

74100973-CES/IPT 12-3178

Kansen voor Ondiepe Geothermie voor de glastuinbouw

Arnhem, 27 juni 2012

Auteurs:

Koen Hellebrand (IF-Technology);
Ronald Jan Post (DLV glas & energie)
Bart in 't Groen (KEMA)

In opdracht van SKB en in het kader van het transitiepad *aardwarmte* binnen het programma "Kas als Energiebron"; van Productschap Tuinbouw en het ministerie van EL&I



auteur : B.A.F. in 't Groen
B 136 blz. 7 bijl.

12-06-28  beoordeeld : F.D. Sikkema
GvW goedgekeurd : T.J. Bosma

12-06-28 
12-06-27 



Contact gegevens uitvoerenden:

KEMA Nederland B.V.
Bart in 't Groen
Utrechtseweg 310
P.O. Box 9035
6800 ET Arnhem
Tel: 026 356 2258
Bart.intgroen@kema.com

IF Technology
Koen Hellebrand
Velperweg 37
6824 BE Arnhem
Tel: 026 3 53 55 80
K.Hellebrand@iftechnology.nl

DLV glas & energie
Ronald Jan Post
Zuidweg 38,
2671 MN Naaldwijk
0174-28 28 28
rj.post@dlvge.nl

INHOUD

blz.

1.	Projectintroductie en doelstelling	5
2.	De Bodempotentie voor Ondiepe geothermie in Nederland.	8
2.1.	Tuinbouwgebieden in Nederland	8
2.2.	Juridisch kader ondergrond in Nederland	9
2.3.	Formatielagen voor ondiepe geothermie	9
2.4.	Potentie ondergrond	10
3.	Boortechneik	13
3.1.	Juridisch kader ten behoeve van boortechneiken.....	13
3.2.	Mogelijkheden om de boorkosten te reduceren	14
3.3.	Boorkosten	14
4.	Systeemintegratie en Potentieel	16
4.1.	Principe toepassing ondiepe geothermie	16
4.2.	Energetisch potentieel	17
4.2.1.	Potentie voor OGT: Behoeftte gedreven.....	17
4.2.2.	Potentie voor OGT: Bodempotentie	26
4.2.3.	Gemiddeld milieuvoordeel.....	29
4.2.4.	Potentie voor OGT: Bodempotentie glastuinbouw	30
4.2.5.	Milieuvoordeel per glastuinbouwgebied	32
5.	Economische potentie.....	34
5.1.	Opzet warmteprijsberekening	34
5.2.	Generieke warmteprijs	35
5.3.	Warmteprijs per glastuinbouw concentratiegebied	44
5.4.	Outlook naar de gebouwde omgeving	48
6.	Conclusie en aanbevelingen	50
7.	Literatuur en bronvermelding	52
Bijlage A	Geologisch kader	53
Bijlage B	Kaarten Nederland (diepte, zandlaagdikte, temperatuur en OGT potentie.....	76

Bijlage C	Boortechniek	100
Bijlage D	OGT brongegevens per tuindersgebied	121
Bijlage E	Onzekerheden potentiekaarten	124
Bijlage F	Grafieken bij scenario's #1 tot #5	127
Bijlage G	Aannames warmteprijsberekening	136

1. PROJECTINTRODUCTIE EN DOELSTELLING

De glastuinbouw is een energie-intensieve sector en verduurzaming staat hoog op de agenda. Bodemenergie kan hierin een belangrijk aandeel leveren.

Er is zeer veel ervaring met warmte-/koudeopslag (< 250 meter diepte) in combinatie met warmtepompen; deze techniek is inmiddels volwassen. Ook voor diepe geothermie (> 1.500 meter diepe) komt in toenemende mate praktijkervaring en informatie beschikbaar.

De praktijkervaring leert dat ondiepe geothermie (OGT) nog nauwelijks naamsbekendheid geniet en staat nog volledig in de kinderschoenen. Het toepassingsgebied van dit concept in de bodem is tussen de 0 en 1.000 meter. In tegenstelling tot diepe geothermie, is ondiepe geothermie juist voor kleinere schaalgrootte, mogelijk een enkele tuinder, toepasbaar. De ondiepe geothermie kan in combinatie met de bestaande verwarmingsinstallatie worden ingezet maar met een duurzamer resultaat als gevolg. Omdat ondieper wordt geboord zijn de boorkosten en de financiële risico's lager.

Dit project kent als hoofddoelstelling dat aan het eind van het project het potentieel en de kansen van OGT voor de Nederlandse glastuinbouwsector duidelijk is. Het project heeft de focus op vier deelgebieden, zoals weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Doelstelling van de studie en de vier deelgebieden binnen dit project

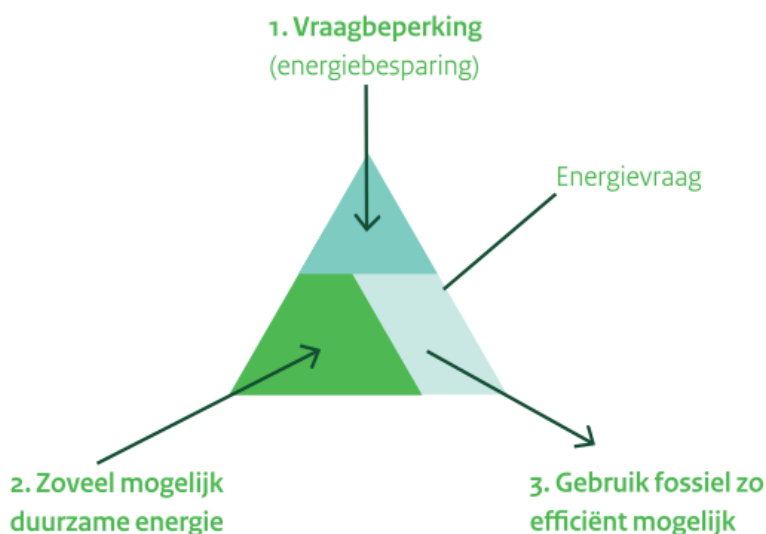
De potentie van de ondiepe geothermie wordt onderzocht aan de hand van drie sub-onderzoeken:

- Bodem: Het resultaat van dit onderzoek is een aantal potentiekaarten van de ondergrond. De kaarten geven inzicht waar de bodem geschikt lijkt voor de toepassing van ondiepe geothermie
- Boorteknik: Met behulp van dit onderzoek wordt inzicht verkregen in de mogelijke boortekniken en de boorkosten waarbij handhaving van de veiligheid voorop staat
- Systeemintegratie: Met kennis en ervaring van de verwarmingsinstallaties uit glastuinbouw wordt de integratie van de ondiepe geothermie nader uitgewerkt. Belangrijke aspecten zijn; de inzet van de bestaande installatie, CO₂-levering, toepassing van een warmtepomp en het nieuwe telen.

De subonderzoeken vormen de bouwstenen om de potentie van ondiepe geothermie te kunnen bepalen.

Om de studie zo concreet mogelijk in te steken is een klankbordgroep samengesteld, waarin verschillende glastuinders de glastuinbouwsector vertegenwoordigen. De klankbordgroep was samengesteld uit de volgende bedrijven; Ekwadraat, A. Kuyper; Vink Sion, J. Vink. Sweetpoint, L. Berg. LLTB, P. van Boekel en kwekerij nieuwe dijk, P. Dijk.

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van SKB en in het kader van het transitiepad aardwarmte binnen het programma "Kas als Energiebron"; dat wordt gefinancierd door SKB, het Productschap Tuinbouw en het ministerie van EL&I. Het project is gestart op 1 juni 2011 en is uitgevoerd door "KEMA Nederland B.V.", "DLV glas en energie" en "IF-Technology".



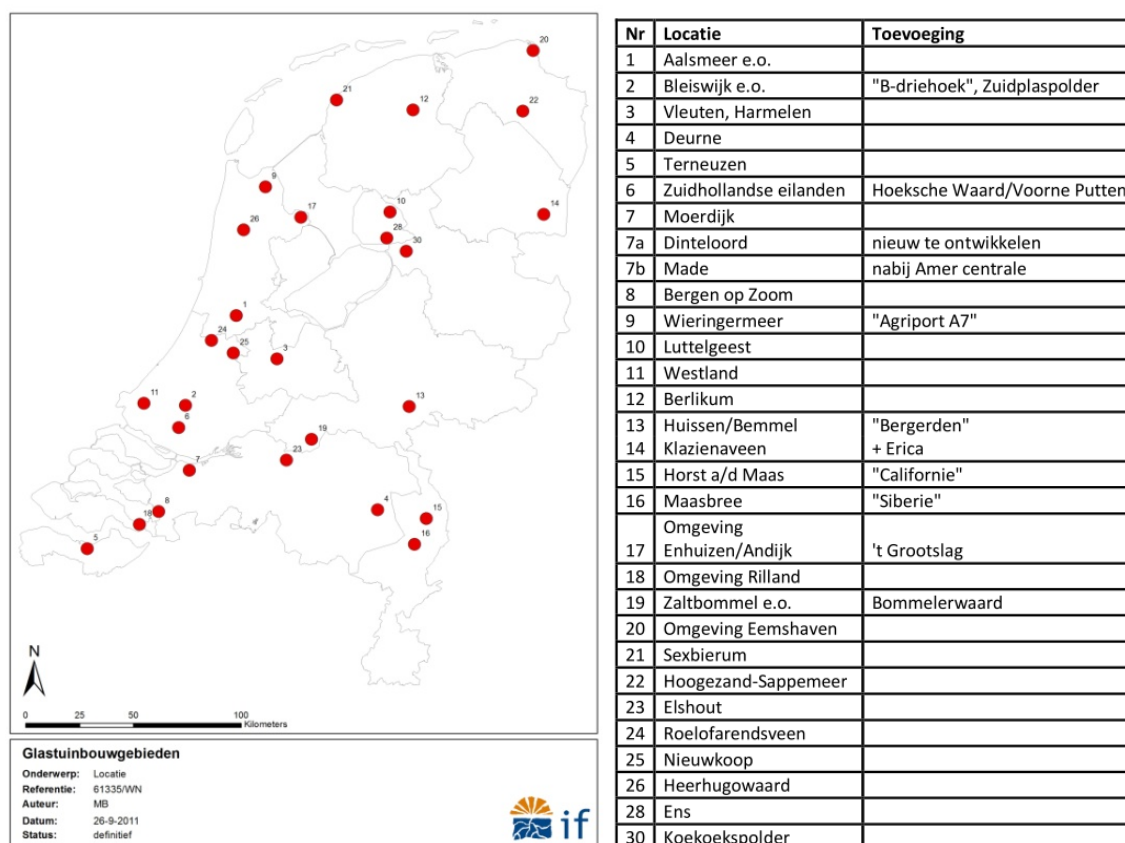
Figuur 2 Trias energetica; voor verduurzaming van de glastuinbouw

In deze rapportage worden de verschillende fasen uit de trias energetica ingezet om te komen tot een potentiebepaling voor ondiepe geothermie, als warmtebron voor kasverwarming. In deze rapportage wordt eerst (in hoofdstuk 0) de bodemopbouw van de Nederlandse ondergrond toegelicht, waarbij met name wordt ingegaan op de geschikte formatielagen voor het concept van OGT. Hierna wordt in hoofdstuk 3 een toelichting gegeven op de mogelijke boortechnieken. Hoofdstuk 4 brengt hierna de potentie van de ondergrond samen met een aantal doorerekende case-specifieke situaties voor de glastuinbouw. Hoofdstuk 4 geeft ook een outlook voor kansen voor OGT voor de gebouwde omgeving, waarna hoofdstuk 5 afsluit met de conclusies van dit onderzoek.

2. DE BODEMPOTENTIE VOOR ONDIEPE GEOTHERMIE IN NEDERLAND.

Dit hoofdstuk beschrijft de aanwezige tuinbouwgebieden in Nederland en de eigenschappen van de ondergrondse zandlagen in Nederland. Bij OGT wordt warmte onttrokken uit water afkomstig uit deze zandige lagen.

2.1. Tuinbouwgebieden in Nederland



Figuur 3 Tuinbouwgebieden in Nederland

In bovenstaande figuur 3 worden de diverse glastuinbouw concentratiegebieden in Nederland aangehaald. Deze zijn o.a. gebruikt bij het opstellen van de potentiekaarten en de warmteprijsberekening (zie ook hoofdstuk 4).

2.2. Juridisch kader ondergrond in Nederland

Voor het kunnen onttrekken van grondwater voor ondiepe geothermie zijn verschillende vergunningen noodzakelijk. Deze vergunningen hebben betrekking op de realisatie en exploitatie van het bodemenergiesysteem.

In Nederland ligt voor bodemenergie een belangrijke juridische grens op 500 m. Systemen (zoals warmte-/koudeopslag) ondieper dan 500m vallen onder de Waterwet. Hiervoor is de provincie het bevoegd gezag. Dieper dan 500m geldt de Mijnbouwwet, waarvoor het ministerie EL&I het bevoegd gezag is.

Wanneer ondiepe geothermie wordt toegepast in formaties dieper dan 500 m gelden strengere eisen ten aanzien van veiligheid omdat het risico op aantreffen van olie of gas steeds groter worden. In hoofdstuk 3 en bijlage C wordt nader ingegaan op het effect op de boorkosten.

Het toepassen van het concept ondiepe geothermie ondieper dan 500 m conflicteert in principe met de eisen in de Waterwet. Het concept ondiepe geothermie gebruikt enkel warmte en koelt de bodem netto af daar een energiebalans vereist is. Om ondiepe geothermie te kunnen toepassen ondieper dan 500 m is overleg met het bevoegd gezag noodzakelijk. Anderzijds kan een regeneratievoorziening worden getroffen voor het herstellen van de energiebalans in de bodem. Dit is echter vanuit financieel oogpunt niet gewenst.

2.3. Formatielagen voor ondiepe geothermie

Voor de toepassing van ondiepe geothermie zijn komen een viertal formatielagen geschikt, te weten "*zand van Brussel*", "*formatie van Breda*", "*formatie van Oosterhout*" en de "*formatie van Maassluis*". Deze formatielagen worden nader toegelicht in Bijlage A op bladzijde 53.

Op basis van beschikbare geologische gegevens ([1 RGD], [2, TNO], [3, DINOloket]) zijn de geologische eigenschappen in kaart gebracht en middels interpolatie in landsdekkende kaarten weergegeven (0). De volgende kaarten zijn gemaakt:

- 1) diepte kaarten
- 2) temperatuur kaarten
- 3) netto zanddikte kaarten.

2.4. Potentie ondergrond

Voor elke van de vier formatielagen is een kaart opgemaakt waarin de relatieve potentie van de ondergrond is weergegeven in vier klassen: *geen*, *laag*, *middel* en *hoog*. De potentie is gebaseerd op de netto zanddikte, omdat dit de belangrijkste factor is in functie van OGT. Bij de kaarten voor het Zand van Brussel en de Formatie van Breda is naast de netto zanddikte ook rekening gehouden met het regionale kwaliteitsverschil van het aanwezige zand. Voor de Formatie van Maassluis en de Formatie van Oosterhout is dit niet nodig, omdat de regionale verschillen beperkt zijn. Het verwachte debiet voor de verschillende formatielagen is verschillend per klasse, zie onderstaande tabel.

Tabel 1 Verwacht debiet voor de verschillende formatielagen [m³/uur]

	Laag	Midden	Hoog
Brussel	1-15	15-45	45-100
Breda	25-50	50-100	100-150
Oosterhout	30-55	55-100	100-150
Maassluis	25-50	50-95	95-150

Figuur 4 geeft een beeld van de potentiekaarten van de ondergrond. In bijlage A zijn de kaarten op A4-formaat opgenomen.



Figuur 4 Potentiekarten van de verschillende formatielagen; middels stippen zijn de verschillende glastuinbouw gebieden aangegeven.

De potentiekaarten mogen uitsluitend als richtlijn gebruikt worden. Diverse onzekerheden dienen in acht genomen te worden bij de interpretatie ervan. Een uitgebreide toelichting hierop wordt gegeven in Bijlage E op bladzijde 124, onderstaand een korte samenvatting:

1. De potentiekaarten geven enkel de relatieve potentie voor een bepaalde zandlaag weer. Om een project uit te voeren is het noodzakelijk om eerst een gedetailleerd vooronderzoek te doen.
2. Beschikbare en gebruikte boorgegevens zijn niet gelijkmatig verdeeld over Nederland, en geven een onzekerder beeld in lage gegevensdichtheid-gebieden, zie Bijlage A.
3. Breukvlak- en zouttektoniek- gebieden hebben een grotere onzekerheid (Drente, Groningen)
4. Capaciteiten zijn voornamelijk gebaseerd op zandkwaliteit (korrelgroottes, kleigehaltes, sortering, compactie en cementatie). Onzekerheden komen voort uit het beperkte aantal locaties waarover dikte-interval gegevens beschikbaar zijn. Dit is de belangrijkste reden om initieel kwalitatieve potentiekaarten op te stellen en geen kwantitatieve.
5. Temperatuurkaarten van 500 en van 1000 meter zijn gebruikt. Tussenvallende gegevens kennen een afwijking van $\pm 5^{\circ}\text{C}$ omdat deze gebaseerd zijn op interpolatie.
6. Weinig gegevens zijn bekend over de diepte tussen 250 en 1000 meter, met betrekking tot de waterkwaliteit. Water op deze dieptes heeft een mariene oorsprong en dus een hoog zoutgehalte, met effect op corrosie van de installatie tijdens het project. Water uit kalkrijke zanden, verhoogt de kans op kalkneerslag. Dit kan worden voorkomen door middel van waterbehandeling.
7. Op de dieptes tot 1000 meter zijn geen gegevens beschikbaar over de aanwezigheid van gas of olie. Wel dienen hiervoor maatregelen getroffen te worden.

3. BOORTECHNIEK

3.1. Juridisch kader ten behoeve van boortechnieken

Aan boringen die worden uitgevoerd en ondieper zijn dan 500 meter worden beperkte veiligheidseisen gesteld. De boringen kunnen worden uitgevoerd met relatief standaard waterboortechniek.

Echter wanneer boringen uitgevoerd worden dieper dan 500 meter dient voldaan te worden aan strenge (veiligheids) regels conform de Mijnbouwwet. De strenge regels bij diepe boringen worden gesteld omdat de mogelijke risico's toenemen met de boordiepte. Deze risico's hebben hoofdzakelijk te maken met de aanwezigheid van olie en gas in de bodem, in combinatie met hoge druk. Om diepe boringen te mogen uitvoeren zijn diverse veiligheidsvoorschriften vereist.

Door EL&I en SodM wordt op dit moment een zeer strikt beleid gevoerd. Aanleiding is het aantreffen van gas en olie als bijproductie bij diverse geothermie-projecten in Nederland. Dit heeft ertoe geleid dat de regelgeving en veiligheidsaspecten rondom geothermische boringen zijn aangescherpt en daardoor dichterbij de procedures voor reguliere olie- en gasboringen zijn gekomen.

Het afwijken van reguliere olie- en gastechnieken en procedures zal bespreekbaar zijn, echter niet snel toegestaan worden, mits zeer eenduidig kan worden vastgesteld dat de veiligheid gewaarborgd is. Voor het realiseren van bronnen voor OGT betekenen deze strengere veiligheidseisen hogere boorkosten. Indien de veiligheidsrisico's zeer laag worden beschouwd zal per project een goede onderbouwing moeten komen waarom er voor een specifieke locatie niet voldaan zou hoeven worden aan de strenge veiligheidseisen. Met de onderbouwing dient aangetoond te kunnen worden dat de aanwezigheid van gas of olie in de te doorboren bodemlagen uitgesloten is. Dit zou kunnen worden aangetoond middels:

- eerder uitgevoerde boringen
- Shallow seismiek
- het uitvoeren van een kleinere proefboring
- de eerste boring uitvoeren met uitgebreide veiligheidstechnieken. Indien geen olie of gas aangetroffen wordt, de overige boringen uitvoeren met eenvoudigere veiligheids-technieken.

3.2. Mogelijkheden om de boorkosten te reduceren

In Nederland zijn er gebieden aan te wijzen waar olie en gas, tot een diepte van 1.000 meter, niet of nauwelijks in de ondergrond voorkomen. Voor die gebieden zijn de gevaren tijdens het boren beperkt. Verwacht wordt dat bij deze gebieden zonder de uitgebreide veiligheidsvoorschriften geboord kan worden maar de veiligheid op de boorlocatie tijdens realisatie en exploitatie gehandhaafd blijft. De boorkosten kunnen hierdoor gereduceerd worden.

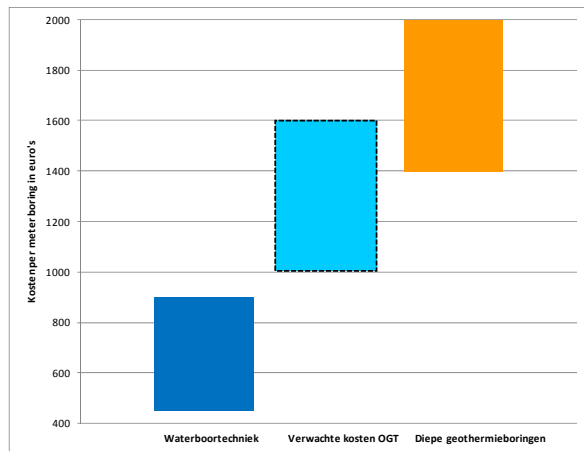
De volgende kostenreducerende maatregelen kunnen worden toegepast:

- boren zonder telescopische constructie (wel met een enkele casing), zonder diverter of blow out preventer (BOP)
- boren met een waterboormachine eventueel in combinatie met een lichte workovertoren (klein soort boortoren)
- deel van de stalen casings vervangen door kunststof
- putkop/spuutkruis vereenvoudigen indien bewezen is dat er geen olie- of gas wordt aangetroffen.

