dat momenteel de volledige ondergrond vallend binnen een cluster is meegenomen. Er is

geen rekening gehouden met mogelijke overlap tussen clusters wanneer de regionale produceerbare warmte gegeven wordt.

6.4.1 Kaarten koppeling

Figuur 6.6 geeft de lokale potentie per warmtecluster weer o.b.v. het maximale vermogen dat met één gerealiseerd doublet in de Formatie van Slochteren gehaald zou kunnen worden.

Maximale potentie van een doublet (MWt) voor de Formatie van Slochteren binnen een lokaal gekoppeld warmtecluster



Figuur 6.6 | Lokale potentie van één gerealiseerd doublet (MW) voor de Formatie van Slochteren per gekoppeld warmtecluster.

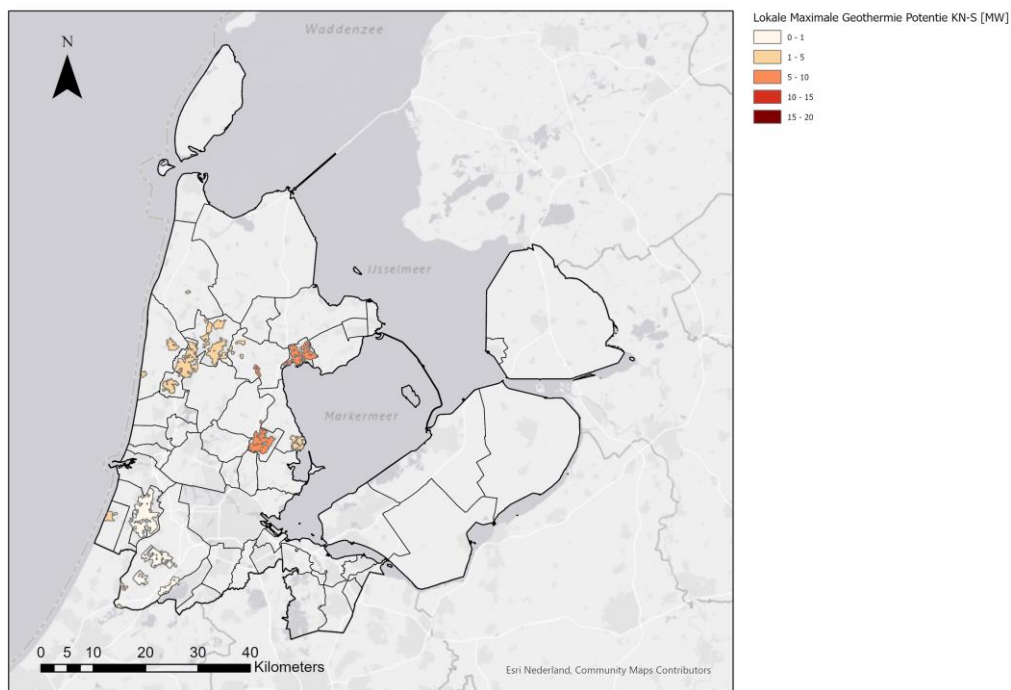
De Formatie van Slochteren is bijna in het gehele studiegebied afgezet. Wanneer een cluster op de kaart staat, betekent dit dat de Formatie van Slochteren hier aanwezig is. De kleur geeft het ingeschatte vermogen weer dat een doublet binnen dit cluster kan produceren. Let wel: hier zit de zelfde onzekerheid overeen als voor de potentiekaarten. Ter herhaling: de onzekerheid is groot in het zuidelijke deel en minder onzeker in het noordelijke deel (zie ook sectie 6.2).

De potentie varieert sterk (Figuur 6.6). Uit de koppeling blijkt dat de potentie voor deze formatie relatief hoog is ($P > 5.0$ MWt) in de warmteclusters in de kop van Noord-Holland (met uitzondering van Texel), West-Friesland, het noordoosten van de Noordoostpolder en Lelystad.

Zuidelijker is de potentie lager ($P < 1$ MW). Dit komt hoofdzakelijk door de tegenvallende reservoir kwaliteit. De berekende potentie op dit gebied is echter onzeker en vergt daarom meer nuance, welke in sectie 6.5 wordt toegevoegd.

Zie de samenvattende tabel in de bijlage voor meer informatie over de potentie van de Formatie van Slochteren per warmtecluster.

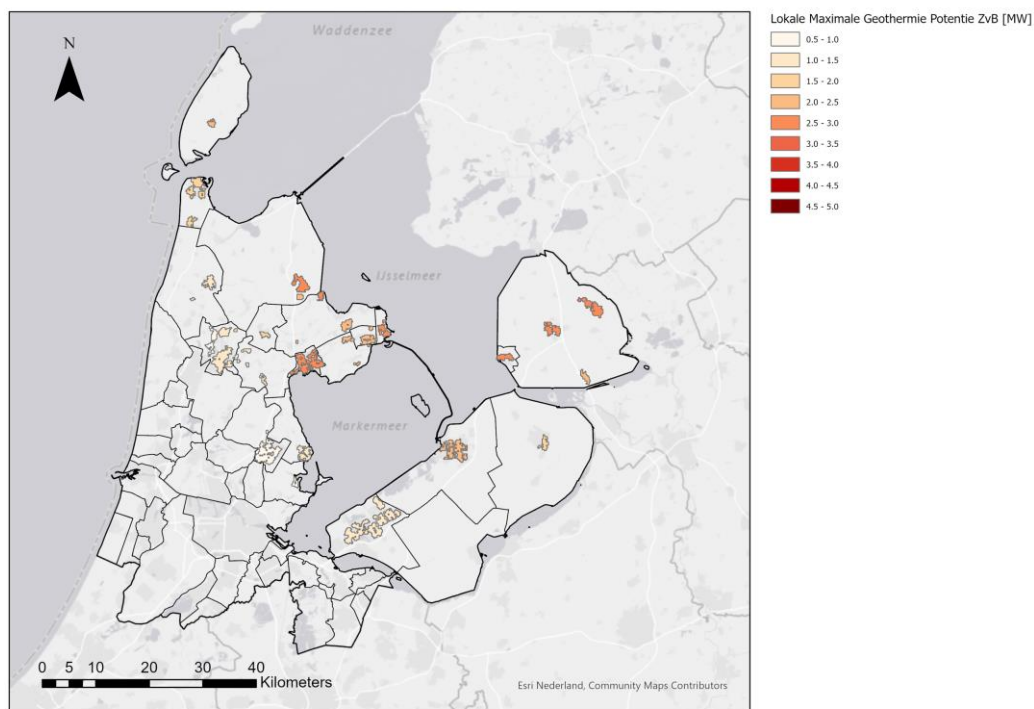
Maximale potentie van een doublet (MWt) voor de Rijnland-Schieland Zanden binnen een lokaal gekoppeld warmtecluster



Figuur 6.7 | Lokale potentie van één gerealiseerd 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 6.7). 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 6.7). 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.

Maximale lokale potentie van een doublet (MWt) voor het Zand van Brussel binnen een lokaal gekoppeld warmtecluster



Figuur 6.8 | Lokale potentie van één gerealiseerd doublet (MW) voor het Zand van Brussel per gekoppeld warmtecluster.