Bovenstaande maatregelen maken het mogelijk om reguliere gas-/olietechnieken te “downgraden”, dan wel is het mogelijk om waterboortechnieken te “upgraden”.

3.3. Boorkosten

In figuur 5 zijn de boorkosten (meterprijzen) voor de verschillende boortechnieken weergegeven. De kosten in de grafiek betreffen de aanlegkosten van bronnen per meter. Hierin zijn geen kosten voor putbehuizingen, onderwaterpomp, putkopconstructies en bovengrondse installatieonderdelen opgenomen. Het donker blauwe vlak geeft de boorkosten weer voor de waterboortechniek exclusief veiligheidsvoorzieningen. Het oranje vlak geeft de boorkosten weer voor boortechnieken voor olie, gas en geothermie. Hierbij worden standaard wel de veiligheidsvoorzieningen conform eisen van SodM toegepast. In Bijlage C is de opbouw van de meterprijzen nader toegelicht.



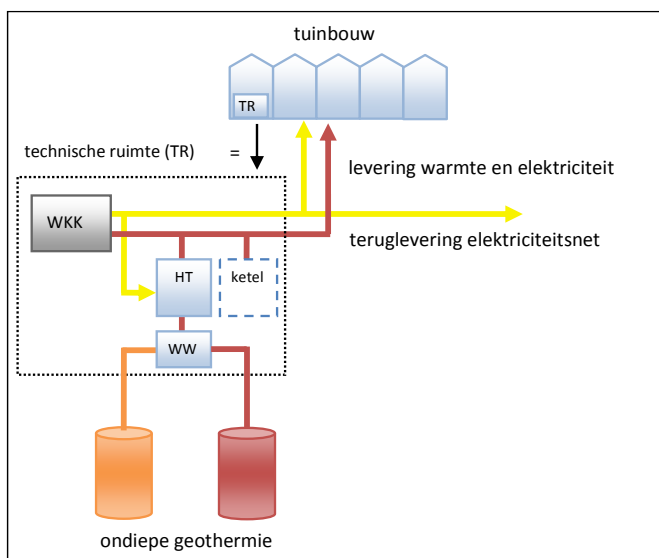
Figuur 5 Aanlegkosten per meter boring, per boortechniek.

In figuur 5 zijn de verwachte boorkosten (€/meter) voor OGT putten weergegeven met behulp van een lichtblauw gearceerd vlak. De variatie/hoogte is afhankelijk van de benodigde veiligheidsvoorzieningen. In het ene geval zou kunnen worden volstaan met een “upgraded” waterboortoren. In het andere geval zal slechts sprake kunnen zijn van een “downsized” olieboortoren. Ook is het mogelijk dat voor de eerste boring alle veiligheidstechnieken worden toegepast hetgeen dus met hogere kosten gepaard gaat. Na uitsluiting van de aanwezigheid van gas met deze eerste boring, zou een goedkopere tweede (en volgende) ingezet kunnen worden.

4. SYSTEEMINTEGRATIE EN POTENTIEEL

4.1. Principe toepassing ondiepe geothermie

Om de bestaande installatie te optimaliseren en te verduurzamen zal aanvullend warmte geleverd worden door middel warmtepompen in combinatie met OGT. In figuur 6 is schematisch de inpassing van OGT binnen de bestaande installatie met een wkk weergegeven.



Figuur 6 Schematische weergave toepassing OGT

De WKK levert warmte en elektriciteit tijdens de basislast. Gedurende pieklast wordt voor de warmtelevering naast de WKK aanvullend de warmtepomp ingezet. De bestaande ketel wordt optioneel ingezet tijdens pieksituaties. De bronwarmte voor de hoge temperatuur warmtepomp wordt onttrokken aan het grondwater via de onttrekkingsput van de OGT. De onttrekkings-temperatuur van het grondwater bedraagt circa 15-35 °C en wordt middels een warmtewisselaar (WW) overgedragen aan de warmtepomp. De bronwarmte wordt vervolgens met behulp van een warmtepomp opgewaardeerd naar 45°C (35°C in het geval van *Het Nieuwe Telen (HNT)*). Na warmteoverdracht wordt het afgekoelde grondwater via de infiltratieput geïnfiltreerd in de formatie.

4.2. Energetisch potentieel

Binnen dit hoofdstuk is middels een conceptuele analyse een optimale inpassing voor de glastuinbouw beschreven. Hiervoor is een onderscheid gemaakt in "potentie gedreven" en "behoefte gedreven". Bij de behoeftegedreven benadering, wordt middels een aantal opgestelde scenario's een deel van de energiebehoefte van een tuinder ingevuld met ondiepe geothermie. Bij de potentiegedreven benadering wordt uitgegaan van de potentie van een OGT doublet.

4.2.1. Potentie voor OGT: Behoefte gedreven

Zoveel tuinders, zoveel behoeftes. Afhankelijk van een grote diversiteit aan parameters, zoals teelt, grootte en beschikbare installaties en technologie, verschillen tuinders in hun behoeftes. Om toch een representatief beeld te schetsen voor de glastuinbouwsector in Nederland, zijn, in samenspraak met de klankbordgroep, een aantal scenario's opgesteld.

Scenario's voor inzet van OGT in de glastuinbouwsector

Om inzicht te krijgen in de toepassing van OGT in de glastuinbouw is een voorbeeldcase uitgewerkt van een bestaand glastuinbouw bedrijf (5ha) dat zijn bedrijfscapaciteit gaat verdubbelen. Eén WKK als hoge temperatuur warmtebron blijft beschikbaar. De afweging is of voor de uitbreiding geïnvesteerd moet worden in nog een zelfde WKK of in OGT met een warmtepomp. De volgende scenario's zijn uitgewerkt:

- #1: Uitbreiding 5ha, met een 2e WKK / Ketel (conventioneel)
- #2: Uitbreiding 5ha met OGT en één extra ketel
- #3: Uitbreiding OGT, Warmtepomp en 2e scherm
- #4: Uitbreiding met OGT, Warmtepomp en lagetemperatuur (LT) net
- #5: Uitbreiding met OGT en Warmtepomp.

Doorrekening van deze scenario's heeft geleid tot meer inzicht in situaties waarbij een lagetemperatuur verwarmingssysteem een rol kunnen spelen in de glastuinbouw. Gebaseerd op de uitkomst van deze scenario berekeningen, zijn voor de verschillende tuinbouwgebieden in Nederland (zie ook figuur 3 op pagina 8) een aantal scenarioberekeningen doorgevoerd. Deze zijn met name gebaseerd op de scenario's waarbij de lagetemperatuur-warmte een grotere rol kan spelen (#3, #4 en 5#).

Uitgangspunten bij de berekening

Bij deze afweging zijn de volgende randvoorwaarden in acht genomen:

Ondiepe geothermie:

- OGT vult zoveel mogelijk de LT-warmtevraag in
- Voordelen uit subsidies op investeringen zijn niet meegerekend en hoogstens als mogelijk te behalen voordeel gekwantificeerd
- De energie investeringsaftrek (EIA) is wel meegenomen.

Warmte:

- Brontemperatuur OGT 35°C; minimum buistemperatuur in de kas: 45°C
- De warmtevraag is voor alle scenario's gelijk (1,44 MW/ha; 40,4 m³/m²)
- Bij #3 (inzet van het 2e scherm), en #4 (LT net) is de warmtevraag gecorrigeerd middels inzet van een 2^e scherm. Bij het toepassen van een LT net kan naar verhouding meer warmte op LT niveau benut worden
- Dimensionering van de ondiepe geothermie is vraagbepaald samen met warmtepomp een vergelijkbaar thermisch vermogen als de extra warmtekracht (WKK: 93°C; in de kas 50-55°C of 45°C LT (35°C bij HNT)) en is dus niet afhankelijk van de fysieke mogelijkheden om op het perceel voldoende bronnen te kunnen slaan (eventueel dus ook buiten het perceel)
- Er is onderscheidt gemaakt in HT warmte (gemiddelde buistemperatuur >40°C) en LT warmte (gemiddelde buistemperatuur ≤40°C)
- Er is geen opslagmogelijkheid voor LT-warmte, wel voor HT-warmte
- De energiekosten worden gebaseerd op lange-termijn contracten; tarieven gas en elektriciteit volgens richtlijnen RABO-bank of Endex cal-14
- Investerings voor warmtekracht, warmtepomp en nutaansluitingen zijn gebaseerd op recente offertes of budgetprijzen van leveranciers.

CO₂:

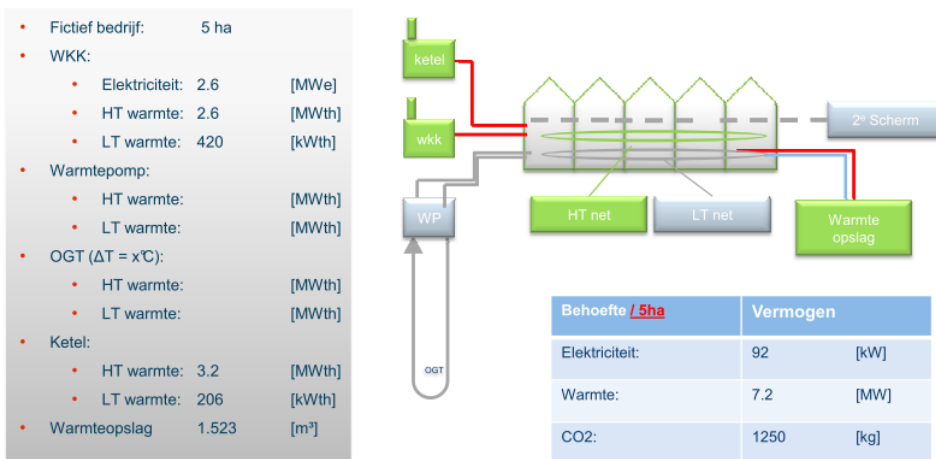
- Voor de kas is gerekend met een CO₂ behoefte van 250 kg/ha en 62 kg / m² (minimale behoefte 100 kg / ha)
- Een CO₂-tekort is aangevuld met zuiver CO₂ á 0,09 EUR/m³ ae
- Wijzigingen door toepassing van het nieuwe telen (LBK) en andere doseertechnieken voor CO₂ vallen buiten de scope van dit project
- De kosten voor CO₂-emissie (in 2020 voor het totale gasverbruik) worden als aparte kostenpost genoemd (€ 15 per ton)

Elektriciteit teruglevering uit WKK:

- Vanwege moeizame perspectieven draait een warmte-kracht voor terugleveren; a) op werkdagen 12 uur per dag (dan is sparkspread voldoende), en b) in het weekend 12 uur per dag voor CO₂
- Opbrengsten uit korte termijn (APX en onbalans) zijn niet meegerekend.

Case berekeningen

#0: Huidige bedrijf



Figuur 7 Huidig bedrijf

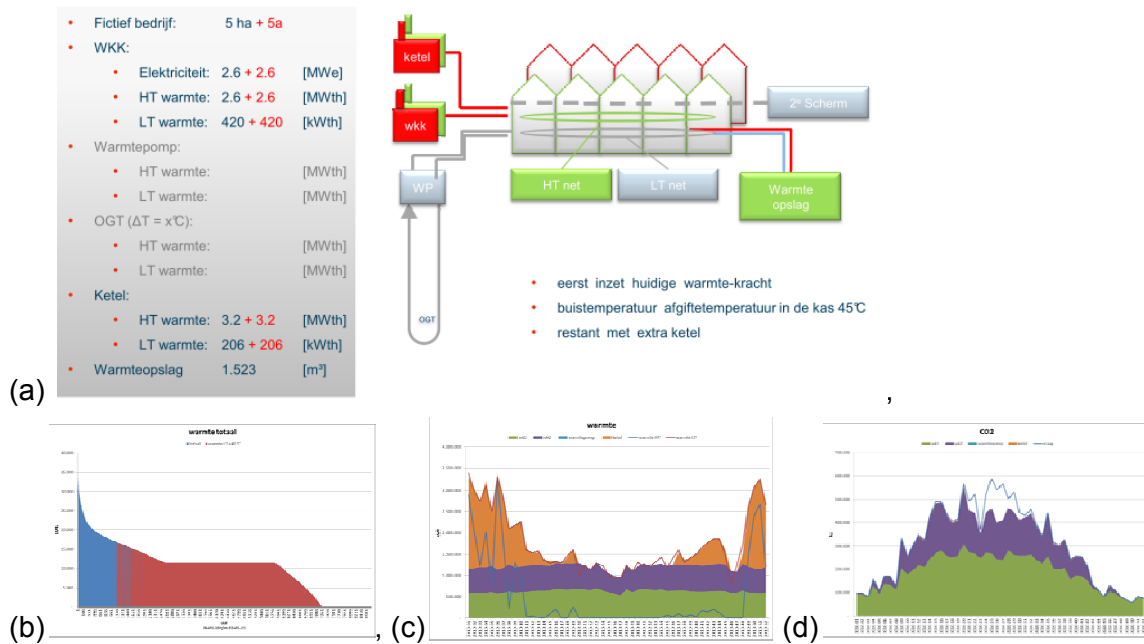
Bovenstaande figuur 7 geeft een fictief groenteglastuinbouwbedrijf (5 ha) weer. De uitgangsgegevens van de bestaande installaties zijn hierbij vermeld, met betrekking tot de WKK, Ketel en warmteopslag. De groen ingekleurde installaties in de figuur zijn reeds aanwezig bij het bedrijf. De grijs ingekleurde installaties zijn niet actief in dit scenario, maar zijn reeds optioneel ingetekend, om actief te worden in een van de volgende scenario's.

Figuur 8 tot en met figuur 12 kennen de volgende onderverdeling¹:

- middels een rode kleur wordt de aanpassing t.o.v. het "#0 huidige bedrijf" aangegeven
- verhouding "hoge temperatuur (blauw) / lage temperatuurgebruik in de kas (<40°C) (rood)". Cumulatief overzicht per jaar in kWh
- jaarbelasting-duurkromme (januari tot december) met betrekking tot warmtebron inzet (resp. ■ wk1 ■ wk2 ■ warmtepomp ■ ketel)
- CO₂-vraag invulling; het blanco gedeelte in deze grafiek dient van een externe bron te worden onttrokken.

¹ de grafieken zijn ook groot opgenomen in Bijlage F op bladzijde 53

#1: Uitbreiding 5ha; met 2e WKK/ketel



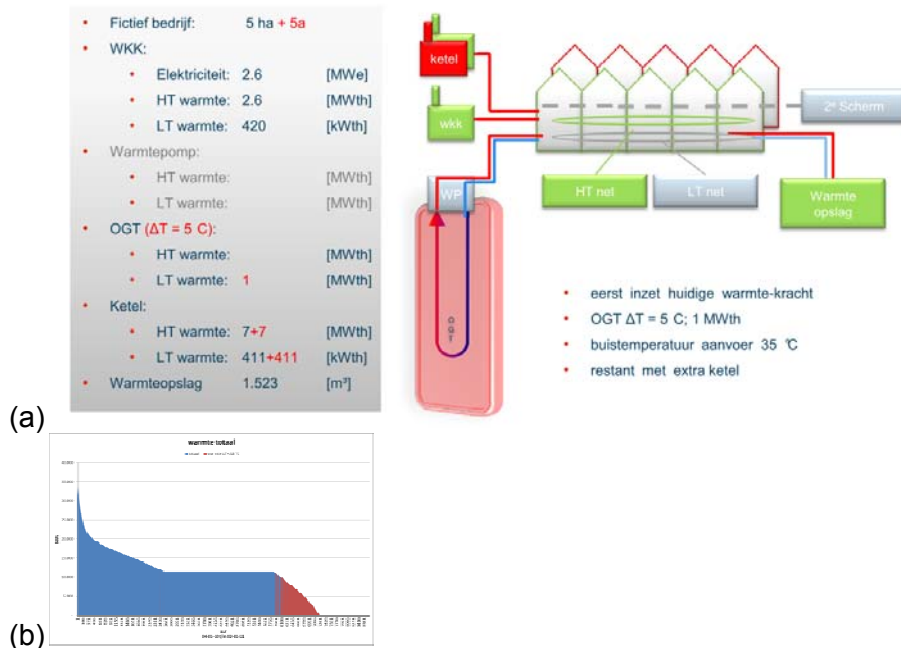
Figuur 8 #1: Uitbreiding 5ha, met 2^e WKK/Ketel ¹

Figuur 8 geeft de situatie weer, indien het bestaande bedrijf (#0) zijn energievraag voor een verdubbeling van de bedrijfscapaciteit gaat invullen met een 2^e WKK en ketel.

- energiegetallen bij dit scenario + situatieschets
- Het aanwezige verwarmingsnet levert een minimum buistemperatuur van 45°C (rood ingekleurd). Een relatief klein aantal HT-vollasturen wordt door WKK / ketel ingevuld (blauw)
- middels de verbranding van de fossiele brandstoffen kan middels een 2e WKK en ketelverwarming worden voorzien in de gehele energievraag
- de CO₂ behoefte kan ook worden voorzien vanuit de verbranding van fossiele brandstoffen. Een kleine niet ingevulde piek in de zomer is zichtbaar, waardoor CO₂ extern ingekocht moet worden.

Conclusie: energetisch kan de verdubbeling van de bedrijfscapaciteit (natuurlijk) goed ingevuld worden door inzet van een extra WKK en een extra ketelinstallatie. Echter OGT heeft hierin dan geen rol, waardoor er dus geen sprake is van verduurzaming van de glastuinbouw.

#2: Uitbreiding met OGT + extra ketel



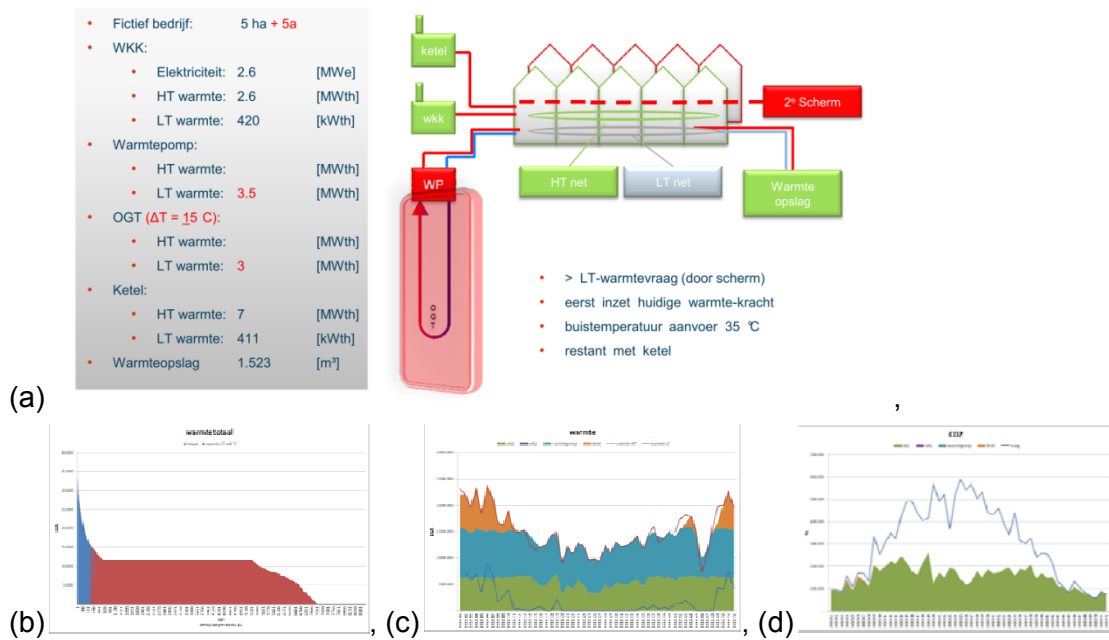
Figuur 9 #2: Uitbreiding met OGT+ extra ketel ¹

Figuur 9 geeft de situatie weer, indien het bestaande bedrijf (#0) zijn energievraag voor een verdubbeling van de bedrijfscapaciteit middels inzet van een OGT bron (bronwater 35°C , zonder inzet van een additionele warmtepomp). Het restant wordt hierbij geleverd door een 2^e ketel.

- energiegetallen bij dit scenario + situatieschets
- het aantal vollasturen (LT 838; HT 2.993 uur) voor de laagwaardige warmte uit de OGT bron is hierbij erg beperkt. Dit komt met name doordat het bedrijf deze laagwaardige warmte niet kan inzetten. Een warmtepomp lijkt dan ook nodig om de temperatuur van 35°C te verhogen naar een minimum buistemperatuur van 45°C . Hierdoor lijkt scenario #2 niet haalbaar.

Conclusie: Inzet van alleen OGT (zonder warmtepomp) resulteert in een zeer beperkte inzet van deze laagwaardige warmtebron. 35°C lijkt niet voldoende om gedurende het jaar veelvuldig te kunnen inzetten. Hierdoor lijkt dit scenario niet haalbaar en is een warmtepomp nodig bij inzet van OGT.

#3: Uitbreiding met OGT, WP, 2e scherm



Figuur 10 #3: Uitbreiding OGT, Warmtepomp en 2^e scherm ¹

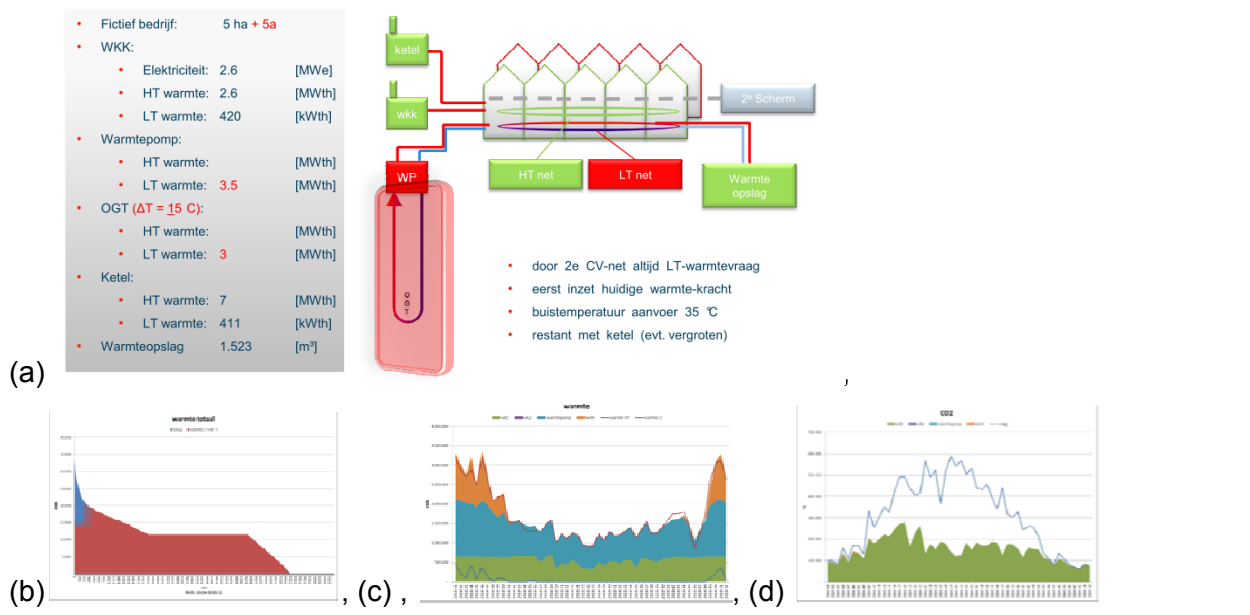
Figuur 10 geeft de situatie weer, indien het bestaande bedrijf (#0) zijn energievraag voor een verdubbeling van de bedrijfscapaciteit invult door inzet van een OGT bron + warmtepomp. Hiernaast wordt conform "het nieuwe telen" een 2^e scherm geplaatst, wat de energievraag reduceert afzet van meer laagwaardige warmte mogelijk maakt:

- energiegetallen bij dit scenario + situatieschets
- deze grotere inzet van laagwaardige warmte (mogelijk door inzet van het 2e scherm), is duidelijk zichtbaar in deze grafiek (LT 4.135; HT 342 uur). Het aantal vollasturen van de OGT bron + warmtepomp wordt hierdoor verhoogd
- de energiebehoefte wordt ingevuld door voornamelijk een combinatie van WKK en OGT. In kwartaal 1 en 4 is even een ketel inzet noodzakelijk
- inherent aan de vermindering van de verbranding van fossiele brandstoffen, ziet men voor de tuinder een probleem ontstaan in de CO₂ levering. Deze CO₂ dient te worden onttrokken uit een externe bron.

Conclusie: In combinatie met een maatregel volgens het Nieuwe Telen (2^e scherm) vergroot de inzetmogelijkheid van laagwaardige warmte. De warmtepomp zorgt voor een

buistemperatuur van 45°C. Hierdoor kan OGT een groot aantal vollasturen draaien, wat economisch gunstig lijkt.

#4: Uitbreiding met OGT, WP, LT net



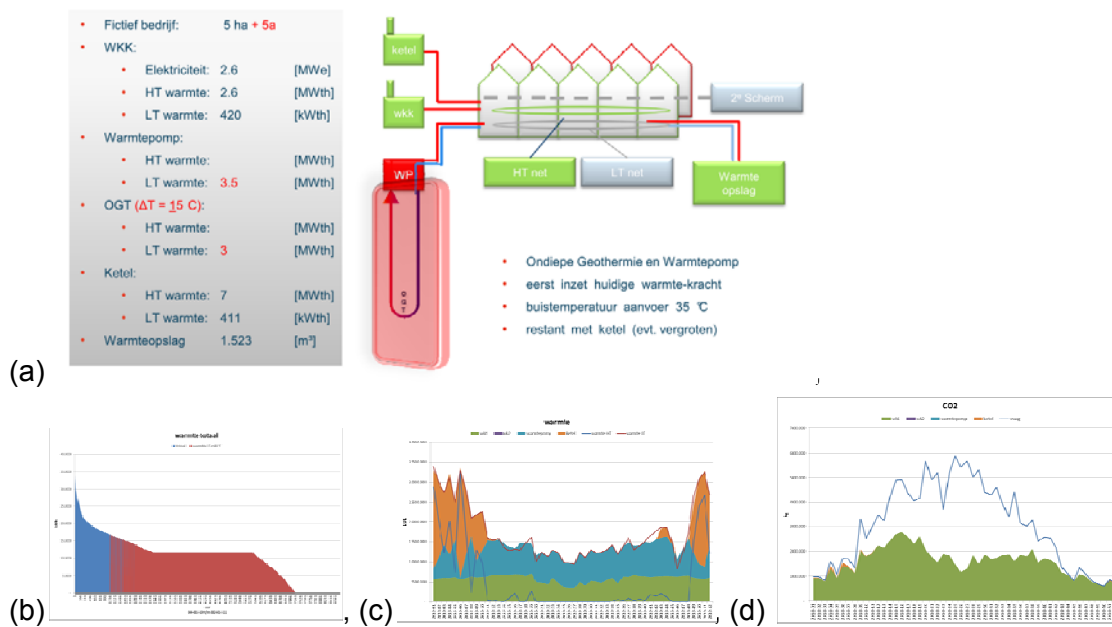
Figuur 11 #4: Uitbreiding met OGT, Warmtepomp en lagetemperatuur net¹

Figuur 11 geeft de situatie weer, indien het bestaande bedrijf (#0) zijn energievraag voor een verdubbeling van de bedrijfscapaciteit gaat invullen met OGT en een warmte pomp, gecombineerd met een nieuw LT-net in de kas:

- energiegetallen bij dit scenario + situatieschets
- de LT warmtebehoefte over het jaar wordt kan voor het overgrote deel worden ingevuld met LT warmte afkomstig uit het LT en HT net (LT 4.035; HT 391 uur). Alleen bij extreme koude wordt het HT net in combinatie met de WKK extra bijgezet om invulling te geven aan de HT warmtevraag
- uit figuur (c) blijkt dat boven op de basislast van de WKK inzet, de combinatie van de OGT bron met een warmtepomp aanvullend kan werken. De ketel is voornamelijk in Q1 en Q4 nodig, ten behoeve van de benodigde pieklast
- gelijk aan scenario #3 is door de terugdringing van verbranding van fossiele brandstoffen ook bij dit scenario een CO₂ tekort. CO₂ dient hierdoor dus door een andere bron geleverd te worden, c.q. extern ingekocht te worden.

Conclusie: Met name de inzet van een LT net, vergroot de inzetmogelijkheid van laagwaardige warmte, en hiermee ook van OGT. De warmtepomp zorgt voor een buistemperatuur van 45°C. Hierdoor kan OGT een groot aantal vollasturen draaien, wat economisch gunstig lijkt.

#5: Uitbreiding met OGT en WP



Figuur 12 #5: Uitbreiding met OGT en Warmtepomp ¹

Figuur 12 geeft de situatie weer, indien het bestaande bedrijf (#0) zijn energievraag voor een verdubbeling van de bedrijfscapaciteit gaat invullen met een doublet OGT, gecombineerd met een warmtepomp. In tegenstelling tot het vorige scenario, wordt hierbij geen LT net gebruikt, maar wordt het HT net ingezet als LT verwarmingssysteem:

- energiegetallen bij dit scenario + situatieschets
- mede door de inzet van het bestaande HT net als LT verwarmingssysteem, kan een groter aantal vollasturen bereikt worden (LT 3.852; HT 946 uur)
- uit figuur (c) blijkt dat boven op de basislast van de WKK inzet, de combinatie van de OGT bron met een warmtepomp aanvullend kan werken. De ketel is voornamelijk in Q1 en Q4 nodig, ten behoeve van de benodigde pieklast

- d) gelijk aan scenario #3 is door de terugdringing van verbranding van fossiele brandstoffen ook bij dit scenario een CO₂ tekort. CO₂ dient hierdoor dus door een andere bron geleverd te worden, c.q. extern ingekocht te worden.

Conclusie: Net als #3 en #4 kan door inzet van OGT als LT verwarmingssysteem een groot aantal vollasturen bereikt worden.

4.2.2. Potentie voor OGT: Bodempotentie

Vermogen per doublet

Door de diversiteit en beschikbaarheid van de geschikte formatielagen in de ondergrond is het erg lastig een generiek beeld te geven van het thermische vermogen van een doublet OGT. Deze is per locatie verschillend. Om hier toch gevoel bij te krijgen is het bronvermogen bepaald aan de hand van een gemiddeld grondwaterdebiet. De gebruikte berekeningsparameters zijn hierbij vastgesteld op *gemiddelden* uit de gebruikte energieberekeningen in paragraaf 4.2.4. Hierin wordt ingegaan op de vermogens van de OGT bronnen, op de verschillende glastuinbouw locaties in Nederland. Uit onderstaande berekening volgt een gemiddeld vermogen van 0,9 MWth/doublet OGT.

Vergelijking 1 Formule voor berekening thermisch vermogen doublet OGT

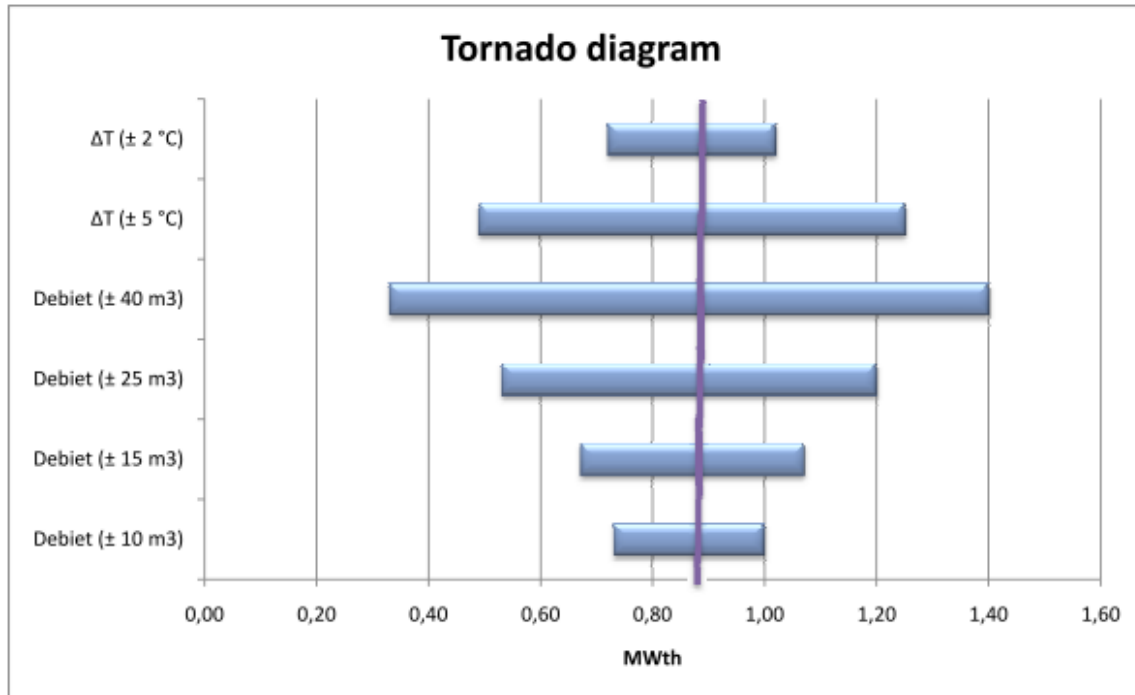
$$kWth = Q * \rho * C_v * \Delta T$$

- | | | | | | |
|---|----------------|---|-------------------------|---|--|
| • | kWth | = | thermisch vermogen | = | 65 * 1.020 * 4,1*10 ³ * (11/3,6*10 ⁶) |
| • | Q | = | waterdebiet | = | 65 [m ³ /uur] |
| • | ρ | = | dichtheid formatiewater | = | 1.020 [kg/m ³] |
| • | c _v | = | warmtecapaciteit water | = | 4,1*10 ³ [J/kg/K] |
| • | ΔT | = | afkoeling water | = | 11 [°K] |

Belangrijke parameters in relatie tot het vermogen zijn het waterdebiet en de afkoeling van het grondwater (ΔT tussen aanvoer en retourbron).

Middels een gevoeligheidsanalyse (zie tornadodiagram van figuur 13) is de invloed van een variatie op de afkoeling van het water en het grondwaterdebiet vastgesteld. Een maximale variatie van plus of min 40 m³/uur op het default debiet van 65 m³/uur geeft een variatie van

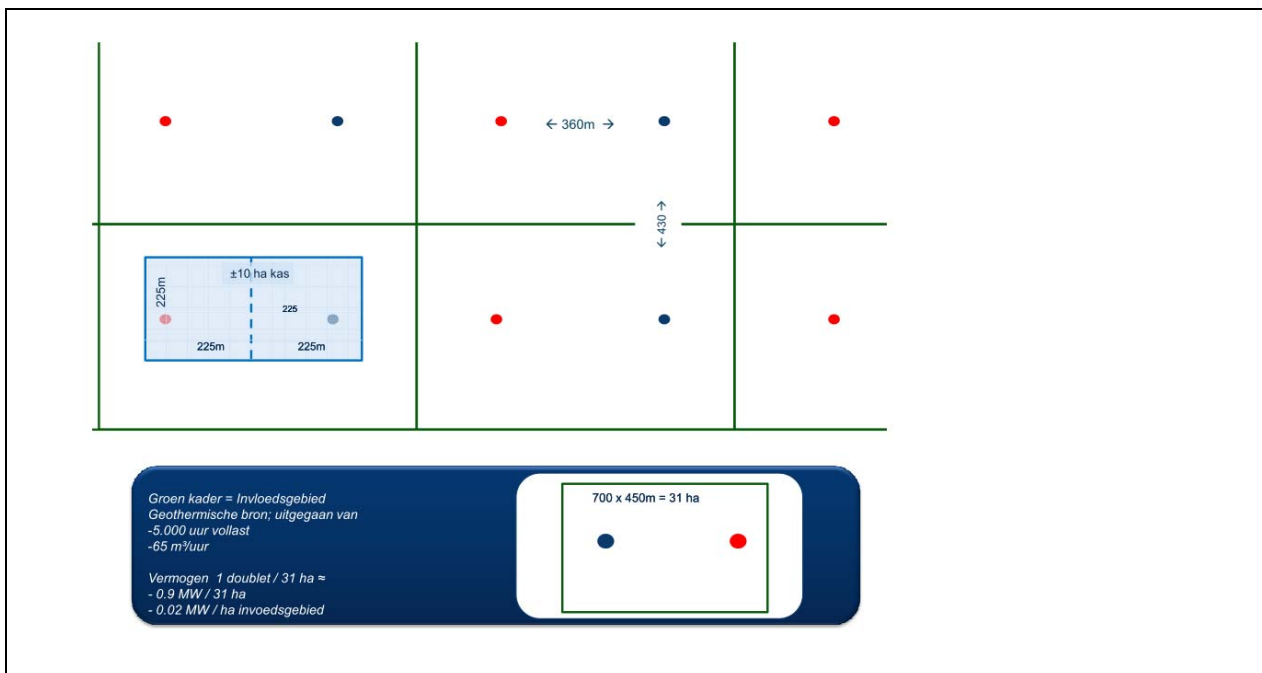
ongeveer 60%. De temperatuur geeft bij een variatie van plus of min 5°C een variatie van plus of min 40%. Goede voorkennis over de te verwachte temperatuur als ook over het te verwachte debiet zijn cruciaal om de potentie van OGT voor een locatie te kunnen bepalen.



Figuur 13 Tornado diagram, geeft de gevoeligheid weer van variaties op de default parameters ($Q = 65 \text{ [m}^3/\text{uur}]$; $\rho = 1.020 \text{ [kg/m}^3]$, $c_v = 4.100 \text{ [J/kg/K]}$; $\Delta T = 11 \text{ [}^\circ\text{K]}$); basislijn op 0,9 MWth.

OGT-vermogen per hectare

Bovenstaande gegevens geven een gemiddeld thermisch vermogen van een doublet OGT. Op basis van de beschikbare gegevens van de ondergrond is vastgesteld dat één gemiddeld doublet een invloedsgebied heeft van ongeveer 31 ha (zie ook figuur 14). Het vermogen van 1 doublet is ongeveer 0,02 MWth/ha. Dit is zeker geen vast getal, daar het uiteindelijke vermogen afhankelijk is van de locatie. Dit getal geeft vooral weer dat de toepassing van ondiepe geothermie kaveloverschrijdend is. Figuur 14 geeft een beeld van de benodigde geografische spreiding van OGT doubletten, waarbij de groene kaders het invloedsgebied van 31 ha. aangegeven. Ter illustratie is een kas van 10 ha ingetekend.

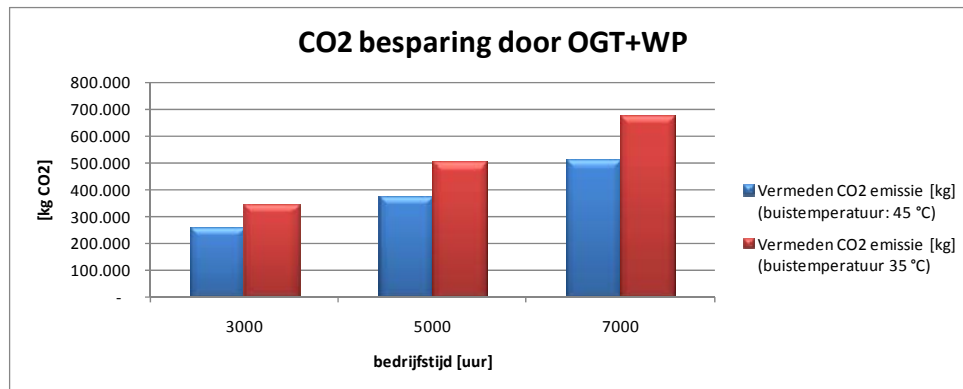


Figuur 14 Geografische spreiding doubletten; de groene kaders geven het ingeschatte invloedsgebied van 31 ha/doublet (ondergronds) weer. Het vermogen van 1 OGT-doublet is vastgesteld op 0,02 MW/ha; dit is laag, waardoor veel ruimte nodig is (mogelijk kavel overschrijdend).

Opgemerkt dient te worden dat de inpassing van de doubletten zeer conservatief is weergegeven. Door bronnen te clusteren en/of slim te ordenen is het mogelijk om een grotere capaciteit per hectare te realiseren. Bij een glastuinbouwgebied met meerdere glastuinbouw-bedrijven en initiatieven voor OGT is afstemming over de inpassing van de verschillende bronnen gewenst.