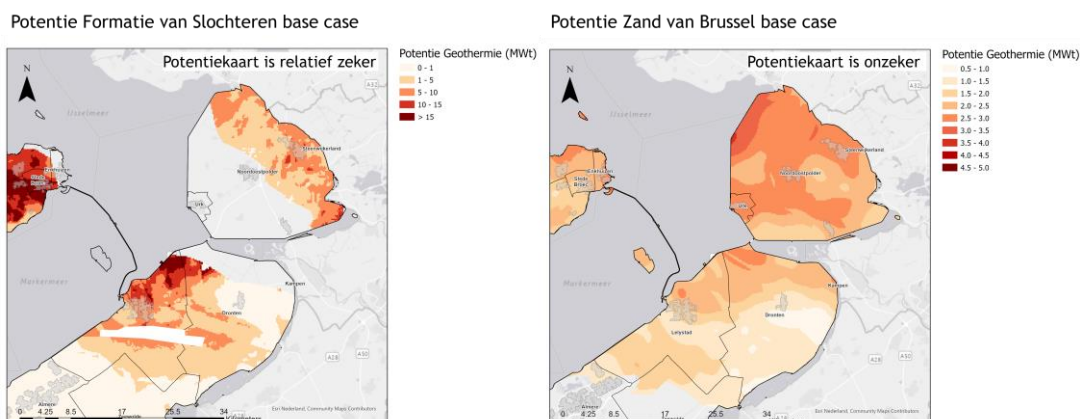
In de provincies Noord-Holland en Flevoland heeft het Zand van Brussel een potentie variërend tussen de 1.0 en 4.5 MW. Uit de koppeling blijkt dat de potentie voor deze formatie het hoogst is in de regio's: Den Helder, Texel, West-Friesland en de Noordoostpolder (Figuur 6.8) en neemt af richting het zuidwesten. Zie de samenvattende tabel in de bijlage voor meer informatie over de potentie van het Zand van Brussel per warmtecluster.

6.5 RESULTATEN - SUBGEBIEDEN

Ter verduidelijking van de resultaten is in deze sectie een korte uitleg per deelregio gegeven met een vergroting van de relevante kaarten.

6.5.1 Midden Flevoland (Lelystad) en de Noordoostpolder

Gemeenten: Noordoostpolder, Urk, Dronten, Zeewolde, Lelystad



Figuur 6.9 | Geothermische potentie in Flevoland Midden en de Noordoostpolder voor de Formatie van Slochteren (links) en het Zand van Brussel (rechts). Let op: de kleurschaal is verschillend per figuur.

Formatie van Slochteren

Conclusies:

De Formatie van Slochteren biedt zeer goede kansen bij Lelystad. Nabij de stadskernen Dronten en Zeewolde heeft de Formatie van Slochteren weinig potentie, vanwege een beperkte doorlatendheid van het reservoir. In het noordoostelijke deel van de Noordoostpolder is Formatie van Slochteren zeer kansrijk. Hier zijn ook al geothermieprojecten gerealiseerd. In de rest van de Noordoostpolder en het uiterste noorden van Flevopolder is het Slochteren afwezig.

Opvolging:

De nieuwe SCAN-data heeft in de regio rondom Lelystad veel toegevoegd aan het begrip van de ondergrond. Een volgende stap voor dit gebied zou zijn om in meer detail naar de lokale situatie te kijken en een lokale haalbaarheidsstudie voor de Formatie van Slochteren uit te voeren.

Voor de Noordoostpolder kunnen met behulp van gepresenteerde resultaten nieuwe lokale haalbaarheidsstudies worden uitgevoerd. Met behulp van deze nieuwe studies kunnen vervolgens bestaande systemen worden uitgebreid en/of kan er naar nieuwe locaties voor aardwarmte worden gezocht.

Zand van Brussel

Conclusies:

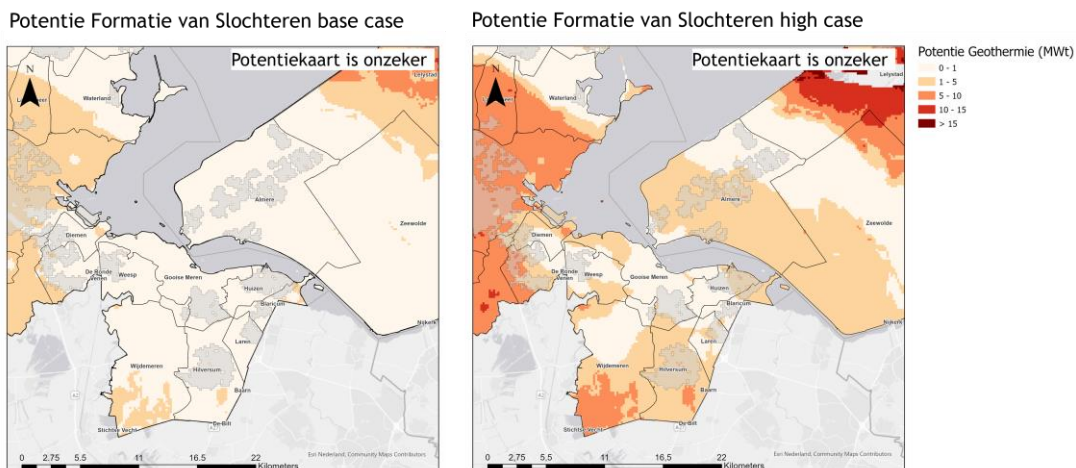
Voor het Zand van Brussel liggen er vooral kansen in de gemeentes Noordoostpolder en Urk. Wel zijn door de ondiepere ligging en daarmee gepaarde lagere temperaturen de verwachte potenties (± 3.0 MWt) voor Het Zand van Brussel niet zo hoog als die voor de Formatie van Slochteren worden voorspeld. Echter, door de ondiepere ligging zijn de kosten voor een geothermie-systeem ook lager.

Opvolging:

De resultaten uit de WarmingUP studie hebben veel bijgedragen aan nieuwe inzichten voor het Zand van Brussel. Wel blijft er onzekerheid in de verkregen resultaten wegens gebrekkige data. Een volgende stap voor dit gebied zou zijn om in meer detail naar lokale putten te kijken om zo beter inzicht te krijgen naar de reservoir eigenschappen. Verder is het van belang om onderzoek te doen naar haalbaarheid van een geothermieproject met relatief lage temperaturen en lage vermogens.

6.5.2 Zuid Flevoland (Almere) en 't Gooi

Gemeenten: Almere, Gooise Meren, Huizen, Blaricum, Laren, Hilversum, Wijdenmeren



Figuur 6.10 | Geothermische potentie in Flevoland Zuid en 't Gooi voor de Formatie van Slochteren met de base case (links) en high case (rechts).

Formatie van Slochteren

Conclusies:

Binnen de deelregio Zuid Flevoland (Almere) en 't Gooi is enkel het de Formatie van Slochteren aanwezig. De gepresenteerde resultaten in dit gebied zijn zeer onzeker vanwege artefacten in seismische data, relatief grote “white spots”¹⁵ en relatief weinig putten. Vanwege deze grote onzekerheid kan er in dit deelgebied zowel worden gekeken naar de base case - en high case potentiekaarten (Figuur 6.10). Berekende base-case potenties zijn in dit deelgebied relatief laag. Echter, de high case potentiekaarten laten zien dat er kansen zijn voor geothermie nabij Huizen, Blaricum en Hilversum, met berekende vermogens variërend tussen ± 4 en ± 6 MWt.

Opvolging:

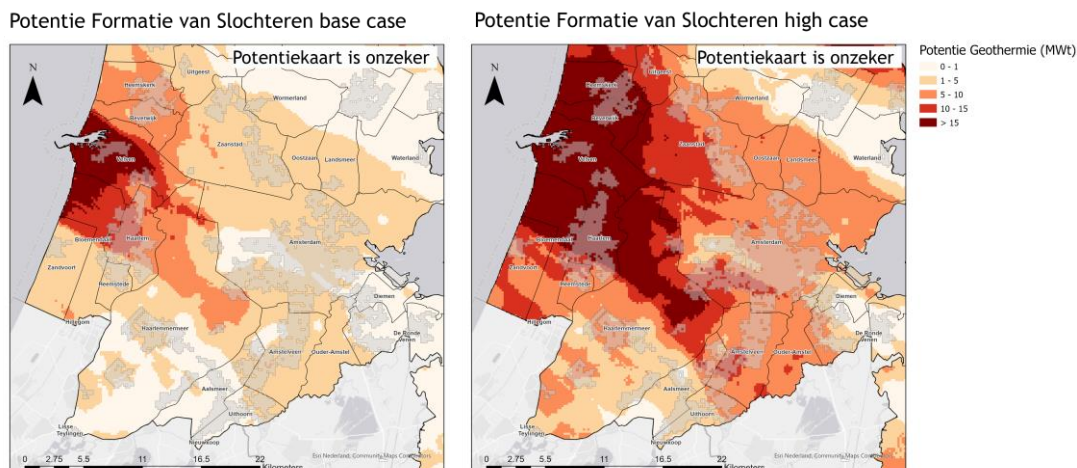
Door de grote onzekerheid in dit gebied voegt nieuwe data veel informatie toe en kan deze onzekerheid flink verkleinen. Nieuwe boorputten voegen veel informatie toe over de reservoir eigenschappen (als doorlatendheid) en kunnen aantonen of de inschattingen gemaakt voor deze studie aangepast moeten worden. Binnen het SCAN-programma staan al 2 boringen gepland die kunnen leiden tot een update van de potentie in deze regio (SCAN-boring 1: De Bilt en SCAN-boring 2: Amstelland). Ook kan nieuwe of verbeterde seismische data de complexe ondergrond beter in kaart brengen.

Wanneer dit vernieuwde beeld positief is kan een volgende stap voor dit gebied zou zijn om in meer detail naar de lokale situatie te kijken en een lokale haalbaarheidsstudie voor de Formatie van Slochteren uit te voeren. Met behulp van zo'n studie kan lokale potentie beter worden ingeschat.

¹⁵ Een white spot is een gebied waar geen data van de ondergrond aanwezig is (<https://www.thermogis.nl/en/map-viewer>).

6.5.3 Noord-Holland Zuid (Amsterdam, Haarlem)

Gemeenten: Amsterdam, Diemen, Ouder-Amstel, Amstelveen, Uithoorn, Aalsmeer, Haarlemmermeer, Haarlem, Heemstede, Bloemendaal, Zandvoort, Velsen, Zaanstad, Beverwijk, Heemskerk, Oostzaan, Landsmeer, Waterland.



Figuur 6.11 | Geothermische potentie in Noord-Holland Zuid voor de Formatie van Slochteren met de base case (links) en high case (rechts).

Formatie van Slochteren

Conclusies:

De Formatie van Slochteren heeft goede kansen in en rond Heemskerk-Velsen-IJmuiden-Haarlem (Figuur 6.11). Zo is er bijvoorbeeld in Heemskerk al een succesvol opererend geothermie-systeem. Rondom Amsterdam liggen de potentie-inschattingen iets lager. Voor dit cluster liggen de hoogste potenties nabij Badhoevdorp, Schiphol en Amsterdam-Zuid waar de maxima variëren tussen de 5 en 16 MWt voor respectievelijk de base - en high case situaties (Figuur 6.11). In Amsterdam-Noord en Landsmeer zijn door de relatief lage temperaturen de berekende potenties relatief lager (Base case: max 2.5 MWt en High case: max 8.0 MWt).

Echter, dit gebied wordt gekenmerkt door een complexe geologie en een relatief lage datadichtheid, waardoor voorspellingen onzeker zijn. Hierdoor kunnen de inschatting betere (of slechter) zijn dan deze studie nu aangeeft. Nieuwe informatie, zoals de geplande onderzoeksboring binnen het SCAN-programma (Amstelland) of nieuwe seismische lijnen, kunnen deze onzekerheden verkleinen.

Opvolging:

De aanbevelingen voor de deelregio Noord-Holland Zuid zijn vanwege de grote verschillen in potentie en grote onzekerheden erg locatie afhankelijk. Zo kunnen er in de gemeentes Heemskerk, Beverwijk en Velsen op basis van de van gepresenteerde resultaten nieuwe lokale haalbaarheidsstudies worden uitgevoerd. Met behulp van deze nieuwe studies kunnen vervolgens bestaande systemen worden uitgebreid en/of kunnen er naar nieuwe locaties voor aardwarmte worden gezocht.

Voor de gemeentes Haarlem-IJmuiden is het van belang om nieuwe seismische data te verkrijgen om zo de bestaande white spots in het gebied op te vullen. Met behulp van bestaande - en eventueel verkregen nieuwe data kunnen vervolgens lokale haalbaarheidsstudies worden uitgevoerd.

Tot slot zijn voor de andere gemeentes in deze deelregio de resultaten van de geplande onderzoeksboring in het Amstelland van belang. Als de resultaten uit deze boring goede indicaties voor geothermie geven dan worden de volgende stappen geadviseerd:

- Acquisitie van seismische data om zo bestaande white spots op te vullen
- Het uitvoeren van locatie specifieke haalbaarheidsstudies op basis van bestaande - en eventueel verkregen nieuwe data.

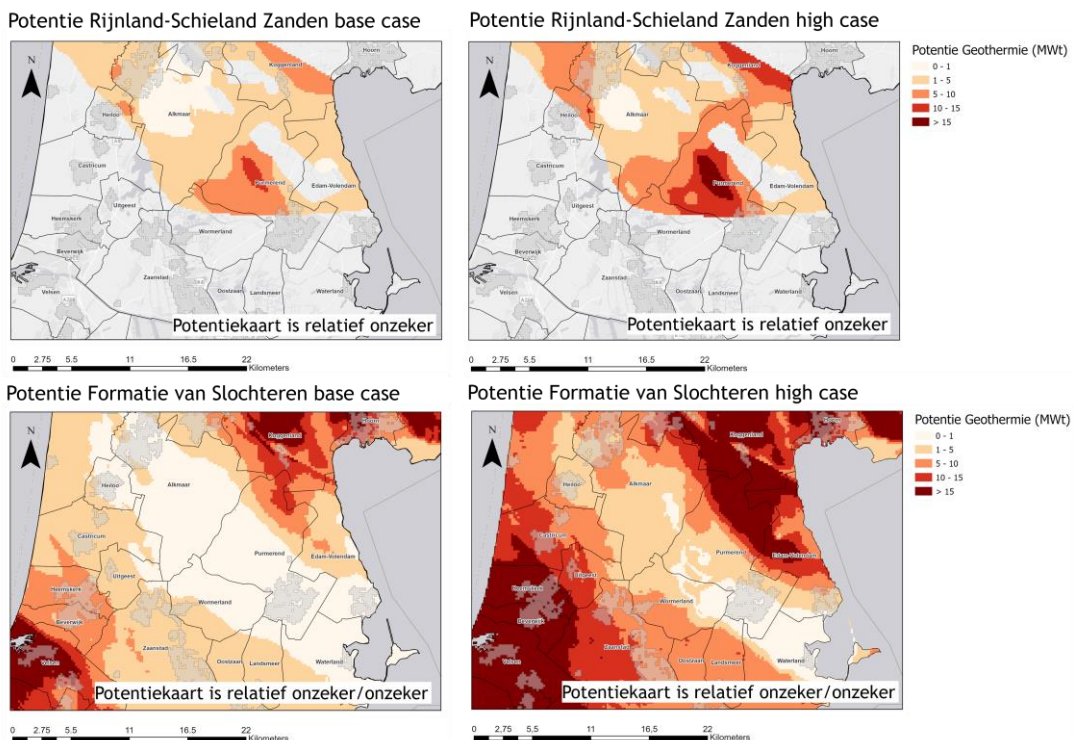
Zanden van de Rijnland - en Schieland groep

Conclusies en opvolging:

In Noord-Holland Zuid is er rond Amsterdam ook nog een eventueel zandlichaam aangetroffen. Dit zandlichaam was eerder al door EBN geïdentificeerd, en wordt door EBN als mogelijk reservoir voor geothermie beschouwd. Er zijn momenteel echter nog te weinig gegevens om een inschatting van de aanwezigheid en het geothermisch potentieel te maken. De resultaten van de mogelijk uit te voeren SCAN-boring in het Amstelland kunnen uitsluitsel geven over de aanwezigheid, dikte en kwaliteit van dit zandlichaam. Als de resultaten uit deze boring goede indicaties voor geothermie geven dan worden dezelfde stappen geadviseerd als omschreven onder het kopje “Formatie van Slochteren”.

6.5.4 Noord-Holland Midden

Gemeenten: Edam-Volendam, Dijk en Waard, Purmerend, Wormerland, Uitgeest, Castricum, Heiloo, Alkmaar.