4.2.3. Gemiddeld milieuvoordeel

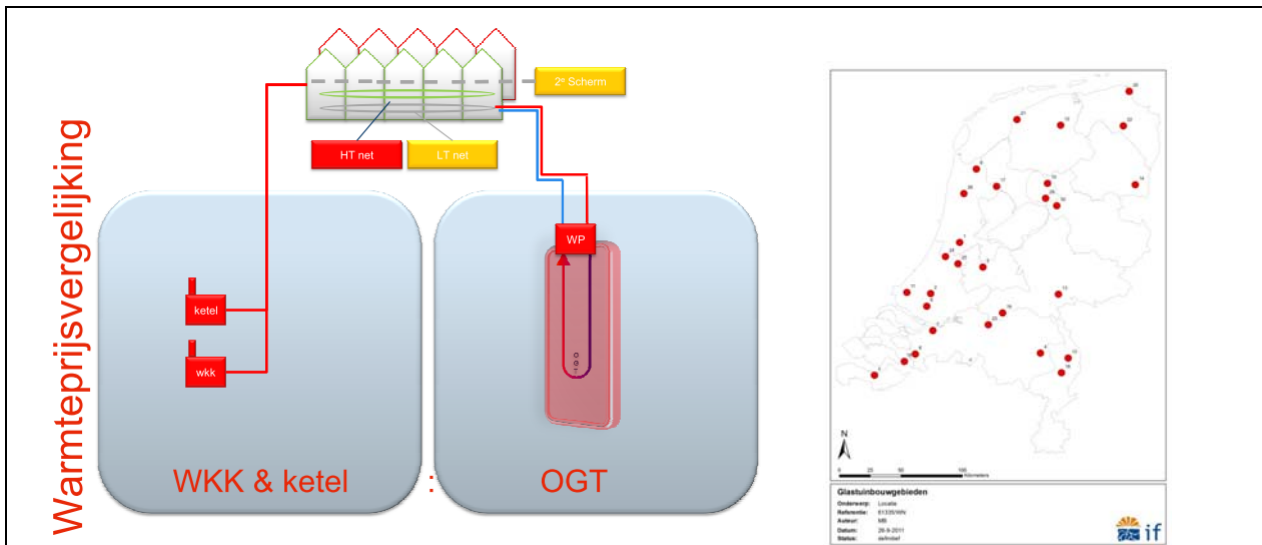
Figuur 15 geeft de absolute besparing door OGT weer, bij verschillende bedrijfstijden en voor 2 buistemperaturen (45°C en 35°C). Hierbij wordt CO₂ emissie uit WKK/Ketel vermeden. In de berekening is ook het elektriciteitsverbruik (en bijbehorende CO₂ emissie) van de bronpomp en warmtepomp meegenomen.



Figuur 15 Vermeden CO₂ emissie bij 35°C en 45°C minimum buistemperatuur, bij verschillende bedrijfstijden.

4.2.4. Potentie voor OGT: Bodempotentie glastuinbouw

Deze paragraaf beschrijft het potentieel van OGT per tuinderlocatie. Hierbij wordt een vergelijking gemaakt tussen de warmteprijs van OGT, in combinatie met een warmtepomp (EUR/m³ a.e.), met de warmte prijs voor WKK² (zie ook figuur 16)



Figuur 16 Warmteprijsberekening maakt een vergelijking tussen inzet WKK/ketel en OGT + WP, voor de verschillende glastuinbouwlocaties in Nederland

In figuur 3 op pagina 8, zijn de belangrijke glastuinbouwgebieden in Nederland weergegeven. Op basis van de beschreven formatielagen (hoofdstuk 0), zijn voor de verschillende glastuinbouwlocaties de beschikbare formatielagen in kaart gebracht. Iedere formatielaag heeft hierbij zijn eigen "OGT parameters" met betrekking tot debiet [m³/uur], temperatuur [°C], diepte [m] en netto zanddiktelaag [m]. Bijlage D (Tabel 3 tot en met Tabel 6) toont deze gegevens per tuindergebied en per formatielaag.

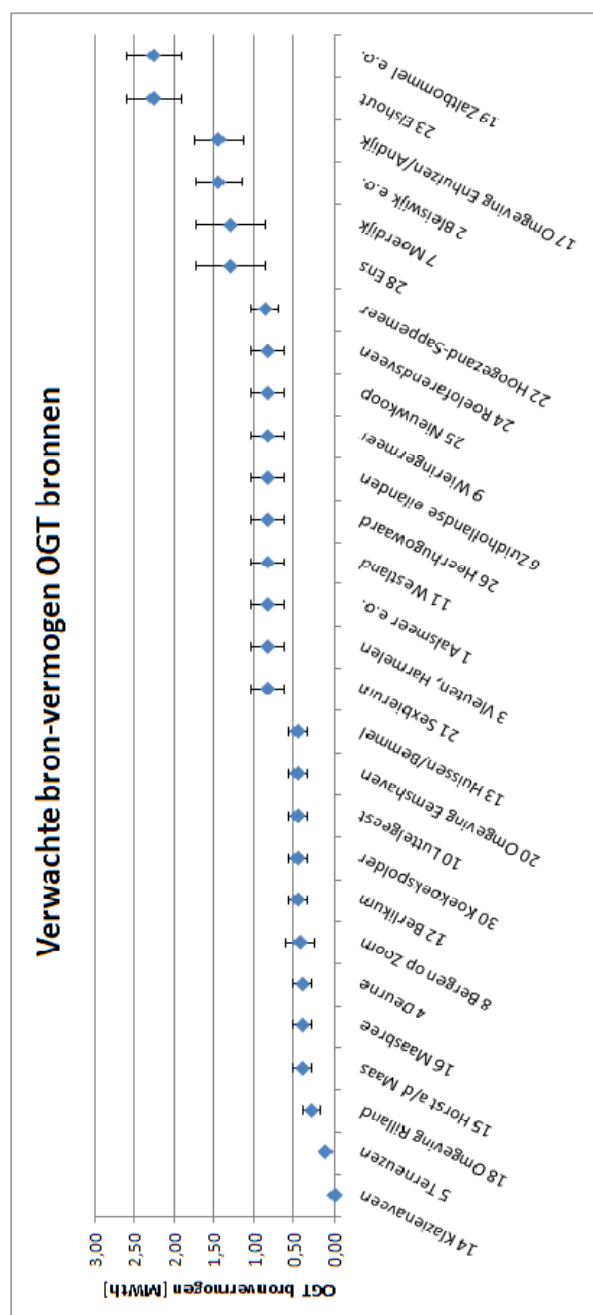
Onderstaand volgt een weergave van het geografisch potentieel:

- bronvermogen per glastuinbouwlocatie
- warmteprijsberekening; "Warmteprijsvergelijking "Hogere temperatuur bronnen"; Warmteprijsvergelijking "meest potentievolle locaties in Nederland" en "Warmteprijsvergelijking "Het Nieuwe Telen""
- CO₂ reductie door inzet van OGT.

² Berekende warmteprijs voor een WKK bedraagt 0.22 EUR/m³ a.e.) en voor een ketel 0.27-0.29 EUR/m³ a.e.

Bronvermogen per glastuinbouwlocatie

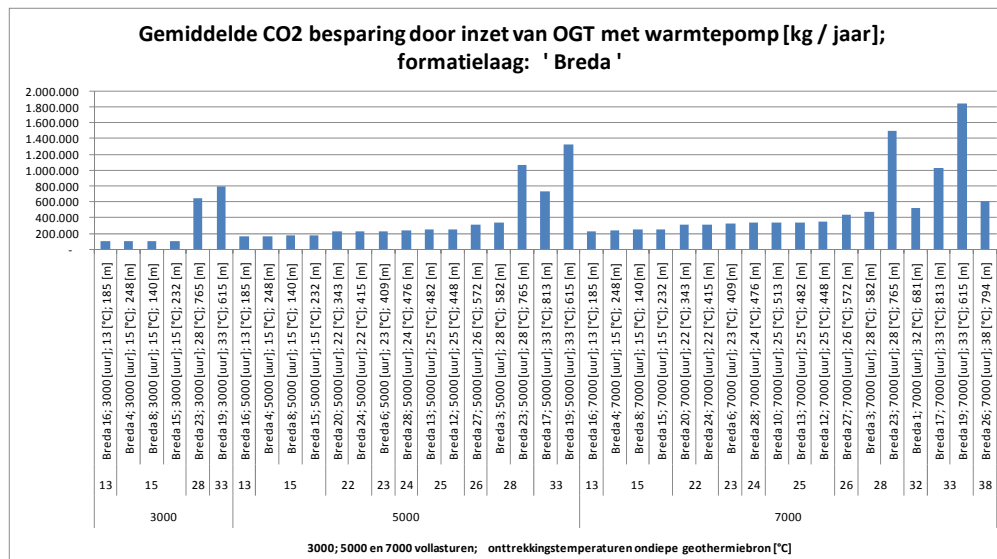
Gebaseerd op deze locatie specifieke gegevens is per formatielaag de potentie voor OGT vastgesteld. Figuur 17 geeft het maximale en minimale bronvermogen van de diverse glastuinbouwlocaties. De spreidingsbalkjes zijn gebaseerd op de te verwachten debieten en temperaturen op deze locaties.



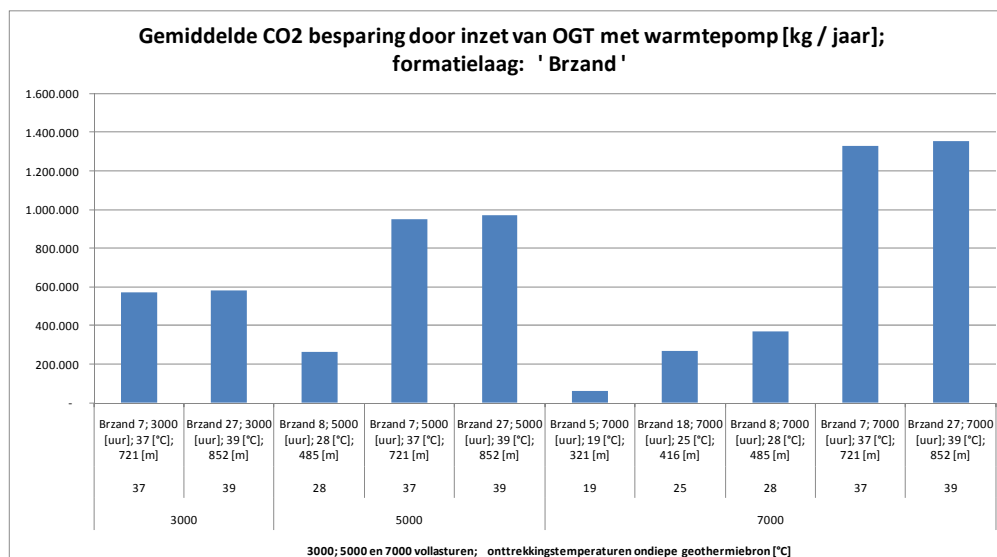
Figuur 17 Maximale bronvermogen van de diverse glastuinbouwlocaties [MWth]

4.2.5. Milieuvoordeel per glastuinbouwgebied

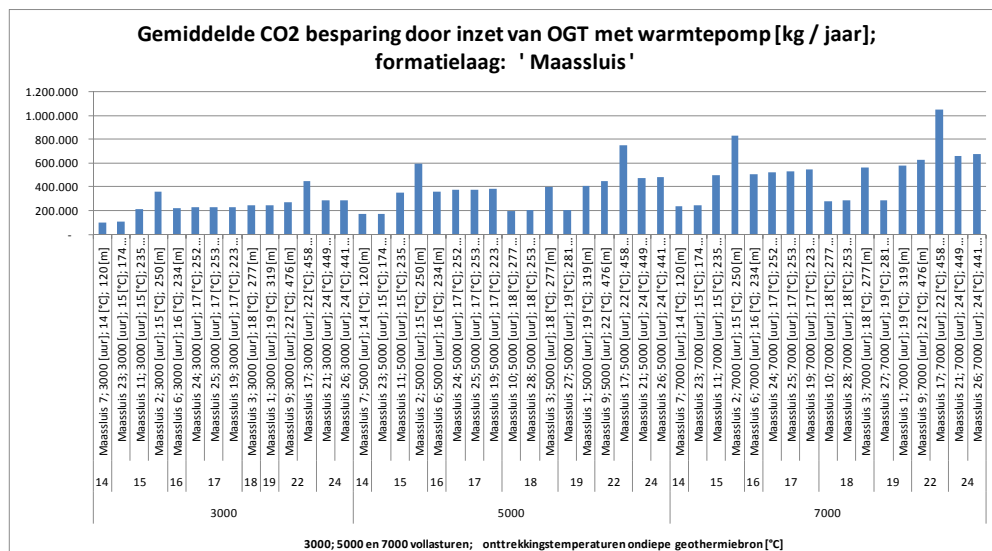
Afhankelijk van de formatielaag en de locatie kan een aanzienlijke besparing worden behaald door inzet van OGT. Zie ook Figuur 18 tot en met Figuur 21, waarbij een selectie is gemaakt van de locaties met een warmteprijs < 0,40 EUR/m³ a.e.



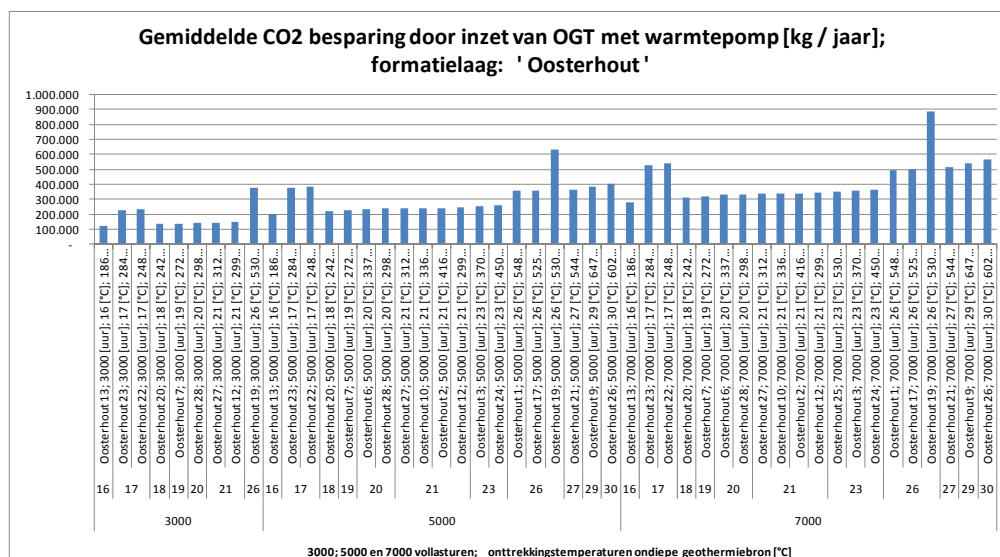
Figuur 18 Gemiddelde CO2 besparing door inzet van OGT met warmtepomp, formatielaag Breda.



Figuur 19 Gemiddelde CO2 besparing door inzet van OGT met warmtepomp, formatielaag Brusselszand



Figuur 20 Gemiddelde CO2 besparing door inzet van OGT met warmtepomp, formatielaag Maassluis



Figuur 21 Gemiddelde CO2 besparing door inzet van OGT met warmtepomp, formatielaag Oosterhout

5. ECONOMISCHE POTENTIE

5.1. Opzet warmteprijsberekening

Voor dit onderzoek zijn twee type rekenexercities uitgevoerd: generiek en speciaal voor de glastuinbouw concentratie gebieden. Onderstaand volgt een korte omschrijving over de opbouw van de berekening.

In de warmteprijsberekening is voor de boorkosten gerekend met 700 EUR/m bij een boordiepte <500 m, en bij een boordiepte >500 m is gerekend met een prijs van 1.300 EUR/m. Hierbij is uitgegaan van een inzet van OGT gecombineerd met een warmtepomp, zoals ook in #5 beschreven is (figuur 12).

In de berekening is de onttrekkingtemperatuur locatieafhankelijk vastgesteld met behulp van de potentiekaarten van de ondergrond. Hierbij is met een uitkoeling van 10°C gerekend bij een onttrekkingtemperatuur < 25°C. Bij een hogere brontemperatuur is met een uitkoeling van 15°C gerekend.

Verder is ervan uitgegaan dat de warmtepomp de watertemperatuur tot de gewenste buistemperatuur verwarmt. In de conventionele situatie is dit 45°C.

In Bijlage G op pagina 136 wordt een uitgebreidere toelichting gegeven op de gebruikte uitgangsgegevens.

5.2. Generieke warmteprijs

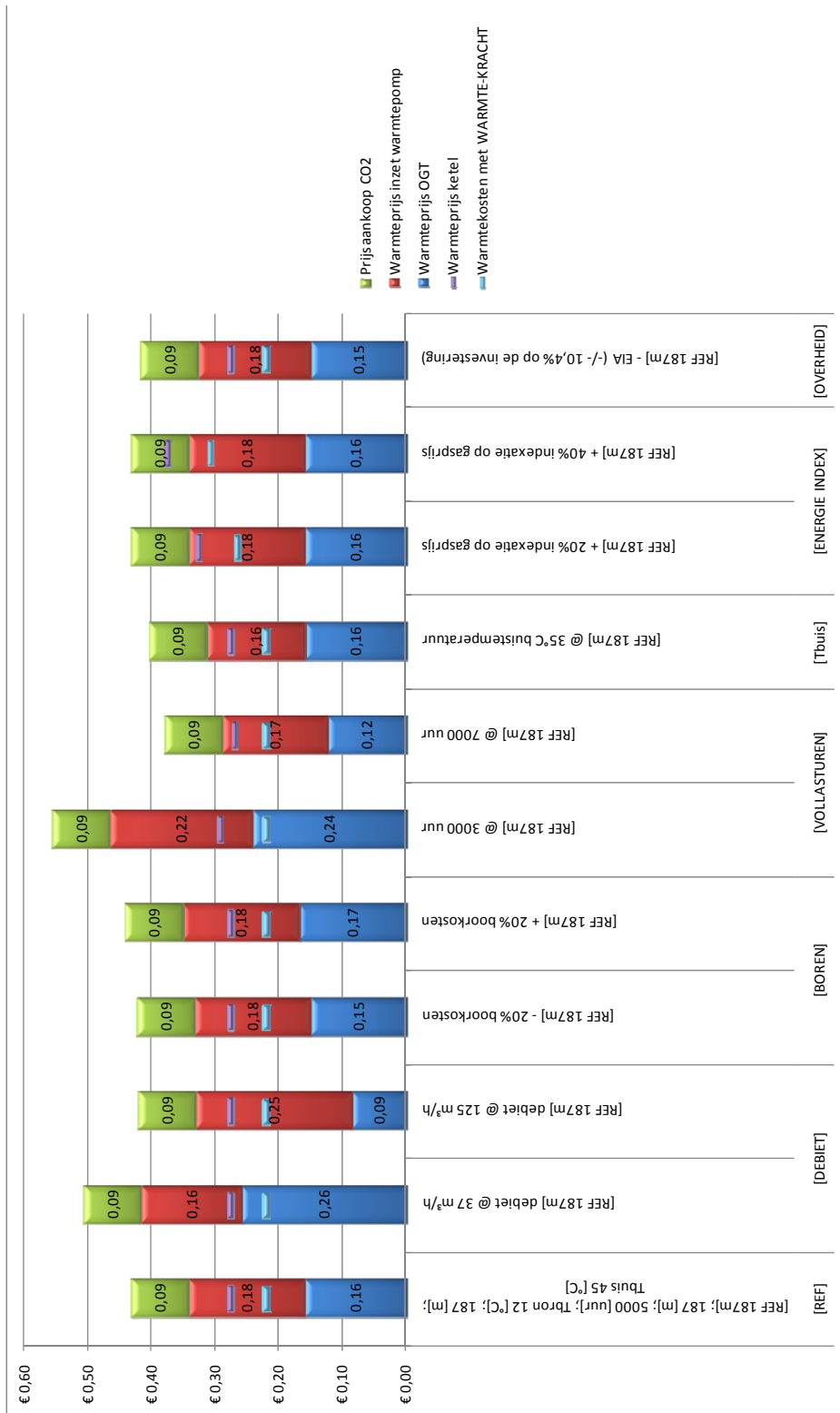
De toepassing van ondiepe geothermie is per locatie verschillend. In deze paragraaf wordt een indicatie gegeven voor de kostprijs voor een gemiddeld ondiepe geothermie systeem. Hierbij is gebruik gemaakt van de uitgangspunten zoals omschreven in paragraaf 4.2.2 en 5.1.

In principe kan het concept ondiepe geothermie zoals uitgewerkt in hoofdstuk 4 niet worden toegepast ondieper dan 500 m-mv (zie paragraaf 2.2). Met toevoeging van een regeneratievoorziening is dit wel mogelijk, maar vanuit financieel oogpunt niet wenselijk. Dieper dan 500 m-mv kan het concept gewoon worden toegepast. De 500 m vormt ook een belangrijke financieel kantelpunt. De boorkosten nemen aanzienlijk toe wanneer dieper dan 500 m wordt geboord.