Figuur 6.12 | Boven) geothermische potentie in Noord-Holland midden voor de Zanden van de Rijnland - en Schieland groep met de base case (links) en high case (rechts). Onder) geothermische potentie in Noord-Holland midden voor Formatie van Slochteren met de base case (links) en high case (rechts).

Formatie van Slochteren

Conclusies:

De behaalde resultaten voor de Formatie van Slochteren zijn in dit gebied redelijk onzeker. Daarom kan er in dit gebied zowel naar de base - als high case potentiekaarten worden gekeken (Figuur 6.12 onder). Deze kaarten geven aan dat in dit deelgebied kansen voor geothermie liggen aan de noordkant van Purmerend en in de regio's Alkmaar, Heerhugowaard en Castricum. De onzekerheid in de geothermiepotentie voor elk van deze regio's kan worden verkleind door lokaal specifieke haalbaarheidsstudies uitvoeren waarbij meer lokale putten worden meegenomen.

Opvolging:

Op basis van de van gepresenteerde resultaten en additionele lokale putgegevens kunnen locatie specifieke haalbaarheidsstudies worden uitgevoerd. Met behulp van deze nieuwe studies kunnen bestaande onzekerheden worden aanzienlijk worden verkleind. Ook kan er basis van deze studies naar mogelijk nieuwe locaties voor aardwarmte worden gezocht. Denk hier bijvoorbeeld aan het gebied ten noorden van Purmerend (nabij Middellie) of de stadsregio Alkmaar-Heerhugowaard.

Zanden van de Rijnland - en Schieland groep

Conclusies:

De behaalde resultaten voor de Rijnland-Schieland zanden zijn in dit gebied redelijk onzeker. Daarom kan er in dit gebied zowel naar de base - als high case potentiekaarten worden gekeken (Figuur 6.12 boven). Deze kaarten geven aan dat er voornamelijk in regio's Alkmaar, Bergen, Castricum en Purmerend kansen liggen voor warmtewinning uit de Rijnland-Schieland zanden. Vergeleken met de potentie in de Formatie van Slochten geldt wel dat over het algemeen de potentie voor de Zanden van de Rijnland en Schieland groep lager is. De onzekerheid in de geothermiepotentie voor elk van deze regio's kan worden verkleind door lokaal specifieke haalbaarheidsstudies uitvoeren waarbij in meer detail naar de seismische data en lokale putgegevens wordt gekeken.

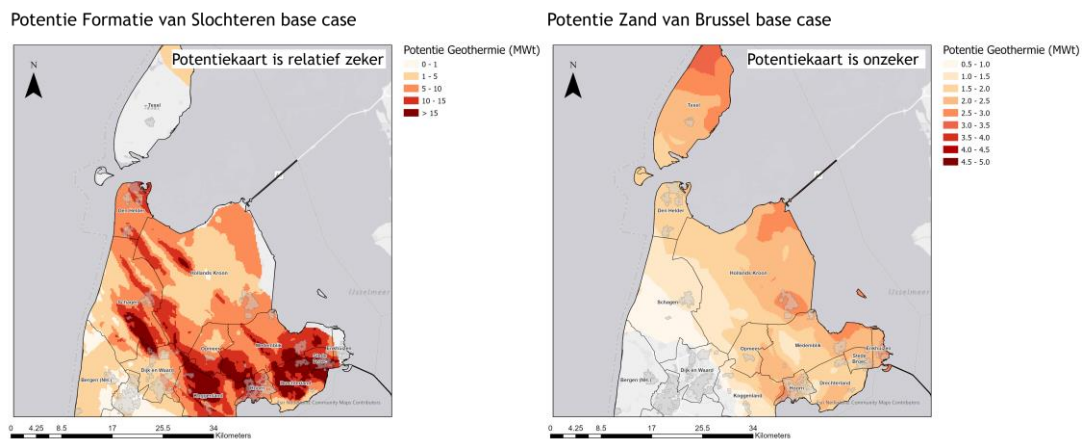
Opvolging:

Voor elk van de regio's waar er op basis van de verkregen resultaten mogelijk potentie zit voor aardwarmte uit de Rijnland-Schieland zanden kunnen lokale haalbaarheidsstudies worden uitgevoerd. Voor de studies is het van belang om in meer detail naar de seismische data en putgegevens te kijken om zo een beter beeld te krijgen lokale potentie voor geothermie. Met behulp van deze nieuwe studies kunnen bestaande onzekerheden worden verkleind en kunnen nieuwe vervolgstappen worden bepaald.

6.5.5

Noord-Holland Noord

Gemeenten: Bergen, Koggenland, Hoorn, Drechterland, Stede Broec, Enkhuizen, Medemblik, Opmeer, Hollands Kroon, Schagen, Den Helder, Texel.



Figuur 6.13 | Geothermische potentie in Noord-Holland Noord voor de Formatie van Slochteren (links) en het Zand van Brussel (rechts). Let op: de kleurenschaal is verschillend per figuur.

Formatie van Slochteren

Conclusies:

De Formatie van Slochteren biedt zeer goede kansen voor grote delen van de deelregio Noord-Holland noord (Figuur 6.13). In Andijk en Middenmeer zijn ook al uiterst succesvolle geothermieprojecten gerealiseerd. Met uitzondering van het uiterste noorden is op Texel de Formatie van Slochteren afwezig.

Opvolging:

Voor Noord-Holland noord kunnen met behulp van gepresenteerde resultaten nieuwe lokale haalbaarheidsstudies worden uitgevoerd. Met behulp van deze nieuwe studies kunnen vervolgens bestaande systemen worden uitgebreid en/of kan er naar nieuwe locaties voor aardwarmte worden gezocht.

Zand van Brussel

Conclusies:

Voor het Zand van Brussel liggen er vooral kansen in de regio's West-Friesland, Middenmeer en Texel. Wel zijn door de ondiepere ligging en daarmee gepaarde lagere temperaturen de verwachte potenties ($\pm 2.5 - 3.0$ MWt) voor Het Zand van Brussel niet zo hoog als die voor de Formatie van Slochteren worden voorspelt. Echter, door de ondiepere ligging zijn de kosten voor een geothermie systeem ook lager.

Opvolging:

De resultaten uit de WarmingUP studie hebben veel bijgedragen aan nieuwe inzichten voor het Zand van Brussel. Wel blijft er onzekerheid in de verkregen resultaten wegens gebrekkige data. Een volgende stap voor dit gebied zou zijn om in meer detail naar lokale putten te kijken om zo beter inzicht te krijgen naar de reservoir eigenschappen. Verder is het van belang om onderzoek te doen naar haalbaarheid van een geothermieproject met relatief lage temperaturen en lage vermogens.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

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 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.

Note: Deze studie heeft zich gericht op het onderzoeken van de geothermische potenties. Binnen deze studie is geen analyse van de risico's vanuit de ondergrond gemaakt. Dit dient in een lokaal, verdiepende studie onderzocht te worden, wanneer vervolgstappen voor geothermie genomen worden. Voor meer informatie over de risico's van geothermie zie ook: <https://allesoveraardwarmte.nl/veiligheid/>.

Hieronder worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen per regio gegeven:

- **Midden Flevoland (Lelystad) en de Noordoostpolder.** De Formatie van Slochteren biedt zeer goede kansen bij Lelystad. Ook in het noordoostelijke deel van de Noordoostpolder is Formatie van Slochteren zeer kansrijk. Hier zijn ook al geothermieprojecten gerealiseerd. Voor het Zand van Brussel liggen er vooral kansen in de gemeentes Noordoostpolder en Urk. Wel zijn door de ondiepere ligging en daarmee gepaarde lagere temperaturen de verwachte potenties (± 3.0 MWt) voor Het Zand van Brussel niet zo hoog als die voor de Formatie van Slochteren worden voorspeld door de, maar ondiepere ligging zijn de kosten voor een geothermiesysteem ook lager.
 - Met de resultaten van deze studie kunnen nieuwe lokale haalbaarheidsstudies worden uitgevoerd. Met behulp van deze nieuwe studies kunnen vervolgens bestaande systemen worden uitgebreid en/of kan er naar nieuwe locaties voor aardwarmte worden gezocht.
- **Zuid Flevoland (Almere) en 't Gooi.** Binnen de deelregio Zuid Flevoland (Almere) en 't Gooi is enkel het de Formatie van Slochteren aanwezig. De gepresenteerde resultaten in dit gebied zijn zeer onzeker door het de lage datadichtheid. Berekende base-case potenties zijn in dit deelgebied relatief laag. Echter, de high case potentiekaarten laten zien dat er kansen zijn voor geothermie nabij Huizen, Blaricum en Hilversum, met berekende vermogens variërend tussen ± 4 en ± 6 MWt.
 - Nieuwe data voegt in dit gebied veel informatie toe en kan deze onzekerheid flink verkleinen. Zowel nieuwe boorputgegevens (uit het SCAN-programma of aanvullend) en nieuwe seismische data zijn een goede vervolgstap om hier invulling aan te geven.
- **Noord Holland-Zuid (Amsterdam, Haarlem).** Dit gebied wordt gekenmerkt door een complexe geologie en een relatief lage datadichtheid, waardoor voorspellingen onzeker zijn. Met deze onzekerheid in het achterhoofd, heeft de Formatie van Slochteren goede kansen in en rond Heemskerk-Velsen-IJmuiden-Haarlem. Rondom Amsterdam liggen de potentie-inschattingen iets lager. Hier is mogelijk wel een voor geothermie geschikt zandlichaam aanwezig uit de Rijnland- Schieland Groep. Er zijn momenteel echter nog te

weinig gegevens om een inschatting van de aanwezigheid en het geothermisch potentieel te maken.

- Net als in de regio Zuid Flevoland en 't Gooi kan aanvullende data de onzekerheid hier flink verkleinen. Dit kan zowel seismische data zijn als nieuwe informatie uit boorgegevens (uit het SCAN-programma of aanvullend).
- **Noord-Holland Midden.** De ingeschatte potenties voor de Formatie van Slochteren zijn in dit gebied redelijk onzeker. De kaarten geven aan dat in dit deelgebied kansen voor geothermie liggen aan de noordkant van Purmerend en in de regio's Alkmaar, Heerhugowaard en Castricum. Ook de potentie voor de Rijnland-Schieland zanden zijn in dit gebied redelijk onzeker. In de regio's Alkmaar, Bergen, Castricum en Purmerend kansen liggen voor warmtewinning uit de Rijnland-Schieland zanden. Vergeleken met de potentie in de Formatie van Slochten geldt wel dat over het algemeen de potentie voor de Zanden van de Rijnland en Schieland groep lager is.
 - Op basis van de van resultaten in deze studie en additionele lokale putgegevens kunnen locatie specifieke haalbaarheidsstudies worden uitgevoerd. Met behulp van deze nieuwe studies kunnen bestaande onzekerheden worden aanzienlijk worden verkleind. Ook kunnen er basis van deze studies verdere vervolgstappen worden gedefinieerd en kan er naar mogelijk nieuwe locaties voor aardwarmte worden gezocht.
- **Noord-Holland Noord.** De Formatie van Slochteren biedt zeer goede kansen voor grote delen van de deelregio Noord-Holland noord. In Andijk en Middenmeer zijn ook al uiterst succesvolle geothermieprojecten gerealiseerd. Met uitzondering van het uiterste noorden is op Texel de Formatie van Slochteren afwezig. Voor het Zand van Brussel liggen er vooral kansen in de regio's West-Friesland, Middenmeer en Texel. Wel zijn door de ondiepere ligging en daarmee gepaarde lagere temperaturen de verwachte potenties ($\pm 2.5 - 3.0$ MWt) voor Het Zand van Brussel niet zo hoog als die voor de Formatie van Slochteren worden voorspelt.
 - Voor Noord-Holland noord kunnen met behulp van resultaten nieuwe lokale haalbaarheidsstudies worden uitgevoerd. Met behulp van deze nieuwe studies kunnen vervolgens bestaande systemen worden uitgebreid en/of kan er naar nieuwe locaties voor aardwarmte worden gezocht.
- 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 geen inschatting van te geven.
 - 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.

Bijlage 1 - Resultaat tabellen koppeling warmtevraag clusters met ondergrondse potentie

Koppeling Zand van Brussel

Informatie over de tabel: Deze tabel geeft de gekoppelde resultaten voor alle warmteclusters met de base-case potentie van het Zand van Brussel weer. De koppeling is zowel lokaal (0 km) als regionaal uitgevoerd (3 km). Binnen de tabel is de volgende informatie weergegeven: 1) Object ID, Clusternaam en oppervlak, 2) Totale warmtevraag en van elk cluster, 3) Lokale en regionale maximale potentie (MWt) van een doublet in en rondom elk specifiek warmtecluster en 4) Lokale en regionale maximaal produceerbare warmte (PJ/jaar) (let op dit is als alle gekoppelde gridcellen worden benut).

Gegevens Cluster				Lokaal (0 km)		Regionaal (3 km)	
OBJECTID	Clusternaam	oppervlak (ha)	Warmtevraag Totaal (PJ/jaar)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ/jaar)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ/jaar)
21	Stadsregio Amsterdam inclusief glastuinbouw Aalsmeer	9494	37.71	0.0	0.00	0.0	0.00
23	Haarlem-Heemstede	2500	5.35	0.0	0.00	0.0	0.00
69	Glastuinbouw Middenmeer	564	5.17	2.6	0.43	2.6	1.36
87	Glastuinbouw Luttelgeest	408	3.52	2.8	0.34	2.9	1.41
5	Glastuinbouw Rijsenhout	472	3.30	0.0	0.00	0.0	0.00
15	Amsterdam Zuid-Oost	1060	3.19	0.0	0.00	0.0	0.00
48	Alkmaar	1528	2.98	0.0	0.00	0.7	0.08
2	Hilversum	1348	2.81	0.0	0.00	0.0	0.00
64	Glastuinbouw Andijk	316	2.75	2.4	0.10	2.7	0.86
34	Heemskerk-Beverwijk	1256	2.67	0.0	0.00	0.0	0.00

Gegevens Cluster				Lokaal (0 km)		Regionaal (3 km)	
OBJECTID	Clusternaam	oppervlak (ha)	Warmtevraag Totaal (PJ/jaar)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ/jaar)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ/jaar)
	inclusief glastuinbouw						
52	Heerhugowaard en glastuinbouw	972	2.65	1.1	0.11	1.5	0.35
59	Glastuinbouw Scharwoude	280	2.31	1.1	0.15	1.6	0.51
81	Glastuinbouw Almere	272	2.28	1.3	0.11	1.5	0.38
30	Zaanstad-Zaandam	1144	2.26	0.0	0.00	0.0	0.00
88	Glastuinbouw Luttelgeest	244	2.17	2.9	0.49	2.9	1.38
78	Almere	1352	2.02	1.2	0.05	1.8	0.29
14	Hoofddorp	1264	2.01	0.0	0.00	0.0	0.00
35	Purmerend	1232	1.95	0.9	0.15	1.2	0.40
50	Hoorn	1192	1.79	2.5	0.65	2.5	1.49
84	Glastuinbouw Nagele	224	1.63	2.5	0.20	2.6	1.09
82	Lelystad	1112	1.46	2.4	0.56	2.4	1.42
8	Bussum	836	1.45	0.0	0.00	0.0	0.00
22	Amsterdam-Noord	548	1.43	0.0	0.00	0.0	0.00
31	Wormer-Wormerveer-Krommenie	868	1.36	0.0	0.00	0.0	0.00
11	Huizen	861	1.21	0.0	0.00	0.0	0.00
66	Glastuinbouw Middenmeer	112	1.03	2.4	0.11	2.6	0.86
19	Zwanenburg	12	0.99	0.0	0.00	0.0	0.00
10	Amsterdam Zuid-Oost	368	0.84	0.0	0.00	0.0	0.00
33	Volendam	482	0.80	1.5	0.26	1.5	0.60
40	Heiloo	476	0.80	0.0	0.00	0.0	0.00
29	IJmuiden	397	0.79	0.0	0.00	0.0	0.00
62	Enkhuizen	305	0.72	2.9	0.45	2.9	1.18
24	Amsterdam-Noord	340	0.71	0.0	0.00	0.0	0.00
13	Weesp	435	0.70	0.0	0.00	0.0	0.00
17	Zwanenburg	172	0.66	0.0	0.00	0.0	0.00
6	Laren-Blaricum	459	0.64	0.0	0.00	0.0	0.00
73	Den Helder	303	0.62	2.0	0.17	2.2	0.81