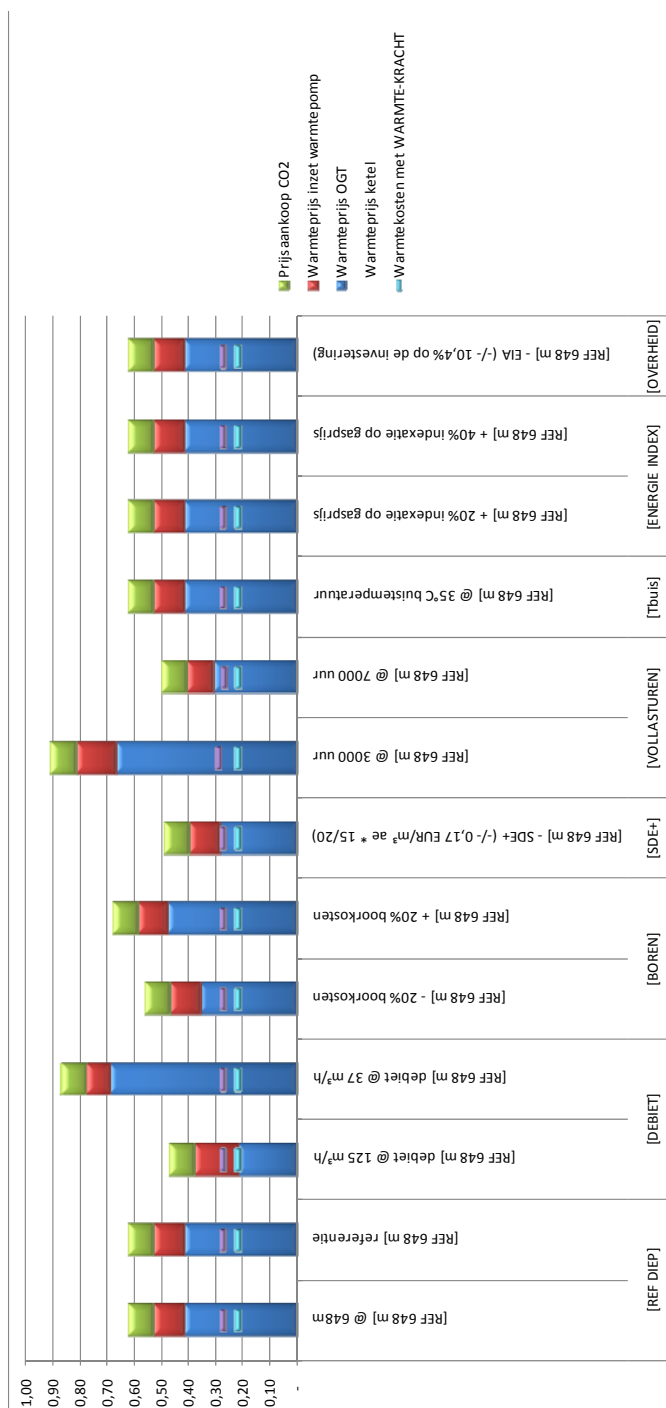
Het toepassen van ondiepe geothermie dieper dan 500 m ligt vanuit juridisch oogpunt voor de hand. Het is echter de vraag of dit financieel ook haalbaar is. Om een goede vergelijking te maken is financiële haalbaarheid onderzocht voor zowel ondieper als dieper dan 500 m-mv. Aan de hand van de potentiekaarten van de ondergrond zijn gemiddelde ondiepe geothermie cases gedefinieerd:

- ondiepe geothermie op een diepte van 648 m-mv
- ondiepe geothermie op een diepte van 187 m-mv.

In figuur 22 en 23 zijn de resultaten van de kostprijsberekening weergegeven. Naast de referentiecasse zijn een aantal verschillende scenario's doorgerekend.



Figuur 22 Warmteprijsoopbouw bij conventionele buistemperatuur (45°C) en alternatieve scenarios (diepte 187m);



Figuur 23 Warmteprijsopbouw bij diepere geothermie ((648 [m])). Uit deze figuur blijkt dat hogere debieten in combinatie met een groot aantal vollasturen noodzakelijk lijken voor een economisch.

Uit Figuur 23 blijkt dat de diepere variant van "ondiepe geothermie" minder interessant is. Het energetische voordeel van de hogere onttrekkingtemperatuur op grotere diepte weegt niet op tegen de hogere boorkosten. De berekende kostprijs voor de diverse scenario's ligt ruimt boven de kostprijs met conventionele technieken. Per tuinderlocatie zou een definitieve afweging gemaakt kunnen worden.

De kostprijs van warmte geleverd met ondiepe geothermie ondieper dan 500 m, ligt ook boven de kostprijs opgewekt met conventionele technieken. De kostprijs van de toepassing van ondiepe geothermie ondieper dan 500 m-mv is echter wel aanzienlijk lager dan de diepere variant.

Dat de momentopname van de kostprijs in de base case niet direct concurrerend is betekent niet dat ondiepe geothermie geen interessante techniek kan zijn voor de glastuinbouw. Onderstaand zijn 'de scenario's uit Figuur 22 en Figuur 23. Combinaties van de scenario's is reëel kan leiden tot een betere concurrentiepositie van ondiepe geothermie. Daarnaast is de analyse uitgevoerd voor een gemiddelde case. Op een bepaalde glastuinbouwlocatie kan de kostprijs natuurlijk hoger/lager zijn. In paragraaf 5.3 wordt nader ingezoomd op de glastuinbouw concentratie gebieden.

SDE

De SDE stimuleert de productie van duurzame energie en richt zich op bedrijven en (non-profit) instellingen. De SDE+ 2012 opent 13 maart 2012. Voor de SDE+ 2012 is een budget van 1,7 miljard euro beschikbaar om projecten te ondersteunen. De SDE-regeling vergoedt de onrendabele top: het verschil in kostprijs tussen de referentie en de geothermische installatie. Voor geothermie is dit bedrag in 2012 vastgesteld op 5,4 €/GJ geleverde warmte. Het is een subsidie die voor 15 jaar wordt vastgelegd. De hoogte van het subsidiebedrag wordt ieder jaar gecorrigeerd aan de hand van de energieprijzen.

Naar verwachting komt ondiepe geothermie (dieper dan 500 meter) in aanmerking voor de SDE. In de kostprijsberekening is gerekend met 20 jaar afschrijving. De SDE vergoeding loopt na 15 jaar af. Voor de reductie op de kostprijs is derhalve een verhouding van 15/20 aangehouden voor de SDE. Uit Figuur 23 blijkt dat door de aanvulling van de SDE ondiepe geothermie nog niet kan concurreren met conventionele warmtebronnen.

Diep/ondiep

Er zit een behoorlijk verschil tussen de boorkosten tot 500 m-mv en dieper dan 500 m-mv als gevolg van de aangescherpte regelgeving. De investeringen voor de bronnen bepalen voor circa 50% de kostprijs voor warmte. Uit de analyse blijkt dat het ondieper boren over het algemeen resulteert in een lagere kostprijs voor ondiepe geothermie. Het dieper boren naar hogere temperaturen weegt niet op tegen de hogere boorkosten.

Boorkosten

Uit het onderzoek naar de boortechnieken en boorkosten blijkt een behoorlijke spreiding in de boorkosten. Met name het boren onder de 500 m kent een grote onzekerheid. In figuur x is de kostprijs weergegeven voor een scenario waarbij geen aanvullende veiligheidseisen gelden en dus goedkoper kan worden geboord naar grotere diepte. Hoewel de kostprijs lager wordt, blijft deze boven de conventionele technieken.

Indexering energietarieven

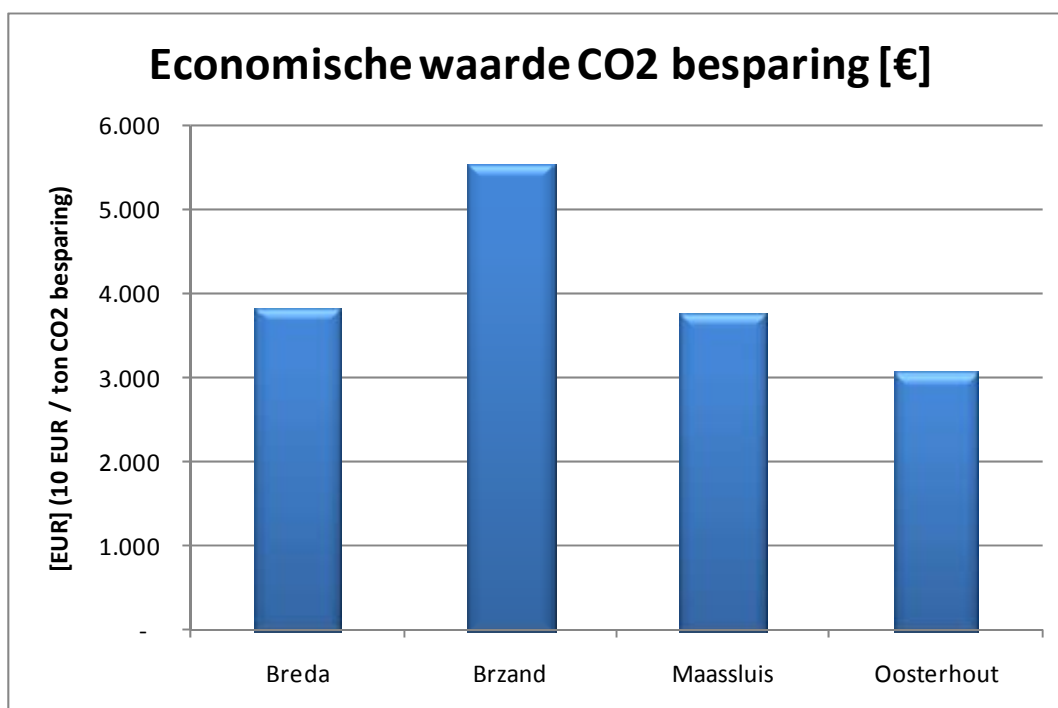
De ontwikkeling van de energietarieven is niet te voorspellen en laat een fluctuerend verloop zien. De trend is echter wel stijgend en de verwachting is dat deze trend zich voortzet in de komende jaren. Met de toepassing van OGT wordt aanzienlijk bespaard op de gaskosten. Een glastuinbouwbedrijf met OGT is hierdoor minder gevoelig voor deze prijsfluctuaties. De warmteprijs zal minder hard stijgen ten opzichte van de warmteprijs opgewekt van conventionele technieken. In Figuur 22 is de warmteprijs weergegeven voor een tweetal prijsstijgingen: +20% en +40%. Uit deze figuur blijkt dat de stijgende energieprijzen een positief effect hebben op de concurrentiepositie van ondiepe geothermie.

EIA

De toepassing van ondiepe geothermie komt in aanmerking voor de Energie Investeringsaftrek (EIA). De EIA is een fiscale regeling waarmee de overheid investeringen in duurzame/besparende energiemaatregelen ondersteunt. Van de investeringskosten in energiemaatregelen kan 41,5% worden afgetrokken van de fiscale winst. Over één of meerdere jaren wordt dan minder aan vennootschapsbelasting betaald. Minus de vennootschapsbelasting bedraagt het netto voordeel circa 10,4% van de investeringen. Met de toevoeging van de EIA neemt de kostprijs circa 4% af ten opzichte van de base case.

CO₂ credits

Door de toepassing van ondiepe geothermie kan jaarlijks circa 400 ton aan CO₂ emissie gereduceerd worden, per locatie in de verschillende beoordeelde zandformaties (respectievelijk Breda, Brusselszand, Maassluis en Oosterhout). Een ton besparing heeft een economische waarde van 10€/ton (rekenwaarde EU). De inkomsten uit de handel in CO₂ credits levert slecht een klein voordeel op en is nauwelijks zichtbaar in de kostprijs ten opzichte van de base case.



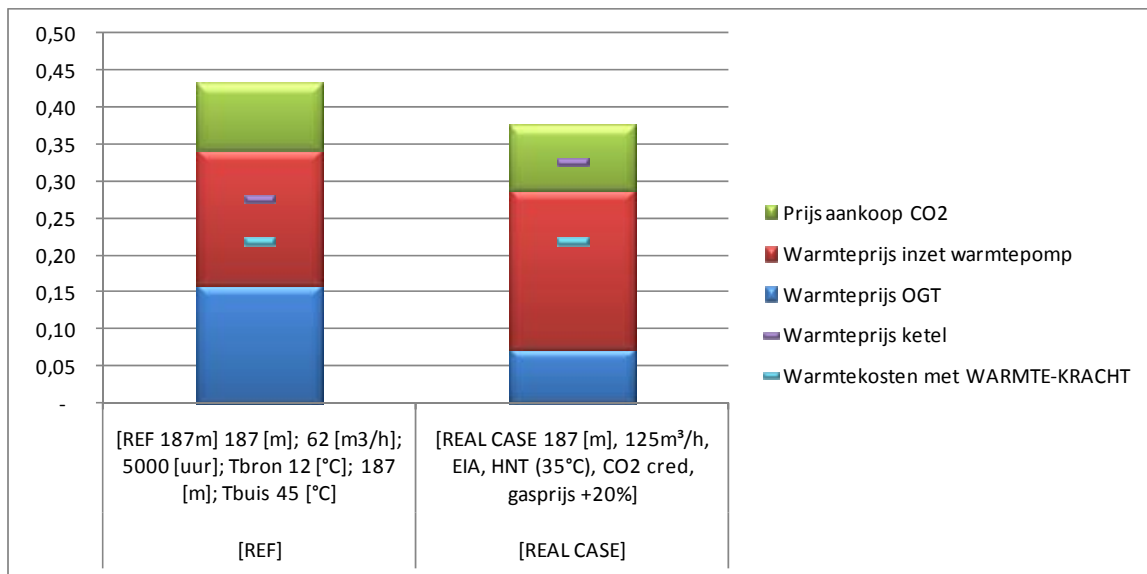
Figuur 24 Economische waarde van de CO₂ besparing; getoonde bedragen zijn een gemiddelde op jaarbasis per locatie binnen de beoordeelde zandformaties (respectievelijk Breda, Brusselszand, Maassluis en Oosterhout). Omdat het gemiddelde waarden betreft, kunnen deze alleen indicatief geïnterpreteerd worden.

Real case

Het is mogelijk dat een aantal van de bovenomschreven scenario's voor een project van toepassing zijn. Voor een real case toekomst scenario is de kostprijs berekend voor een situatie waarbij:

- ondiepe geothermie ondieper dan 500 m-mv
- 125 m³/h broncapaciteit
- EIA (Energie investeringsaftrek)
- het nieuwe telen in de kas (dit wil zeggen een buistemperatuur van 35°C)
- inkomsten uit CO₂-credits (á 10 EUR/ton vermeden CO₂ emissie)
- een hogere gasprijs waarmee geconcentreerd dient te worden (+20%).

De kostprijs is voor het real case scenario warmteprijsopbouw is bepaald en wordt weergegeven in onderstaande figuur. De kostprijs kan hiermee concurreren met de conventionele technieken.



Figuur 25 Warmtekostprijs (EUR / a.e.) van een realcase scenario

Conclusie

Ondiepe geothermie kan bodemtechnisch worden toegepast dieper en ondieper dan 500 m-mv. De toepassing van ondiepe geothermie dieper dan 500 m-mv is nog te kostbaar vanwege de hoge boorkosten. Het toepassen van ondiepe geothermie ondieper dan 500 m-mv leidt tot lagere kostprijzen maar is in conflict met de Waterwet.

Hoewel de kostprijs bij de base case relatief ver boven de referentie ligt, is het toekomstperspectief voor ondiepe geothermie positief. Een belangrijke reden hiervoor zijn de diverse regelingen als de SDE (voor diepere varianten dan 500 meter) en de EIA. Daarnaast zal de kostprijs verder zakken wanneer meer bekend wordt over de formaties en de bijbehorende risico's waardoor de veiligheidsvoorzieningen kunnen worden getroffen voor het hoofdnoodzakelijke. Met de alsmaar stijgende energieprijzen zal de drempel om ondiepe geothermie toe te passen steeds lager worden.

Vanuit het oogpunt van een tuinder worden een aantal succesfactoren voor ondiepe geothermie benoemd:

- **Het Nieuwe Telen:** Ondiepe geothermie lijkt met name interessant voor tuinders welke reeds energiebesparende maatregelen vanuit het transitiepad "Het Nieuwe Telen" in praktijk toepast [6 Energiek2020]³. Dit vanwege de inzet van laagwaardigere warmte en reductie van CO₂ gebruik.
- **Grote capaciteit van de geothermische bron:** De geleverde en in te zetten hoeveelheid warmte van de ondiepe geothermische bron is afhankelijk van een combinatie van de warmtevraag van de tuinder en de potentie van de bron (debiet en temperatuur).
- **Groot aantal vollasturen:** De base case is doorgerekend met 5.000 vollasturen. Een toename tot 7.000 vollasturen op jaarbasis maakt de inzet van ondiepe geothermie in combinatie met een warmte pomp bijna concurrerend met de huidige gasprijs.
- **Beperken CO₂ bemesting:** door een lagere CO₂ inzet (indien de teelt dit natuurlijk toelaat), kan tot 0,09 EUR / a.e. worden bespaard. Dit maakt de business case voor ondiepe geothermie daarmee in een aantal situaties dicht bij de 0,29 EUR komen, wat op dit moment de breakeven prijs met gas is.

³ Maatregelen Het Nieuwe Telen [6 Energiek2020]

Het Nieuwe Schermen: met meer energieschermen en meer schermuren wordt de kas intensiever geïsoleerd; Het Nieuwe Ontvochtigen: met droge buitenlucht wordt de RV in de kas nauwkeuriger geregeld zonder toevoer van extra warmte. Het Nieuwe Ventileren: met minder ventilatie onder zonnige omstandigheden worden het CO₂- en vochtverlies beperkt en dat leidt tot een optimaler groeiklimaat. Het Nieuwe Verwarmen: met gemiddeld een lagere buistemperatuur en de inzet van laagwaardige warmte is het energieverbruik te verminderen. Het Nieuwe Activeren: met een slimme combinatie van bovenstaande maatregelen wordt het gewas actiever gehouden met een lager energieverbruik.

- **LT-net:** door een Lage Temperatuurnet (als onderdeel van het transitiepad "het Nieuwe telen") is 6% prijsreductie op het OGT systeem te behalen.

Belangrijke invloedsfactoren hierbij zijn:

- **Locatiekeuze:** Ondiepe geothermie is locatie afhankelijk. Middels de opgestelde potentiekaarten wordt een eerste indicatie gegeven van de combinatie van het te verwachte debiet, temperatuur en diepte van de ondiepe geothermie bron. De broneigenschappen zijn van doorslaggevend belang.
- **Toekomstige energie indexering:** Een stijging van de fossiele brandstofprijzen met 20% tot 40% is nodig om in de huidige base-case berekening op breakeven te komen (dit is dan exclusief CO2 inkoop á 0,09 EUR / a.e.).
- **Energiebalans:** Een knelpunt is dat bij de ondiepere varianten (<500m) de waterwet een energie balans eist. In overleg met provincie en overheid dient hiervoor een vrijstelling te worden verkregen om ondiepe aardwarmte winbaar te maken.
- **Boorkosten:** Er is nog beperkte kennis over de boorkosten voor ondiepe putten (<1000 m).
- **Diepe boringen:** Bij toekomstige afnemende boorkosten, en dit in combinatie met stijgende energieprijzen, lijkt ook diepe ondiepe-geothermie (tot 1000 meter) zeker nog kansen te kunnen hebben. Echter, in de huidige businesscase berekening lijkt deze optie niet aantrekkelijk, en kunnen aantrekkelijkere cases doorberekend worden met de ondiepere varianten.

5.3. Warmteprijs per glastuinbouw concentratiegebied

Onderstaand wordt een warmteprijsvergelijking voor OGT met WKK/Ketel weergegeven op basis van:

- warmteprijsvergelijking "Hogere temperatuur bronnen"
- warmteprijsvergelijking "meest potentievolle locaties in Nederland"
- warmteprijsvergelijking "Het Nieuwe Telen"

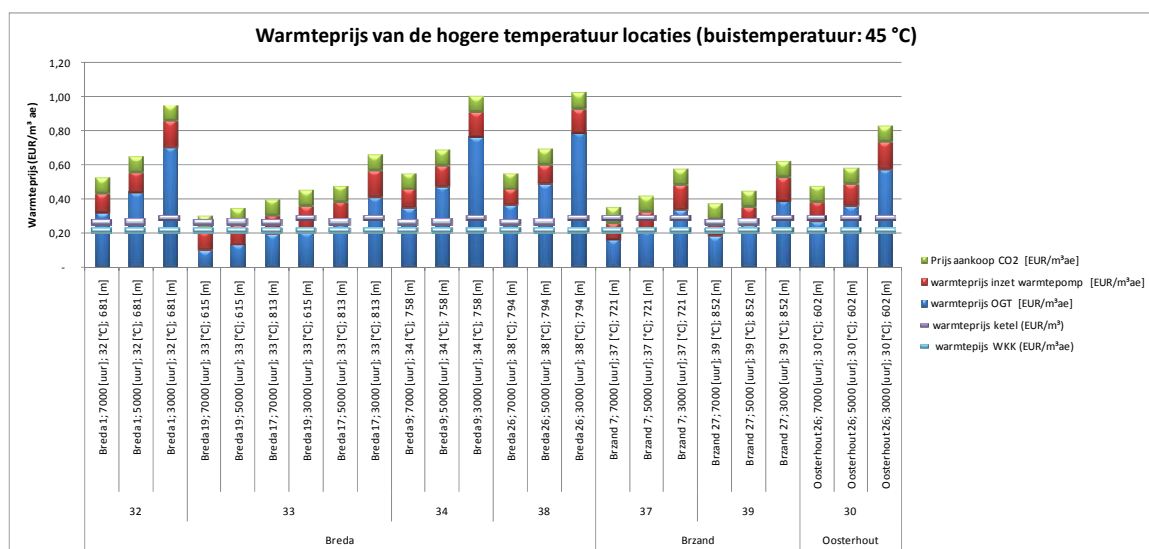
Verder wordt nog ingegaan op de CO2 reductie door inzet van OGT.

Warmteprijsvergelijking "Hogere temperatuur bronnen"

Hierbij is gekeken naar de relatie van de onttrekkingtemperatuur van het formatiewater uit de verschillende OGT bronnen, en de bijbehorende OGT warmteprijs.