Gegevens Cluster				Lokaal (0 km)		Regionaal (3 km)	
OBJECTID	Clusternaam	oppervlak (ha)	Warmtevraag Totaal (PJ/jaar)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ/jaar)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ/jaar)
86	Emmeloord	460	0.60	2.7	0.35	2.7	1.67
7	Nieuw-Vennep	436	0.59	0.0	0.00	0.0	0.00
56	Grootebroek	392	0.57	2.4	0.19	2.9	1.07
38	Castricum	388	0.57	0.0	0.00	0.0	0.00
47	Glastuinbouw Heerhugowaard	56	0.54	0.8	0.04	1.5	0.27
68	Schagen	376	0.53	1.3	0.19	1.6	0.68
80	Almere	400	0.53	1.3	0.15	1.8	0.52
18	Zandvoort	252	0.51	0.0	0.00	0.0	0.00
16	Amsterdam IJburg	159	0.48	0.0	0.00	0.0	0.00
51	Bergen	316	0.48	0.0	0.00	0.6	0.03
26	Velsenbroek	296	0.45	0.0	0.00	0.0	0.00
1	Glastuinbouw Sassenheim	53	0.45	0.0	0.00	0.0	0.00
79	Almere	332	0.44	1.2	0.09	1.5	0.33
76	Almere	288	0.43	0.0	0.00	0.0	0.00
53	Zuid-Scharwoude	220	0.42	0.7	0.03	1.1	0.21
20	Amsterdam Noord	212	0.41	0.0	0.00	0.0	0.00
77	Almere	267	0.41	0.0	0.00	0.0	0.00
85	Urk	281	0.40	2.8	0.35	2.8	1.02
60	Glastuinbouw Enkhuizen	52	0.40	2.4	0.21	2.9	1.03
72	Den Helder	216	0.34	2.0	0.32	2.2	0.88
83	Dronten	268	0.33	1.5	0.17	2.2	0.82
55	Hoogkarspel	184	0.32	2.0	0.16	2.4	0.87
57	Spanbroek	140	0.31	1.9	0.16	2.2	0.83
46	Glastuinbouw Heerhugowaard	28	0.31	0.8	0.04	1.5	0.27
61	Noord-Scharwoude	232	0.30	0.7	0.08	1.3	0.36
27	Glastuinbouw Assendelft	32	0.30	0.0	0.00	0.0	0.00
58	Glastuinbouw Scharwoude	32	0.30	1.1	0.05	1.6	0.45
12	Schiphol	80	0.28	0.0	0.00	0.0	0.00
70	Julianadorp	212	0.28	1.7	0.28	1.9	0.82

Gegevens Cluster				Lokaal (0 km)		Regionaal (3 km)	
OBJECTID	Clusternaam	oppervlak (ha)	Warmtevraag Totaal (PJ/jaar)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ/jaar)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ/jaar)
45	Glastuinbouw Venhuizen	52	0.27	2.0	0.34	2.0	0.81
44	Glastuinbouw Heerhugowaard	40	0.27	1.2	0.09	1.7	0.39
9	Amsterdam Zuid-Oost	16	0.27	0.0	0.00	0.0	0.00
63	Glastuinbouw Enkhuizen	28	0.26	2.7	0.22	2.9	0.88
43	De Goorn	144	0.25	1.1	0.09	2.2	0.65
71	Den Helder	176	0.24	2.0	0.17	2.2	0.81
37	Purmerend	24	0.23	0.8	0.04	1.0	0.23
49	Obdam	96	0.23	1.5	0.15	1.9	0.50
74	Den Burg	148	0.23	2.4	0.39	2.6	1.29
75	Zeewolde	171	0.23	0.0	0.00	1.1	0.14
4	Glastuinbouw Lisse	64	0.23	0.0	0.00	0.0	0.00
54	Glastuinbouw Wognum	24	0.22	2.0	0.09	2.3	0.75
42	Egmond aan Zee	92	0.22	0.0	0.00	0.0	0.00
28	Monnickendam	146	0.22	0.9	0.04	1.4	0.27
25	Landsmeer	144	0.22	0.0	0.00	0.0	0.00
67	Medemblik	141	0.22	2.5	0.41	2.7	1.17
39	Limmen	148	0.21	0.0	0.00	0.0	0.00
65	Glastuinbouw Dirkshoorn-Sint Maarten	36	0.21	1.0	0.12	1.1	0.41
3	Glastuinbouw Lisse	20	0.21	0.0	0.00	0.0	0.00
36	Uitgeest	124	0.21	0.0	0.00	0.0	0.00
32	Purmerend	20	0.21	0.0	0.00	0.9	0.08
41	Voetbalstadion Alkmaar	4	0.20	0.0	0.00	0.0	0.00

Koppeling Zanden van de Rijnland en Schieland groep

Informatie over de tabel: Deze tabel geeft de gekoppelde resultaten voor alle warmteclusters met de base-case potentie van de Rijnland-Schieland Zanden weer. De koppeling is zowel lokaal (0 km) als regionaal (3 km) uitgevoerd. Binnen de tabel is de volgende informatie weergegeven: 1) Object ID, Clusternaam en oppervlak, 2) Totale warmtevraag en van elk cluster, 3) Lokale en regionale maximale potentie (MWt) van een doublet in en rondom elk specifiek warmtecluster en 4) Lokale en regionale maximaal produceerbare warmte (PJ/jaar) (let op dit is als alle gekoppelde gridcellen worden benut).

Gegevens Cluster				Lokaal (0 km)		Regionaal (3 km)	
OBJECTID *	Clusternaam	oppervlak (ha)	Warmtevraag Totaal (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)
21	Stadsregio Amsterdam inclusief glastuinbouw Aalsmeer	9494	37.71	0.0	0.00	0.1	0.00
23	Haarlem-Heemstede	2500	5.35	0.8	0.09	1.2	0.20
69	Glastuinbouw Middenmeer	564	5.17	0.0	0.00	0.0	0.00
87	Glastuinbouw Luttelgeest	408	3.52	0.0	0.00	0.0	0.00
5	Glastuinbouw Rijsenhout	472	3.30	0.1	0.00	1.2	0.09
15	Amsterdam Zuid-Oost	1060	3.19	0.0	0.00	0.0	0.00
48	Alkmaar	1528	2.98	3.7	0.69	4.0	1.79
2	Hilversum	1348	2.81	0.0	0.00	0.0	0.00
64	Glastuinbouw Andijk	316	2.75	0.0	0.00	0.0	0.00
34	Heemskerk-Beverwijk inclusief glastuinbouw	1256	2.67	0.0	0.00	0.0	0.00
52	Heerhugowaard en glastuinbouw	972	2.65	3.0	0.45	4.3	1.15
59	Glastuinbouw Scharwoude	280	2.31	3.3	0.37	3.3	0.68
81	Glastuinbouw Almere	272	2.28	0.0	0.00	0.0	0.00
30	Zaanstad-Zaandam	1144	2.26	0.0	0.00	0.0	0.00
88	Glastuinbouw Luttelgeest	244	2.17	0.0	0.00	0.0	0.00
78	Almere	1352	2.02	0.0	0.00	0.0	0.00
14	Hoofddorp	1264	2.01	0.1	0.00	0.7	0.08

Gegevens Cluster				Lokaal (0 km)		Regionaal (3 km)	
OBJECTID *	Clusternaam	oppervlak (ha)	Warmtevraag Totaal (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)
35	Purmerend	1232	1.95	5.2	0.32	9.0	1.35
50	Hoorn	1192	1.79	6.5	0.28	6.5	0.77
84	Glastuinbouw Nagele	224	1.63	0.0	0.00	0.0	0.00
82	Lelystad	1112	1.46	0.0	0.00	0.0	0.00
8	Bussum	836	1.45	0.0	0.00	0.0	0.00
22	Amsterdam-Noord	548	1.43	0.0	0.00	0.0	0.00
31	Wormer-Wormerveer-Krommenie	868	1.36	0.0	0.00	5.8	0.57
11	Huizen	861	1.21	0.0	0.00	0.0	0.00
66	Glastuinbouw Middenmeer	112	1.03	0.0	0.00	0.0	0.00
19	Zwanenburg	12	0.99	0.0	0.00	0.0	0.00
10	Amsterdam Zuid-Oost	368	0.84	0.0	0.00	0.0	0.00
33	Volendam	482	0.80	1.6	0.07	2.1	0.29
40	Heiloo	476	0.80	4.0	0.44	4.0	0.96
29	IJmuiden	397	0.79	0.0	0.00	0.0	0.00
62	Enkhuizen	305	0.72	0.0	0.00	0.0	0.00
24	Amsterdam-Noord	340	0.71	0.0	0.00	0.0	0.00
13	Weesp	435	0.70	0.0	0.00	0.0	0.00
17	Zwanenburg	172	0.66	0.0	0.00	0.0	0.00
6	Laren-Blaricum	459	0.64	0.0	0.00	0.0	0.00
73	Den Helder	303	0.62	0.0	0.00	0.0	0.00
86	Emmeloord	460	0.60	0.0	0.00	0.0	0.00
7	Nieuw-Vennep	436	0.59	0.6	0.04	1.6	0.25
56	Grootebroek	392	0.57	0.0	0.00	0.0	0.00
38	Castricum	388	0.57	0.0	0.00	2.5	0.11
47	Glastuinbouw Heerhugowaard	56	0.54	2.2	0.09	4.3	0.75
68	Schagen	376	0.53	0.0	0.00	0.0	0.00
80	Almere	400	0.53	0.0	0.00	0.0	0.00
18	Zandvoort	252	0.51	1.2	0.10	1.2	0.20

Gegevens Cluster				Lokaal (0 km)		Regionaal (3 km)	
OBJECTID *	Clusternaam	oppervlak (ha)	Warmtevraag Totaal (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)
16	Amsterdam IJburg	159	0.48	0.0	0.00	0.0	0.00
51	Bergen	316	0.48	3.4	0.49	3.7	1.48
26	Velsenbroek	296	0.45	0.0	0.00	0.8	0.06
1	Glastuinbouw Sassenheim	53	0.45	1.6	0.07	1.6	0.25
79	Almere	332	0.44	0.0	0.00	0.0	0.00
76	Almere	288	0.43	0.0	0.00	0.0	0.00
53	Zuid-Scharwoude	220	0.42	2.2	0.26	3.3	1.03
20	Amsterdam Noord	212	0.41	0.0	0.00	0.0	0.00
77	Almere	267	0.41	0.0	0.00	0.0	0.00
85	Urk	281	0.40	0.0	0.00	0.0	0.00
60	Glastuinbouw Enkhuizen	52	0.40	0.0	0.00	0.0	0.00
72	Den Helder	216	0.34	0.0	0.00	0.0	0.00
83	Dronten	268	0.33	0.0	0.00	0.0	0.00
55	Hoogkarspel	184	0.32	0.0	0.00	0.0	0.00
57	Spanbroek	140	0.31	0.0	0.00	6.8	0.48
46	Glastuinbouw Heerhugowaard	28	0.31	2.2	0.09	4.3	0.75
61	Noord-Scharwoude	232	0.30	3.3	0.30	3.3	0.74
27	Glastuinbouw Assendelft	32	0.30	0.0	0.00	0.0	0.00
58	Glastuinbouw Scharwoude	32	0.30	0.0	0.00	3.3	0.37
12	Schiphol	80	0.28	0.0	0.00	0.0	0.00
70	Julianadorp	212	0.28	0.0	0.00	0.0	0.00
45	Glastuinbouw Venhuizen	52	0.27	0.0	0.00	0.0	0.00
44	Glastuinbouw Heerhugowaard	40	0.27	4.3	0.30	6.8	1.28
9	Amsterdam Zuid-Oost	16	0.27	0.0	0.00	0.0	0.00
63	Glastuinbouw Enkhuizen	28	0.26	0.0	0.00	0.0	0.00
43	De Goorn	144	0.25	5.2	0.36	6.8	1.90
71	Den Helder	176	0.24	0.0	0.00	0.0	0.00

Gegevens Cluster				Lokaal (0 km)		Regionaal (3 km)	
OBJECTID *	Clusternaam	oppervlak (ha)	Warmtevraag Totaal (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)
37	Purmerend	24	0.23	5.2	0.23	9.0	1.28
49	Obdam	96	0.23	4.3	0.28	6.8	1.14
74	Den Burg	148	0.23	0.0	0.00	0.0	0.00
75	Zeewolde	171	0.23	0.0	0.00	0.0	0.00
4	Glastuinbouw Lisse	64	0.23	1.3	0.08	1.6	0.25
54	Glastuinbouw Wognum	24	0.22	0.0	0.00	0.0	0.00
42	Egmond aan Zee	92	0.22	2.4	0.10	4.0	0.55
28	Monnickendam	146	0.22	0.0	0.00	0.0	0.00
25	Landsmeer	144	0.22	0.0	0.00	0.0	0.00
67	Medemblik	141	0.22	0.0	0.00	0.0	0.00
39	Limmen	148	0.21	0.0	0.00	4.0	0.44
65	Glastuinbouw Dirkshoorn-Sint Maarten	36	0.21	2.2	0.10	3.6	0.50
3	Glastuinbouw Lisse	20	0.21	1.3	0.08	1.6	0.22
36	Uitgeest	124	0.21	0.0	0.00	3.0	0.25
32	Purmerend	20	0.21	0.0	0.00	7.8	0.81
41	Voetbalstadion Alkmaar	4	0.20	3.7	0.16	4.0	0.86

Koppeling Formatie van Slochteren

Informatie over de tabel: Deze tabel geeft de gekoppelde resultaten voor alle warmteclusters met de base-case potentie van de Formatie van Slochteren weer. De koppeling is zowel lokaal (0 km) als regionaal (3 km) uitgevoerd. Binnen de tabel is de volgende informatie weergegeven: 1) Object ID, Clusternaam en oppervlak, 2) Totale warmtevraag en van elk cluster, 3) Lokale en regionale maximale potentie (MWt) van een doublet in en rondom elk specifiek warmtecluster en 4) Lokale en regionale maximaal produceerbare warmte (PJ/jaar) (let op dit is als alle gekoppelde gridcellen worden benut).

Gegevens Cluster				Lokaal (0 km)		Regionaal (3 km)	
OBJECTID	Clusternaam	oppervlak (ha)	Warmtevraag Totaal (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)
21	Stadsregio Amsterdam inclusief glastuinbouw Aalsmeer	9494	37.71	4.9	1.93	5.4	4.18
23	Haarlem-Heemstede	2500	5.35	14.8	3.65	18.1	8.22
69	Glastuinbouw Middenmeer	564	5.17	7.2	1.07	8.6	3.43
87	Glastuinbouw Luttelgeest	408	3.52	6.3	0.80	6.3	2.81
5	Glastuinbouw Rijsenhout	472	3.30	0.8	0.10	3.2	0.55
15	Amsterdam Zuid-Oost	1060	3.19	1.7	0.23	2.7	0.75
48	Alkmaar	1528	2.98	2.5	0.36	10.2	1.75
2	Hilversum	1348	2.81	0.5	0.08	1.2	0.22
64	Glastuinbouw Andijk	316	2.75	13.1	0.56	18.7	5.35
34	Heemskerk-Beverwijk inclusief glastuinbouw	1256	2.67	8.9	1.59	18.1	5.50
52	Heerhugowaard en glastuinbouw	972	2.65	7.2	1.20	16.5	4.54
59	Glastuinbouw Scharwoude	280	2.31	14.8	1.60	16.4	5.01
81	Glastuinbouw Almere	272	2.28	0.0	0.00	0.2	0.02
30	Zaanstad-Zaandam	1144	2.26	3.7	0.91	4.6	2.24
88	Glastuinbouw Luttelgeest	244	2.17	5.9	0.83	6.3	2.54
78	Almere	1352	2.02	0.4	0.03	0.4	0.04
14	Hoofddorp	1264	2.01	3.2	0.43	7.1	1.92