De kosten van de diepere bronnen, met veelal bijbehorende hogere temperaturen, liggen allemaal boven de huidige gasprijs (gesteld op 0.29 EUR/m³), zoals ook wordt getoond in onderstaande

Figuur 26. Met name hogere boorkosten van diepere bronnen (hogere temperaturen) zorgen hiervoor.



Figuur 26 Overzicht van de warmteprijs bij de hogere brontemperaturen per formatielaag / grotere diepte. Slechts een klein aantal locaties komt hierbij onder de huidige gasprijs

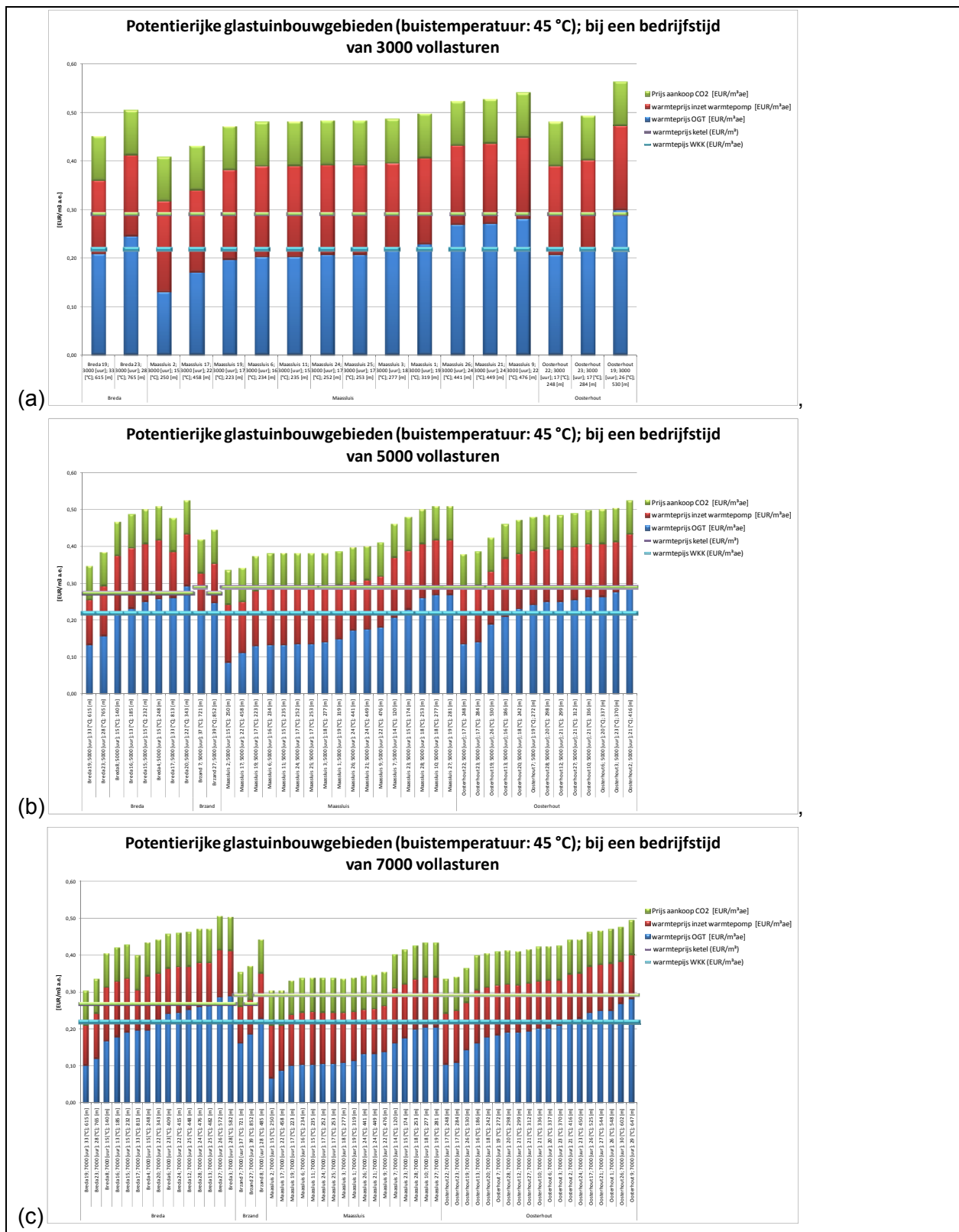
Warmteprijsvergelijking "meest potentievolle locaties in Nederland".

Figuur 27 toont een overzicht van de meest kansrijke glastuinbouwgebieden.

Deze figuur is onderverdeeld in 3 figuren (a, b en c) welke ieder voor een aantal bedrijfsuren de meest potentievolle locaties weergeven. Hierbij is steeds een selectie gemaakt van de meest potentievolle locaties in Nederland met een totale OGT+Warmtepomp+CO₂ prijs van onder de 0,30 EUR/m³ ae.

De x-as geeft de verschillende formatielagen weer, met een rangschikking naar de onttrekkingtemperatuur van het formatiewater uit de OGT bron. Een referentieprij van WKK en ketel warmte opgenomen in de grafiek, waarbij de Ketelprijs afhankelijk is gesteld van het gasverbruik (afgenomen hoeveelheid gas).

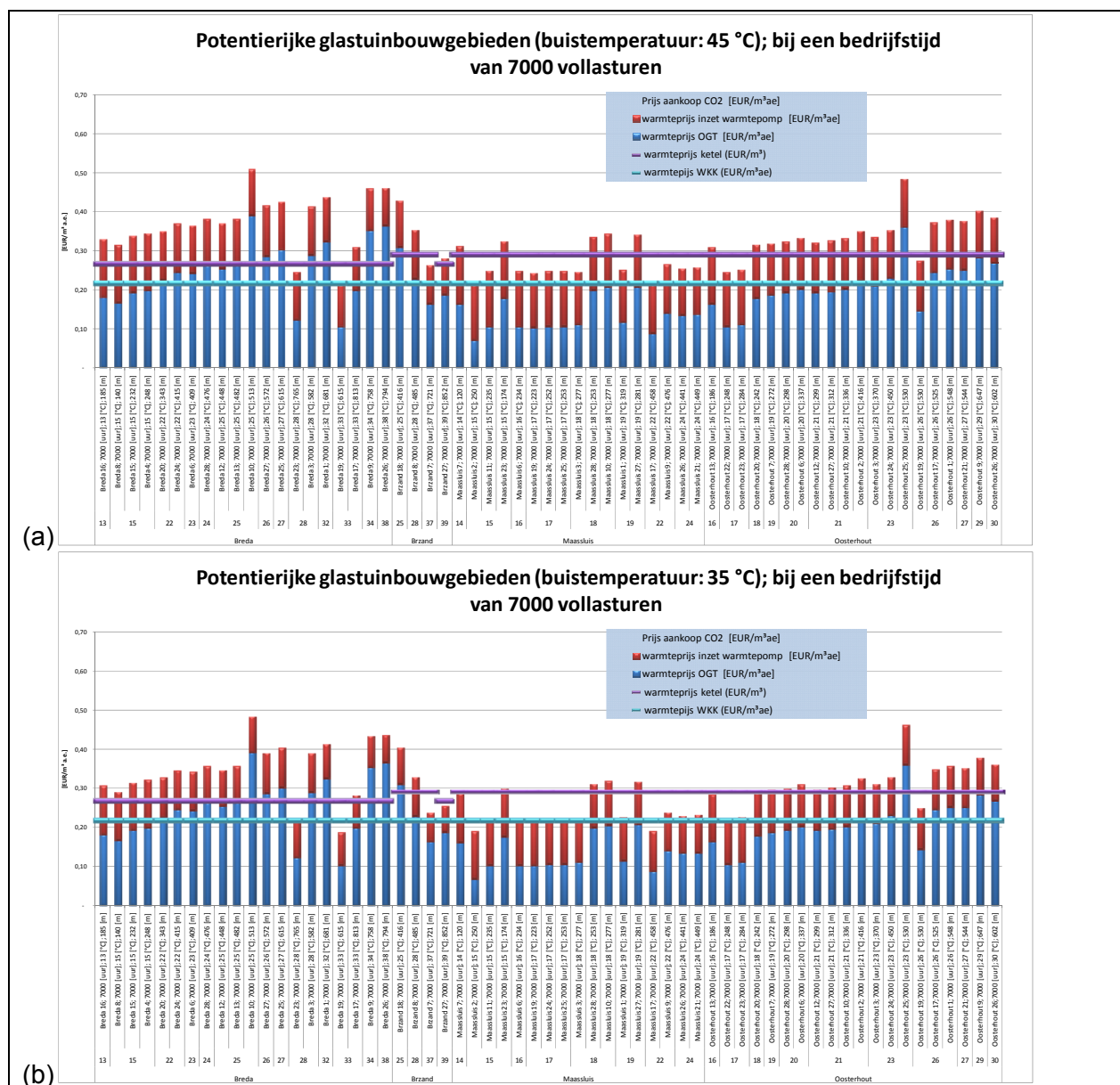
Direct zichtbaar is het toenemende aantal geschikte locaties, bij toenemende aantal bedrijfsuren. Hiernaast is de haalbaarheid afhankelijk van de inzet van CO₂ inkoop á 0.09 [EUR/m³ae].



Figuur 27 Warmteprijsvergelijking (selectie van locaties met een OGT warmteprijs <0.45 [EUR/m³ a.e.]); bij verschillende bedrijfstijd (3000, 5000 en 7000 uur)

Warmteprijsvergelijking "Het nieuwe telen"

In onderstaande Figuur 28 is de warmteprijs weergegeven, bij een minimum buistemperatuur van 45°C en 35°C. Duidelijk zichtbaar is de afname in kostprijs voor OGT warmte. Onderstaande figuur geeft een beeld van de gemiddelde kosten van OGT, voor de conventionele situatie (0.45°C) en voor de situatie bij het Nieuwe telen (35°C).



Figuur 28 Warmteprijsberekening bij de verschillende formatielagen (totale warmteprijs < 1 EUR/m³ a.e.) bij een minimum buistemperatuur van 45°C (a) en respectievelijk (b) 35°C.

5.4. Outlook naar de gebouwde omgeving

In deze rapportage ligt de focus op de inzet van OGT voor de glastuinbouw. Deze paragraaf geeft een outlook naar inzet van OGT voor lage temperatuur verwarmingssystemen in de gebouwde omgeving.

De potentiekaarten, zoals opgesteld voor dit project, kunnen ook ingezet worden voor OGT ontwikkelingen in de gebouwde omgeving. De kostprijsberekeningen in dit onderzoek zijn niet representatief voor de doorkijk naar de gebouwde omgeving.

Utiliteit/bedrijven

Het concept ondiepe geothermie is gericht op warmte. Utiliteitsgebouwen hebben naast warmte ook een grote koudevraag. Bij toepassing van ondiepe geothermie moet deze koude met een andere bron geleverd worden. Koude-/warmteopslag leent zich uitstekend voor de utiliteitsgebouwen juist om deze koude in te vullen. Ook bij koude-/warmteopslag wordt een warmtepomp toegepast alleen zal de COP lager zijn dan bij toepassing van ondiepe geothermie. Het combineren van beide bodemenergie systemen is echter te kostbaar. Indien sprake is van een aanzienlijke koudevraag geniet koude-/warmteopslag voor de utiliteit de voorkeur.

Woningen/appartementen

Woningen hebben warmte nodig voor ruimteverwarming en warm tapwater bereiding. Koeling wordt steeds vaker toegepast maar is nog niet de standaard. Ondiepe geothermie in combinatie met een warmtepomp kan worden toegepast om de warmte te leveren voor ruimteverwarming. Het aantal woningen dat benodigd is om ondiepe geothermie rendabel in te kunnen zetten zal aanzienlijk kleiner zijn dan bij toepassing van diepe geothermie (>2.500 woningen).

Mede door de relatief hoge warmtedistributiekosten van laagwaardige warmte is de verwachting dat OGT eerder rendabel zou kunnen zijn voor compacte bouw en een hoge dichtheid voor de warmteafzet (appartementen blokken etc.) en niet voor ruimtelijk opgezette woonwijken.

Met name bepalend voor de economische haalbaarheid van OGT in de glastuinbouw zijn de vollasturen gebleken. Naar verwachting liggen deze in een woonwijk lager. Een woonwijk kent ook meer warmtevraag fluctuaties, welke echter op wijkniveau door het gelijktijdigheidprincipe enigszins worden afgevlakt. In de gebouwde omgeving zou hiervoor een afweging gemaakt dienen te worden tussen de inzet van individuele warmtepompen en een grootschaligere

wijkwarmtepomp. Voordeel van OGT is de kleinere (investeringsschaal) voor een geothermie inpassing voor duurzame warmteproductie.

Echter door de hogere gasprijs voor de *private-market*, komt ook het economisch plaatje voor OGT er veel anders uit te zien. Door het lagetemperatuur karakter van deze bron, wordt geconcentreerd met andere laagwaardige warmte reststromen, welke ieder een eigen kostenplaatje kennen, welke bijvoorbeeld afhankelijk zijn van leveringszekerheid en distributiekosten van deze warmte.

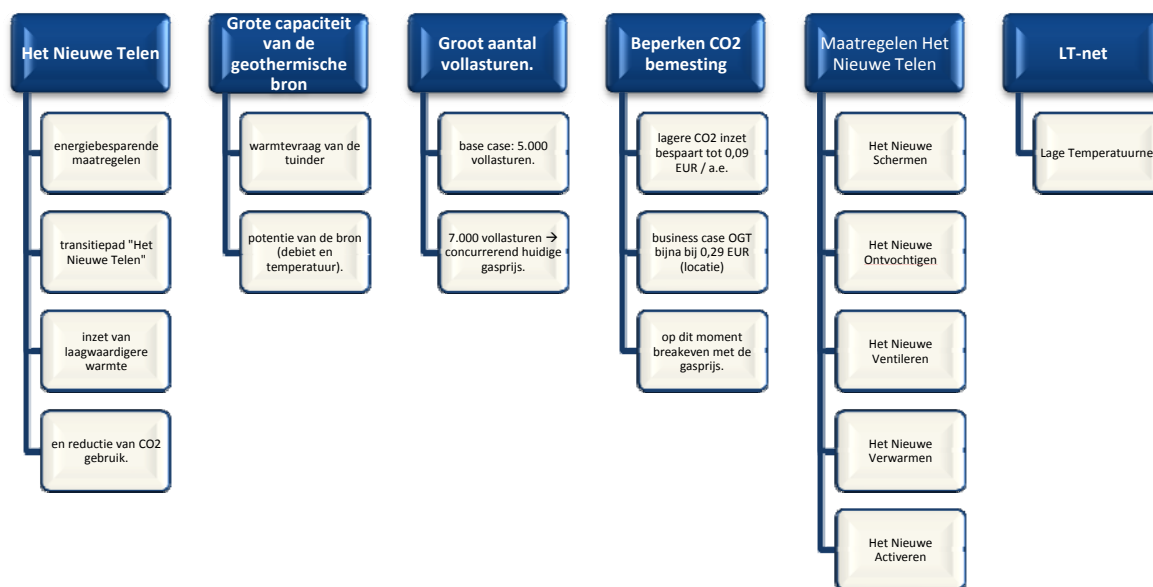
Conclusie: Lagetemperatuur verwarmingsystemen in combinatie met een warmtepomp leveren een energetische verduurzaming op, los van het feit of deze nu worden ingezet voor verwarming van kassen of in de gebouwde omgeving. De economische afweging dient per case locatie bekeken te worden.

6. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

- OGT kan op dit moment, met de huidige gasprijs, over het algemeen, voor een tuinder met <7000 bedrijfsuren niet economisch concurreren met de huidige conventionele technieken voor kasverwarming (WKK / Ketel). Deze generieke conclusie is echter erg locatie afhankelijk.
- Op termijn lijkt een concurrerende positie te kunnen ontstaan voor OGT, met name bij tuinders met grote bedrijfstijden. Dit is echter locatieafhankelijk. Dit is echter op dit moment niet bij iedere tuinder mogelijk. Hierdoor is er op dit moment geen echte economische driver voor een daadwerkelijke overstap overtuigend aanwezig. Dit komt mede door de huidige (relatief lage) gasprijs, welke een marktintroductie van een concurrerende technologie, zoals OGT, bemoeilijkt.
- Voor OGT zijn een 4 tal formatielagen geselecteerd en nader onderzocht (o.a. op diepte (consequenties voor de boorkosten), debiet (netto zandlaagdikte) en temperatuur. Deze zandlagen bevinden zich op een diepte tot circa 1.000 meter.
- De OGT prijs is opgebouwd uit de warmteprijs van de ondiepe geothermie bron (inclusief boorkosten) plus kosten voor de warmtepomp en CO2 inkoop.
- OGT kan op termijn, denk aan stijgende gasprijzen, en/of innovaties binnen bijvoorbeeld Het Nieuwe Telen (zoals een 2^e LT net, of een 2^e scherm of andere innovaties), een rol krijgen t.b.v. kasverwarming. Andere zaken die hiervoor nodig lijken zijn, meer bekendheid met de ondergrond, en wellicht reden tot downsizen van de veiligheidsvoorzieningen. Hiernaast bieden financieringen middels SDE(+) mogelijk extra stimulatiekansen voor OGT.
- Het is niet per definitie dat de hogere brontemperaturen leiden tot de meest potentievolle locaties. De kosten voor het doublet zijn voornamelijk afhankelijk van de boorkosten. Het optimum tussen *boorkosten*, *beschikbaar* debiet en temperatuur, in combinatie met de inzet van een warmtepomp ligt bij de uitgewerkte cases in de ondiepere formaties. Het blijkt dus dat de boorkosten een grote rol spelen in de haalbaarheid van de OGT.
- Hiernaast speelt de onzekerheid van bijvangst van olie/gas een rol, wat extra voorzorgsmaatregelen c.q. investeringen vraagt (afstemming met SodM).

- Een goede afstemming is noodzakelijk tussen de (laagwaardige) warmte vraag van een tuinder, en de aanwezige formatielaag (met bijbehorende temperatuur en debiet). Zo kan het natuurlijk voorkomen dat een tuinderlocatie een grote *laagwaardige-warmte-vraag* kent, maar dat deze tuinderlocatie zich niet bevindt boven een geschikte formatielaag. Andersom kan natuurlijk ook.
- Uit de financiële berekeningen volgt dat de grootste potentie voor OGT kan worden gevonden in de formatielaag Maasluis (noordwest Nederland). Doordat deze formatielaag onder de Waterwet valt, is een energiebalans in de bodem noodzakelijk. Overleg met het bevoegd gezag is noodzakelijk.

Onderstaand worden inzage gegeven in de randvoorwaarden voor Ondiepe Geothermie:



7. LITERATUUR EN BRONVERMELDING

[1, RGD] *Studie Rijks Geologische Dienst*; Kaarten en beschrijvingen afkomstig uit een uitgebreid onderzoek van de Rijks Geologische Dienst (RGD) tussen 1982 en 1985. In deze studie heeft men een geologische en hydrogeologische inventarisatie gemaakt van Tertiaire en onder-Kwartaire afzettingen in Nederland in functie van ondergrondse opslag en winning van warm water (Leyzers Vis et al., 1982, 1983; van Doorn et al., 1984, 1985).

[2, TNO] Database NLOG-boringen, Database met diepte basis en top van de verschillende Tertiaire en onder-Kwartaire lagen. Deze database is gebaseerd op interpretaties van meer dan 2000 NLOG-boringen, en is opgemaakt door TNO.

[3, DINO] Database +400 m-boringen DINOloket, Database van boorbeschrijvingen van boringen dieper dan 400 m afkomstig uit het DINOloket online datacentrum van TNO.

[4, Prins] Prins, S., 1980. The Netherlands. In: Haenel, R. (ed.): Atlas of subsurface temperatures in the European Community. Commission of the European communities. Th. Schaefer GmbH (Hannover): 17 pp.

[5, AgNL] Agentschap NL, Uniforme Maatlat voor de energievoorziening in de woning- en utiliteitsbouw, 10 juni 2011. Versie 3.0.

[6, Energiek2020] Internet informatie van energiek2020: <http://www.energiek2020.nu/het-nieuwe-telen>.

BIJLAGE A GEOLOGISCH KADER

1 INLEIDING

OGT (OGT) kan voor de glastuinbouwsector een interessant alternatief zijn voor diepe geothermie of andere warmtebronnen. Bij OGT wordt warmte onttrokken uit water afkomstig uit zandige lagen. De focus voor OGT ligt op zandlagen tot en met 1.000 m. De reden om 1.000 m als ondergrens te nemen voor OGT heeft te maken met het feit dat dit de maximale diepte is die met waterboortechneken te bereiken is.

De praktijkervaring leert dat OGT nog nauwelijks naamsbekendheid geniet. Er is zeer veel ervaring opgedaan met warmte-/koudeopslag (< 250 m diepte) in combinatie met warmtepompen; deze techniek is inmiddels volwassen. Ook voor diepe geothermie (> 1.500 m diepe) komt in toenemende mate praktijkervaring en informatie beschikbaar. OGT staat echter nog volledig in de kinderschoenen. Het toepassingsgebied in de bodem tussen de 250 en 1.000 m is in Nederland nog een vrij onbekend gebied.

Voor het uitvoeren van projecten is het ook belangrijk om rekening te houden met juridische aspecten. In Nederland ligt voor energieopslag een belangrijke juridische grens op 500 m. Systemen boven de 500 m vallen onder de waterwet. Hiervoor is de provincie het bevoegd gezag. Dieper dan 500 m geldt de mijnbouwwet, waarvoor EL&I (Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie) bevoegd is.

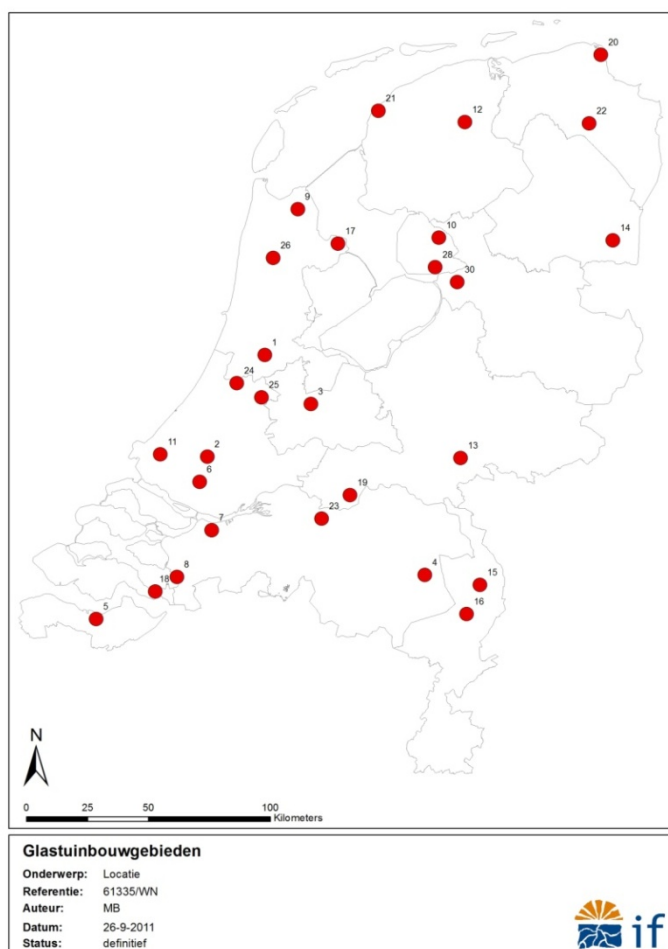
In het kader van het SKB onderzoek “Kansen voor OGT in de glastuinbouw” zijn de bodemtechnische mogelijkheden onderzocht voor de toepassing van OGT. Resultaat van dit onderzoek is een aantal relatieve potentiekaarten van geschikte zandlagen in Nederland voor de toepassing van OGT. De resultaten van dit onderzoek vormen input voor de werkpakketten 2 en 3. In werkpakket 4 worden alle deelresultaten in overweging genomen en kan de uiteindelijke potentiekaart voor de toepassing van OGT in de glastuinbouw worden opgesteld.

Leeswijzer:

Dit rapport start in hoofdstuk 1 met een overzicht van de regionale verspreiding van de glastuinbouwgebieden. In het tweede hoofdstuk zijn de gebruikte data, literatuur en software opgesomd. De selectie van geschikte lagen in relatie tot OGT, en ook de beschrijving en het in kaart brengen van diepte, zanddikte en temperatuur van deze lagen is opgenomen in een derde hoofdstuk. Op basis hiervan zijn potentiekaarten gemaakt, welke opgenomen en besproken zijn in hoofdstuk 4. Het laatste hoofdstuk bestaat uit een onzekerheidsanalyse qua bodemopbouw, capaciteit, temperatuur, waterkwaliteit en de aanwezigheid van olie en gas. Alle geproduceerde kaarten zijn opgenomen in de bijlage. Hier is tevens een verklarende woordenlijst toegevoegd.

2 LOCATIE GLASTUINBOUWGEBIEDEN

In onderstaande kaart (figuur 1.1) en tabel 1.1 zijn de belangrijke glastuinbouwgebieden in Nederland weergegeven. Deze gegevens zijn overgenomen uit het rapport “Inventarisatie beschikbaarheid en kwaliteit CO₂-stromen voor de glastuinbouw” (KEMA, 2009) en aangevuld door de klankbordgroep



Figuur 1.1 overzichtskaart van de glastuinbouwlocaties in Nederland

Tabel 1.1 overzicht van de glastuinbouwlocaties in Nederland

Nr	Locatie	Toevoeging
1	Aalsmeer e.o.	
2	Bleiswijk e.o.	"B-driehoek", Zuidplaspolder
3	Vleuten, Harmelen	
4	Deurne	
5	Terneuzen	
6	Zuidhollandse eilanden	Hoeksche Waard/Voorne Putten
7	Moerdijk	
7a	Dinteloord	nieuw te ontwikkelen
7b	Made	nabij Amer centrale
8	Bergen op Zoom	
9	Wieringermeer	"Agriport A7"
10	Luttelgeest	
11	Westland	
12	Berlikum	
13	Huissen/Bemmel	"Bergerden"
14	Klazienaveen	+ Erica
15	Horst a/d Maas	"Californie"
16	Maasbree	"Siberie"
17	Omgeving Enhuizen/Andijk	't Grootslag
18	Omgeving Rilland	
19	Zaltbommel e.o.	Bommelerwaard
20	Omgeving Eemshaven	
21	Sexbierum	
22	Hoogezand-Sappemeer	
23	Elshout	
24	Roelofarendsveen	
25	Nieuwkoop	
26	Heerhugowaard	
28	Ens	
30	Koekoekspolder	

3 DATA EN SOFTWARE

Voor het analyseren van de zandlagen tussen de 0 en 1.000 m zijn de volgende bronnen gebruikt:

- **Studie Rijks Geologische Dienst**
Kaarten en beschrijvingen afkomstig uit een uitgebreid onderzoek van de Rijks Geologische Dienst (RGD) tussen 1982 en 1985. In deze studie heeft men een geologische en hydrogeologische inventarisatie gemaakt van Tertiaire en onder-Kwartaire afzettingen in Nederland in functie van ondergrondse opslag en winning van warm water (Leyzers Vis et al., 1982, 1983; van Doorn et al., 1984, 1985).
- **Database NLOG-boringen**
Database met diepte basis en top van de verschillende Tertiaire en onder-Kwartaire lagen. Deze database is gebaseerd op interpretaties van meer dan 2000 NLOG-boringen. In een gesprek tussen TNO en IF Technology is de beschikbare data bekeken en bepaald in hoeverre de data bruikbaar is voor dit onderzoek. Aan de hand van dit gesprek heeft TNO een database met de ruwe data opgestuurd. Deze database is in dit onderzoek gebruikt.
- **Database +400 m-boringen DINOloket**
Database van boorbeschrijvingen van boringen dieper dan 400 m afkomstig uit het DINOloket online datacentrum van TNO.

Voor het in beeld brengen van de diepte, dikte, temperatuur en potentie van de verschillende geschikte zandlagen, zijn kaarten opgemaakt met het geografisch informatie systeem ArcGIS 10.0. Op basis van gegevens afkomstig uit de bovengenoemde databases zijn door middel van interpolatie landsdekkende kaarten gemaakt.

4 GEOLOGISCH KADER

De potentie van OGT hangt voornamelijk af van de dikte, permeabiliteit en geothermische gradiënt. Binnen de bovenste 1.000 m van de ondergrond liggen voornamelijk lagen van Tertiaire en Vroeg Kwartaire ouderdom. De focus voor de toepassing van OGT ligt dan ook op deze afzettingen.

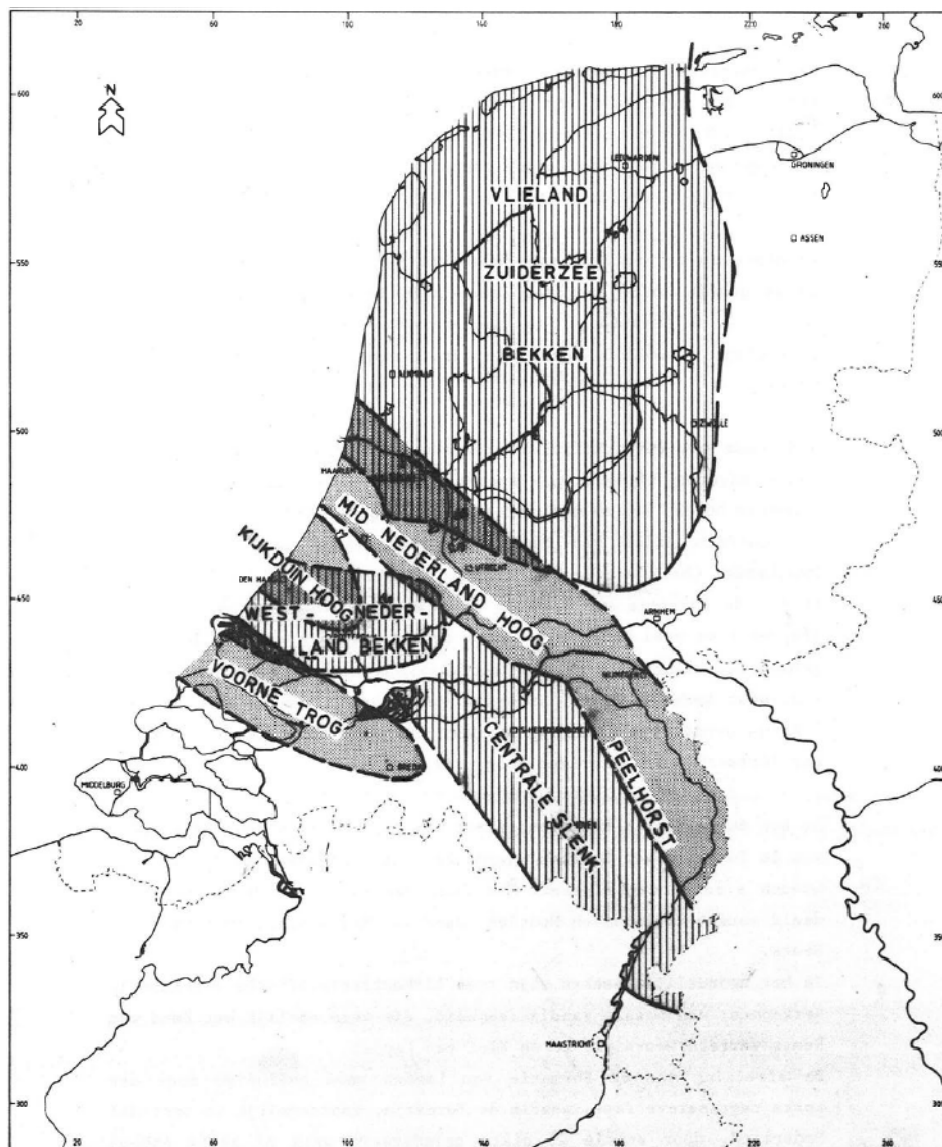
4.1 GESCHIKTE LAGEN

Gedurende het Tertiair en het Vroeg Kwartair zijn een 8-tal zandige lagen afgezet. Uit een analyse van de diktes van deze zandlagen op basis van de NLOG-database blijkt dat slechts vier lagen over grote delen van Nederland voldoende dik zijn voor de toepassing van OGT. Dit zijn het Zand van Brussel, de Formatie van Breda, de Formatie van Oosterhout en de Formatie van Maassluis. De andere vier worden voor deze inventarisatie buiten beschouwing gelaten. Onderstaande tabel (tabel 3.1) geeft de mariene afzettingen weer gedurende het Tertiair en Vroeg Kwartair, figuur 3.1 toont de belangrijkste geologische structuren en de vier geschikte lagen (cursief).

Tabel 3.1 Opbouw ondergrond

Groep	Nr.	Formatie	Laagpakket
Boven Noordzee groep	1	<i>Formatie van Maassluis</i>	
	2	<i>Formatie van Oosterhout</i>	
	3	<i>Formatie van Breda</i>	
Midden Noordzee groep		Formatie van Veldhoven	Laagpakket van Someren Veldhovense klei <i>Laagpakket van Voort</i>
	4		
		Formatie van Rupel	Laagpakket van Steensel Rupelse Klei Laagpakket van Vessem
	5		
Laag Noordzee groep		Formatie van Tongeren	Laagpakket van Goudsberg Laagpakket van Klimmen
		Formatie van Dongen	Laagpakket van Asse Brusselse mergel <i>Brussels zand</i> Laagpakket van Ieper Basaal Dongen Tuffiet <i>Basaal Dongen Zand</i>
	6		
	7		
		Formatie van Landen	Laagpakket van Reusel Landense klei Laagpakket van Gelinden <i>Laagpakket van Heers</i> Laagpakket van Swalmen
	8		

* Opmerking: Laagpakket van Vessem was vroeger Zand van Berg en Complex van Kallo



Figuur 3.1 Belangrijkste structurele elementen gedurende het Tertiair en Vroeg Kwartair

4.2 EIGENSCHAPPEN EN BEPALING NETTO ZANDDIKTE VAN DE LAGEN

De beschrijving van de oorsprong en de eigenschappen van de sedimenten zijn gebaseerd op de RGD studie en boringen dieper dan 400 m afkomstig uit DINOloket. Hieruit blijkt dat niet het gehele pakket geschikt is om water aan te onttrekken. Daarom is het nodig om een netto zanddikte⁴ te bepalen. Het percentage van de totale dikte waaraan effectief water kan onttrokken worden, hangt af van de kwaliteit van deze zanden (korrelgrootte, porositeit, kleigehalte, maat van sortering en cementatie) en de hoeveelheid klei-inschakelingen (of andere sedimentatie). Dit percentage is voor elk gebied anders. Voor elk van de vier formaties is een aantal regio's benoemd waarvoor het percentage van de netto zanddikte is bepaald.

a. Zand van Brussel

Het Zand van Brussel is een mariene afzetting bestaande uit zeer fijn, vaak verkit, klei- en kalkhoudend zand. Deze sedimenten zijn afgezet in twee gescheiden bekkens in Nederland, waarbij de bekkens gesitueerd waren in het zuidwesten (Zeeland, West-Brabant en ten zuiden van Rotterdam) en het noorden (lijn ten noorden van midden Noord-Holland, midden Flevoland, noordwest Gelderland en midden Overijssel).

Uit de geïnventariseerde data blijkt dat de kwaliteit van het zand vermindert naar het noorden en de bekkenranden toe. Dit blijkt uit de toename in het kleigehalte en cementatie en een slechtere sortering. In het algemeen neemt het kleigehalte toe aan de basis en de top.

Op basis van de geïnventariseerde data is de netto zanddikte bepaald voor verschillende regio's in Nederland. De volgende regio's en zanddiktes zijn in acht genomen:

- Kop van Holland, noord Friesland en noordwest Groningen, netto zanddikte 30%
- zuid Friesland, Groningen, centraal Noord Holland, bovenste band van ~50 km van het zuidwest bekken netto zanddikte 50%
- grootste deel zuidwest bekken, noord Overijssel, Drenthe, noord Flevoland, noordwest Gelderland, netto zanddikte 70%.

b. Formatie van Breda

De formatie bestaat uit een afwisseling van zanden, kleiige zanden en kleien van mariene oorsprong. De zandige eenheden binnen de formatie verschillen sterk qua verbreiding, diepteligging, dikte en eigenschappen. In twee gebieden zijn er duidelijk dikkere pakketten

⁴ Netto zanddikte is de dikte van het pakket waaruit daadwerkelijk water onttrokken kan worden

afgezet, namelijk in de centrale slenk en in het Zuiderzee bekken. Dit is te wijten aan een actieve periode van slenk- en bekkenvorming in deze gebieden.

In de RGD-studie zijn binnen de Formatie van Breda zes verschillende zandpakketten onderscheiden. De eigenschappen van deze zandpakketten duiden op een afname in korrelgrootte en een toename in kleigehalte naar het noorden tot noordoosten.

Boorbeschrijvingen uit DINOloket maken duidelijk dat dikkere kleipakketten aanwezig zijn in het noorden. De volgende regio's en bijbehorende zanddiktes zijn bepaald:

- ten noorden van lijn Leiden-Utrecht-Arnhem, netto zanddikte 40%
- Brabant en Limburg, netto zanddikte 80%
- het gebied tussen 40 en 80%, netto zanddikte 60%.

c. Formatie van Oosterhout

De formatie bestaat uit een pakket mariene kleien, zandige kleien en kleiige zanden. De afzettingen bevatten vaak glimmers, verkoolde houtresten en vooral in het oosten veel schelpgruis. Zowel de basale lagen als de top van de formatie bestaan in grote delen van Nederland uit zandige afzettingen. Hiertussen zitten kleiige niveaus die uitwijken naar het oosten. In het westen van Nederland ontbreekt het basale zandpakket volledig. Volgens de boorbeschrijvingen uit DINOloket zijn de regionale verschillen van de kwaliteit van de zandpakketten redelijk gering. Uit deze trends zijn volgende regio's met bijbehorende netto zanddikte afgeleid:

- Noord- en Zuid Holland, netto zanddikte 30%
- ten oosten van lijn Leeuwarden, Kampen, Nijmegen 90%
- Rest van Nederland, netto zanddikte 60%.

d. Formatie van Maassluis

De afzettingen van de Formatie van Maassluis zijn overwegend ondiep mariene, matig fijne tot grove kleiige zanden, die soms schelprijk zijn. Naar het oosten toe gaat het meer om deltaïsche zanden en/of continentale afzettingen.

Uit boorbeschrijvingen van DINOloket blijkt dat vooral in het noordwesten de sedimenten vaak kleiig zijn. De verschillen in kwaliteit van de zandige trajecten zijn redelijk gering.

Voor de netto zanddikte zijn op basis van deze gegevens twee gebieden onderscheiden:

- Kop van Holland, netto zanddikte 50%
- Rest van Nederland, netto zanddikte 70%.

4.3 OPBOUW DIEPTEKAARTEN EN NETTO ZANDDIKTE

Om de verbreiding van de vier lagen in beeld te brengen, zijn diepte- en netto zanddiktekaarten gemaakt aan de hand van de database van de NLOG-boringen en wiskundige analyse voor de locaties waarvoor geen data beschikbaar is. De netto zanddiktes zijn afgeleid uit de totale diktes op basis van de analyse in de voorgaande paragraaf.

De interpretaties van de diepte van de basis en/of top van de NLOG-boringen zijn niet allemaal correct. Om de verkeerde interpretaties uit de database te filteren zijn de data onderling vergeleken. Daarnaast zijn deze ook vergeleken met de kaarten van de RGD studies, die opgemaakt zijn op basis van seismiek en een gering aantal boringen. Het is mogelijk dat nog steeds een aantal foute interpretaties meegenomen zijn in de kaarten.

Het Zand van Brussel en de Formatie van Maassluis komen niet overal in Nederland voor. De grenzen van het voorkomen van deze twee lagen zijn bepaald op basis van kaarten uit de RGD studie en de NLOG-database.

De uiteindelijke kaarten bekomen voor de diepte van de basis voor elk van de vier lagen staan in bijlage I-IV; die voor de netto zanddikte zijn opgenomen in bijlage I-IV.

4.4 GEBRUIKTE INTERPOLATIEMETHODEN

In de kaarten voor het Zand van Brussel, de Formatie van Breda en de Formatie van Oosterhout zijn de actieve breukzones uit het Tertiair als laterale grenzen gebruikt. Door deze grenzen te gebruiken geeft de spline-interpolatie⁵ de beste resultaten (Childs, 2004). Een nadeel van deze methode is extrapolatie, waardoor negatieve waarden ontstaan. Ook zijn er regio's, ingesloten door breuken, die blanco blijven. Dit zijn regio's waar geen gegevens zijn, en waar de onzekerheid dus groot is.

De afzetting van de Formatie van Maassluis is niet beïnvloed door de Tertiairbreuken, en daarom zijn deze breukgrenzen weggelaten. Hier is natural neighbor interpolatie⁶ toegepast (Childs, 2004).

⁵ De spline methode gebruikt een wiskundige functie (1^e, 2^e en 3^e afgeleide), die de curve van het oppervlak minimaliseert, om de waarden in te schatten.

⁶ De natural neighbor methode neemt het gewogen gemiddelde van de omringende gegevens waarbij het gewicht gerelateerd is aan de afstand tot het interpolatiepunt.

4.5 **TEMPERATUUR-DIEPTEKAARTEN**

Voor deze studie zijn temperatuurkaarten op 500 en 1.000 m van Prins (1980) gedigitaliseerd met ArcGIS 10.0. Aan de hand van deze kaarten is de geothermische gradiënt afgeleid. Door deze gradiënt toe te passen, en rekening te houden met een bovengrondse temperatuur van 10°C, zijn voor de gemiddelde dieptes van de verschillende zandlagen temperatuur-dieptekaarten opgemaakt. Deze vier kaarten zijn te vinden in bijlage I-IV.

4.6 **AANWEZIGHEID BREUKEN**

In de verschillende formaties zijn diverse breuken aanwezig. De breuken vormen geen belemmering voor de aanleg van OGTsystemen. De potentie van de ondergrond zal door de aanwezigheid van een breuk niet verminderen. Wel is het noodzakelijk om bij een vervolgstudie bij het positioneren van de bronnen rekening te houden met de aanwezige breuken. Tevens kan bij een vervolgstudie op basis van lokale data de exacte locatie van de breuken bepaald worden.