Gegevens Cluster				Lokaal (0 km)		Regionaal (3 km)	
OBJECTID	Clusternaam	oppervlak (ha)	Warmtevraag Totaal (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)
35	Purmerend	1232	1.95	1.5	0.11	4.1	0.84
50	Hoorn	1192	1.79	17.6	3.97	17.6	9.67
84	Glastuinbouw Nagele	224	1.63	0.0	0.00	4.4	0.41
82	Lelystad	1112	1.46	11.6	2.22	12.5	5.72
8	Bussum	836	1.45	0.0	0.00	0.4	0.03
22	Amsterdam-Noord	548	1.43	2.5	0.43	2.9	1.36
31	Wormer-Wormerveer-Krommenie	868	1.36	4.6	0.70	6.6	2.09
11	Huizen	861	1.21	0.9	0.07	0.9	0.13
66	Glastuinbouw Middenmeer	112	1.03	7.1	0.31	8.6	2.61
19	Zwanenburg	12	0.99	5.4	0.23	8.2	1.47
10	Amsterdam Zuid-Oost	368	0.84	1.3	0.09	2.7	0.42
33	Volendam	482	0.80	1.6	0.07	1.6	0.25
40	Heiloo	476	0.80	1.5	0.15	3.1	0.83
29	IJmuiden	397	0.79	18.1	2.55	20.7	7.27
62	Enkhuizen	305	0.72	14.0	0.99	20.8	4.21
24	Amsterdam-Noord	340	0.71	2.7	0.43	3.1	1.39
13	Weesp	435	0.70	0.1	0.00	1.3	0.14
17	Zwanenburg	172	0.66	5.4	0.50	8.2	2.03
6	Laren-Blaricum	459	0.64	0.4	0.02	0.9	0.10
73	Den Helder	303	0.62	11.1	0.77	11.1	2.45
86	Emmeloord	460	0.60	2.4	0.11	4.0	0.76
7	Nieuw-Vennep	436	0.59	1.0	0.14	1.6	0.46
56	Grootebroek	392	0.57	16.4	1.31	20.8	5.74
38	Castricum	388	0.57	5.3	0.61	6.6	1.98
47	Glastuinbouw Heerhugowaard	56	0.54	6.7	0.29	16.5	3.16
68	Schagen	376	0.53	11.3	1.65	20.5	5.33
80	Almere	400	0.53	0.0	0.00	0.2	0.02
18	Zandvoort	252	0.51	10.3	0.90	15.5	2.69
16	Amsterdam IJburg	159	0.48	1.0	0.05	1.5	0.35

Gegevens Cluster				Lokaal (0 km)		Regionaal (3 km)	
OBJECTID	Clusternaam	oppervlak (ha)	Warmtevraag Totaal (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)
51	Bergen	316	0.48	1.6	0.25	5.8	1.14
26	Velsenbroek	296	0.45	16.3	1.89	18.1	6.39
1	Glastuinbouw Sassenheim	53	0.45	0.8	0.06	1.6	0.26
79	Almere	332	0.44	0.1	0.00	0.4	0.02
76	Almere	288	0.43	0.1	0.00	0.4	0.05
53	Zuid-Scharwoude	220	0.42	3.6	0.48	14.8	3.08
20	Amsterdam Noord	212	0.41	2.1	0.16	2.7	0.95
77	Almere	267	0.41	0.2	0.01	1.3	0.09
85	Urk	281	0.40	0.0	0.00	0.0	0.00
60	Glastuinbouw Enkhuizen	52	0.40	13.5	0.97	18.7	4.69
72	Den Helder	216	0.34	11.1	1.52	11.1	3.16
83	Dronten	268	0.33	1.1	0.05	5.8	0.91
55	Hoogkarspel	184	0.32	18.7	1.52	18.7	6.43
57	Spanbroek	140	0.31	12.1	0.76	17.4	5.49
46	Glastuinbouw Heerhugowaard	28	0.31	6.7	0.29	16.5	3.16
61	Noord-Scharwoude	232	0.30	14.8	1.24	20.5	4.74
27	Glastuinbouw Assendelft	32	0.30	4.0	0.17	9.5	1.99
58	Glastuinbouw Scharwoude	32	0.30	11.5	0.50	16.4	3.96
12	Schiphol	80	0.28	4.8	0.35	5.4	1.31
70	Julianadorp	212	0.28	9.6	1.46	9.6	3.94
45	Glastuinbouw Venhuizen	52	0.27	15.3	1.80	20.8	5.37
44	Glastuinbouw Heerhugowaard	40	0.27	16.5	1.25	17.4	4.52
9	Amsterdam Zuid-Oost	16	0.27	1.3	0.06	2.7	0.39
63	Glastuinbouw Enkhuizen	28	0.26	8.9	0.38	14.0	2.61
43	De Goorn	144	0.25	15.3	1.16	17.4	5.61
71	Den Helder	176	0.24	11.1	0.89	11.1	3.51
37	Purmerend	24	0.23	0.1	0.00	4.1	0.40
49	Obdam	96	0.23	16.5	1.71	17.4	5.25

Gegevens Cluster				Lokaal (0 km)		Regionaal (3 km)	
OBJECTID	Clusternaam	oppervlak (ha)	Warmtevraag Totaal (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)	Maximale potentie doublet (MWt)	Produceerbare warmte (PJ)
74	Den Burg	148	0.23	0.0	0.00	0.0	0.00
75	Zeewolde	171	0.23	0.1	0.00	0.3	0.02
4	Glastuinbouw Lisse	64	0.23	1.6	0.11	1.6	0.28
54	Glastuinbouw Wognum	24	0.22	12.8	0.55	17.6	4.62
42	Egmond aan Zee	92	0.22	2.4	0.38	2.6	0.77
28	Monnickendam	146	0.22	0.0	0.00	1.7	0.13
25	Landsmeer	144	0.22	2.8	0.23	2.9	0.97
67	Medemblik	141	0.22	9.1	1.35	12.0	3.98
39	Limmen	148	0.21	2.1	0.16	5.3	1.11
65	Glastuinbouw Dirkshoorn-Sint Maarten	36	0.21	20.5	2.00	20.5	4.47
3	Glastuinbouw Lisse	20	0.21	1.6	0.11	1.6	0.28
36	Uitgeest	124	0.21	3.6	0.25	6.6	1.56
32	Purmerend	20	0.21	0.0	0.00	0.8	0.05
41	Voetbalstadion Alkmaar	4	0.20	0.4	0.02	1.5	0.25

Bijlage 2 - Inputdata voor de potentieberekening

De onderstaande tabel geeft de gebruikte input data voor het berekenen van de geothermische potentie (base case) voor de verschillende reservoirs.

Parameter	Eenheid	Slochteren	Rijnland/Schieland	Brussel
Saliniteit	[g/l]	225	125	35
Tretour	[°C]	35	25	10
Pompendement	[-]	0,7	0,7	0,7
COP gewenst	[-]	15	10	-
Putafstand	[m]	1500	1500	1000
Skin	[-]	0	0	-0.9
Putdiameter	[]	8,5 inch	8,5 inch	600 mm
Max. debiet	[m ³ /uur]	500	500	500
Drukgradient	[bar/m]	0,106	0,104	0,101

IF Technology **Creating energy**



Velperweg 37
6824 BE Arnhem
Postbus 605
6800 AB Arnhem

T 026 35 35 555
E info@iftechnology.nl
I www.iftechnology.nl

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

IF Technology **Creating energy**