5 DE POTENTIEKAARTEN VAN DE ONDERGROND

5.1 POTENTIE VAN DE LAGEN IN KAART

Voor elke van de vier lagen is een kaart opgemaakt waarin de relatieve potentie is weergegeven in vier klassen: geen, laag, middel en hoog. De potentie is voornamelijk of uitsluitend gebaseerd op de netto zanddikte. Hiervoor is gekozen omdat dit de belangrijkste factor is in functie van OGT. Een netto zanddikte van 30 m is als minimum gesteld.

Op basis van voortschrijdend inzicht is de capaciteit (m^3/h) van dunnere zandlagen te beperkt om een significante verduurzaming mogelijk te maken. Bij de kaarten voor het Zand van Brussel en de Formatie van Breda is naast de netto zanddikte ook rekening gehouden met het regionale kwaliteitsverschil van het aanwezige zand. Voor de Formatie van Maassluis en de Formatie van Oosterhout is dit niet nodig, omdat de regionale verschillen beperkt zijn.

De potentiekaarten zijn opgenomen in bijlage I-IV.

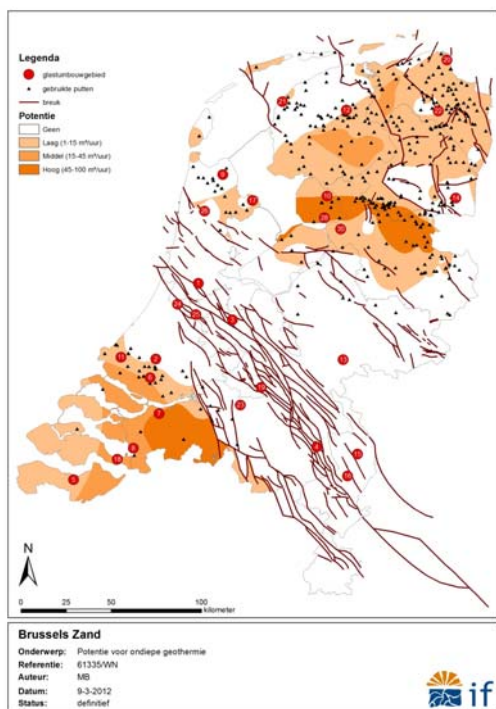
In bijlage V is een overzicht opgenomen waarin per glastuinbouwgebied de verschillende parameters per formatie zijn weergegeven.

a. Zand van Brussel

Uit de potentiekaart blijkt dat het westen van Brabant en het noorden van Flevoland en Overijssel de hoogste potentie hebben voor OGT.

Een middelmatige potentie is te vinden aan de oostkant van Zeeland, het uiterste zuiden van Zuid Holland, het zuidoosten van Friesland en plaatselijk in het noordwesten van Groningen. In Groningen en Drenthe zijn lokale verschillen te verklaren door zouttektoniek.

In alle voorkomengebieden zijn voldoende data aanwezig, zodat de onzekerheid qua verbreiding beperkt blijft.

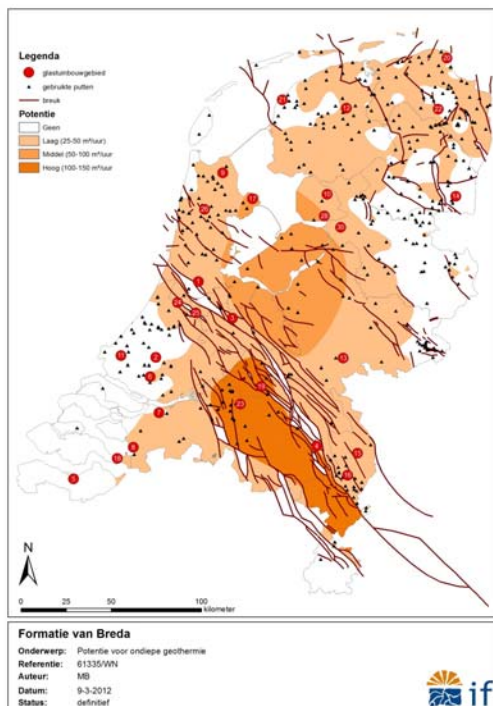


Figuur 4.1 Potentiekaart van de ondergrond Zand van Brussel

b. Formatie van Breda

De Formatie van Breda heeft het hoogste potentieel in midden Limburg en Oost Brabant, maar ook in Flevoland, het noordwesten van Gelderland, Friesland en het oosten van Noord Holland is de potentie vrij hoog.

In Gelderland en over de gehele centrale slenk zijn weinig boringen aanwezig die de Formatie van Breda gepenetreerd hebben. Dit heeft dus als gevolg dat er in deze gebieden een grotere onzekerheid is op het vlak van verbreiding. Zeker in de centrale slenk kunnen lokale verschillen groot zijn door breukwerking.



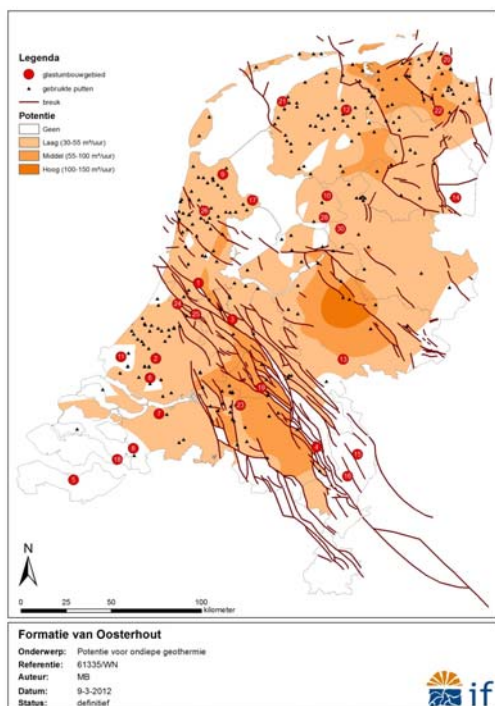
Figuur 4.2 Potentiekaart van de ondergrond Formatie van Breda

c. Formatie van Oosterhout

Het noordwesten van Gelderland en het noordwesten van Groningen (omgeving Lauwersoog) hebben het hoogste potentieel voor OGT in de Formatie van Oosterhout.

De centrale slenk (noordoosten van Brabant) en het zuidoosten van Friesland hebben een gemiddeld potentieel.

De Formatie van Oosterhout is in de centrale slenk en Gelderland maar in een beperkt aantal putten doorboord. Dit betekent dat foute interpretaties moeilijker te achterhalen zijn, omdat data onderling niet kunnen vergeleken worden. Hieruit volgt ook dat de onzekerheid qua verbreiding in deze gebieden groot is.

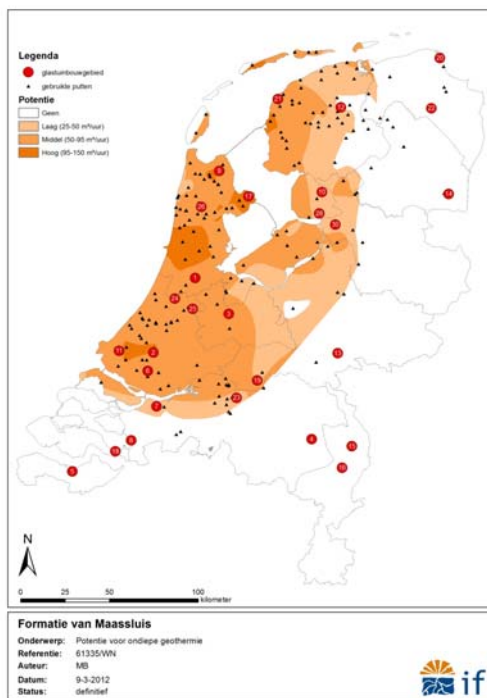


Figuur 4.3 Potentiekaart van de ondergrond Formatie van Oosterhout

d. Formatie van Maassluis

De hoge- en middelhoge potentiegebieden voor de formatie van Maassluis liggen in het westen en noordwesten van het land. Terschelling, het uiterste westen van Friesland, het zuiden en oosten van Noord Holland en het gebied boven Rotterdam hebben op basis van de geïnventariseerde data de hoogste potentie.

In de regio's met hoge en middel hoge potentie zijn veel boringen aanwezig. De lokale onzekerheid is gering.



Figuur 4.4 Potentiekaart van de ondergrond Formatie van Maassluis

In tabel 4.1 is een overzicht van de debieten per potentieklasse per formatie opgenomen. Deze indeling is tevens in de kaarten in bijlage I-IV opgenomen.

Tabel 4.1 overzicht van de debieten per formatie per potentieklasse

	potentie laag	midden	hoog
Brussels Zand	1-15	15-45	45-100
Formatie van Breda	25-50	50-100	100-150
Formatie van Oosterhout	30-55	55-100	100-150
Formatie van Maassluis	25-50	50-95	95-150

5.2 HET GEBRUIK VAN DE KAARTEN IN FUNCTIE VAN HET UITVOEREN VAN PROJECTEN

De potentiekaarten mogen uitsluitend als richtlijn gebruikt worden. Ze geven enkel de relatieve potentie voor een bepaalde zandlaag ten opzichte van andere zandlagen weer.

Om een project uit te voeren is het noodzakelijk om eerst een gedetailleerd vooronderzoek te doen. Het is mogelijk om extra data op te vragen en te verzamelen van boringen in de directe omgeving van de projectlocatie. Aan de hand van deze data is het mogelijk om een studie uit te voeren van de lokale kwaliteit van een potentiële zandlaag. Uit de kwaliteit van het zand kan dan een inschatting gemaakt worden van de capaciteit om warmte te onttrekken uit de desbetreffende zandlaag.

Het doel van een gedetailleerd vooronderzoek is om de onzekerheden te minimaliseren. Wanneer dit gebeurd is, kan een beter beeld gevormd worden van de technische mogelijkheden voor de toepassing van OGT.

6 ONZEKERHEDEN

6.1 BODEMOPBOUW

Onderstaand een overzicht van de onzekerheden met betrekking tot de bodemopbouw:

- De boringen gebruikt om deze kaarten te maken zijn niet gelijkmatig verdeeld over Nederland. Dit zorgt voor een toename in onzekerheid in regio's met een kleinere dichtheid aan boringen.
- Ondanks het filteren van anomalieën, is het nog steeds mogelijk dat foute interpretaties van de geanalyseerde boringen meegenomen zijn in de kaart.
- In de omgeving van breuken (voornamelijk de centrale slenk) en in gebieden waar zouttektoniek een grote rol spelen (Groningen en Drenthe) neemt de onzekerheid toe, zeker indien in deze gebieden weinig metingen aanwezig zijn.
- Het soort interpolatie dat gebruikt wordt voor het opstellen van de kaarten zorgt voor een aantal artefacten waarmee rekening gehouden moet worden bij het interpreteren van deze kaarten. De artefacten zitten voornamelijk langs de randen door extrapolatie en tussen verschillende breuklijnen door een tekort aan gegevens.
- De inschatting van de netto zanddikte is gebaseerd op basis van een beperkt aantal beschikbare boorgegevens. Hierdoor zijn relatief grote regio's voor de zanddikte gedefinieerd. Locatie specifiek onderzoek is noodzakelijk om de exacte netto zanddikte te bepalen.

Om een meer gedetailleerd beeld te krijgen van de bodemopbouw moeten locatie specifiek de volgende stappen ondernomen worden:

1. Opvragen en analyseren van boorbeschrijvingen en petrofysische data;
2. Opvragen en analyseren van seismiek;
3. Eventueel uitvoeren van een proefboring voor meerdere systemen in dezelfde regio.

6.2 CAPACITEITEN

Doordat bijna geen rechtstreekse permeabiliteitsmetingen beschikbaar zijn, is het enkel mogelijk om inschattingen te maken van de capaciteit van een zandlaag. Deze inschatting is gemaakt aan de hand van de kwaliteit van het zand, die voornamelijk gebaseerd is op korrelgroottes, kleigehaltes, sortering, compactie en cementatie. Slechts voor een aantal locaties zijn deze parameters beschikbaar en dit meestal maar over een beperkt deel van de zandlaag. Het is hierdoor lastig om de capaciteit van een totale zandlaag in kaart te brengen. Dit is de belangrijkste reden om initieel kwalitatieve potentiekaarten op te stellen en geen kwantitatieve.

6.3 TEMPERATUUR

De temperatuur-dieptekaarten zijn uitsluitend gebaseerd op temperatuurkaarten op 500 en 1.000 m van Prins (1980). Dit betekent dat bij het opstellen van deze kaarten geen rekening gehouden is met het effect van de geologie op het verloop van de temperatuur in de ondergrond. De kaarten van Prins zijn gebaseerd op een beperkt aantal exploratiedata voor olie en gas en zullen op lokaal niveau fouten kunnen bevatten door interpolatie. Op lokaal niveau dient rekening gehouden te worden met een afwijking van circa 5°C

6.4 WATERKWALITEIT

Tussen 250 en 1.000 m diepte is weinig bekend over de waterkwaliteit. Het water op deze dieptes is van mariene oorsprong is, derhalve is het zoutgehalte van het water hoog. Tijdens het uitvoeren van projecten is het belangrijk om hiermee rekening te houden, omdat het zoutgehalte invloed kan hebben op de diverse installatie onderdelen (corrosie). Als het water uit kalkrijke zanden komt, dient ook rekening gehouden te worden met kalkneerslag. Neerslag kan worden voorkomen door waterbehandeling toe te passen.

De daadwerkelijke waterkwaliteit kan pas worden onderzocht bij realisatie van een eerste put op locatie. Vervolgens kan de op hoofdlijnen uitgedachte waterbehandelingsinstallatie worden verfijnd.

6.5 AANWEZIGHEID ONDIEP GAS EN/OF OLIE

Op dieptes tot 1.000 m zijn geen gegevens beschikbaar over het al dan niet aanwezig zijn van gas of olie. Zowel gas (vanaf 500 m) en aardolie (vanaf 800 m) zijn reeds binnen de bovenste 1.000 m aangetroffen in Nederland. In het noorden van Nederland is het risico het grootst om ondiep gas of olie aan te treffen. Bij het realiseren van een project moet rekening worden gehouden met het aanboren van gas of olie. Om de veiligheid te waarborgen is gedegen vooronderzoek noodzakelijk en moeten de benodigde veiligheidsvoorzieningen worden getroffen. Welke invloed dit heeft op het boorproces en de kosten hiervan wordt omschreven in werkpakket 2 van het SKB OGT onderzoek.

6.6 BOREN ONDIEPER DAN 500 M BENEDEN MAAIVELD

Wanneer gekozen wordt om een systeem ondieper dan 500 m beneden maaiveld aan te leggen, is een vergunning in het kader van de Waterwet noodzakelijk. In het kader van de Waterwet is het echter niet toegestaan temperaturen hoger dan 25 C in de ondergrond te infiltreren en is een energiebalans noodzakelijk. Een energiebalans wil zeggen dat over een bepaalde periode de hoeveelheid geïnfiltreerde warmte gelijk is aan de hoeveelheid onttrokken warmte. Bij een OGTSysteem zal echter enkel warmte aan de ondergrond onttrokken worden. Derhalve is het bij een geothermiesysteem ondieper dan 500 m beneden maaiveld noodzakelijk een pilotproject in het kader van de Waterwet aan te vragen.

6.7 GEVOELIGHEIDSANALYSE

De potentie van ondiepe geothermie wordt uitgedrukt in het thermische vermogen dat met een doublet geproduceerd kan worden. Hoe hoger het vermogen, hoe hoger de potentie. Het vermogen is te berekenen met de volgende relatie:

$$P_t = \text{debiet} * (\text{aanvoertemperatuur} - \text{retourtemperatuur}) * \text{warmtecapaciteit van water} \quad (1)$$

In deze studie zijn het temperatuurverschil tussen de bronnen en de warmtecapaciteit van water (4,2 MJ/m³K) constant gehouden. Het vermogen is hierdoor alleen afhankelijk van het debiet.

Temperatuur

De aanvoertemperatuur is afhankelijk van de geothermische gradiënt en de diepteligging van het reservoir. Uit bovenstaande relatie valt op te maken dat het thermisch vermogen in principe recht evenredig is met het temperatuurverschil tussen de bronnen.

Gezien het feit dat het temperatuurverschil tussen de bronnen in deze studie constant is gehouden. Heeft de aanvoertemperatuur geen invloed op het vermogen en dus ook geen invloed op de potentie.

De temperatuur-dieptekaarten zijn uitsluitend gebaseerd op temperatuurkaarten op 500 en 1.000 m van Prins (1980). Dit betekent dat bij het opstellen van deze kaarten geen rekening gehouden is met het effect van de geologie op het verloop van de temperatuur in de ondergrond. De kaarten van Prins zijn gebaseerd op een beperkt aantal exploratie-

data voor olie en gas en zullen op lokaal niveau fouten kunnen bevatten door interpolatie. Op lokaal niveau dient rekening gehouden te worden met een afwijking van circa 5°C.

Deze afwijking/onnauwkeurigheid heeft geen invloed op het thermisch vermogen aangezien het temperatuurverschil tussen de bronnen constant wordt verondersteld. Een hogere of lagere aanvoertemperatuur, resulteert automatisch in een hogere of lagere retourtemperatuur.

Debiet

Het debiet is afhankelijk van de permeabiliteit (doorlatendheid) en de dikte van het reservoir. Om het debiet te bepalen wordt gebruik gemaakt van ontwerpnormen (NVOE-richtlijnen). Volgens deze ontwerpnormen (onttrekkingsnorm) is het debiet lineair afhankelijk van de dikte en van de permeabiliteit. Dit betekent dat als de dikte of de permeabiliteit met 10% toeneemt, ook het debiet en daarmee het vermogen met 10% toeneemt.

Gezien de lineaire afhankelijkheid van het vermogen van de dikte, permeabiliteit en temperatuurverschil tussen de bronnen, is het thermisch vermogen vastgelegd met de volgende relatie:

$$\text{Vermogen} = \text{permeabiliteit} * \text{dikte} * dT \quad (2)$$

Het debiet is in even grootte mate afhankelijk van de dikte als van de permeabiliteit.

De dikte kan in het algemeen goed bepaald worden aan de hand van de aanwezige boringen. Tussen de boringen wordt geïnterpoleerd waardoor een bepaalde mate van onzekerheid geïntroduceerd wordt. Er is gekozen voor een natural neighbor interpolatie techniek, waarbij geen waardering aan de gehanteerde datapunten is toegekend. Hoe verder bij de datapunten vandaan hoe groter in principe de onzekerheid. De geologische gesteldheid van het gebied speelt hierin natuurlijk wel een rol. Hoe meer continue de afzetting hoe betrouwbaarder de interpolatie van de dikte.

Doordat bijna geen rechtstreekse permeabiliteitsmetingen beschikbaar zijn, is het enkel mogelijk om een inschatting te maken van de permeabiliteit van het reservoir. Deze inschatting wordt gemaakt aan de hand van de kwaliteit van het zand (korrelgroottes, kleigehaltes, sortering, compactie en cementatie) en op basis van literatuurgegevens. Alle inschattingen zijn hierdoor even betrouwbaar, of even onbetrouwbaar.

Onzekerheidskaart

Gezien het bovenstaande is besloten de onzekerheidskaart alleen te baseren op de datadichtheid en de kwaliteit van de aanwezige data. Deze kaart is weergegeven in bijlagen I-IV.

7 LITERATUUR

Childs, C., 2004. Interpolating surfaces in ArcGIS Spatial Analyst.
<http://www.esri.com/news/arcuser/0704/files/interpolating.pdf>

Leyzers Vis, C.I. (RGD) en Speelman, H. (TNO), 1982. Geologische en hydrogeologische inventarisatie van tertiaire en onder-kwartaire afzettingen in Midden-Nederland t.b.v. ondergrondse opslag en winning van warm water. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

Leyzers Vis, C.I. (RGD) en Speelman, H. (TNO), 1983. Geologische en hydrogeologische inventarisatie van tertiaire en onder-kwartaire afzettingen in Midden-Nederland t.b.v. ondergrondse opslag en winning van warm water. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

Prins, S., 1980. The Netherlands. *In*: Haenel, R. (ed.): Atlas of subsurface temperatures in the European Community. Commission of the European communities. Th. Schaefer GmbH (Hannover): 17 pp.

van Doorn, T.H.M. en Speelman, H. (TNO), 1984. Geologische en hydrogeologische inventarisatie van tertiaire en onder-kwartaire afzettingen in Noord-Nederland t.b.v. ondergrondse opslag en winning van warm water. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

van Doorn, T.H.M., Leyzers Vis, C.I., Salomons, N. (RGD), van Dalfsen, W., Speelman, H., Zijl, W. (TNO), 1985. Aardwarmtewinning en grootschalige warmteopslag in tertiaire en kwartaire afzettingen. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

Database

IF, 2011. Database uit DINOloket van boringen dieper dan 400m. *Uit*: De Mulder, E.F.J., Geluk, M.C., Ritsema, I., Westerhoff, W.E. en Wong, T.E., 2003: De Ondergrond van Nederland.

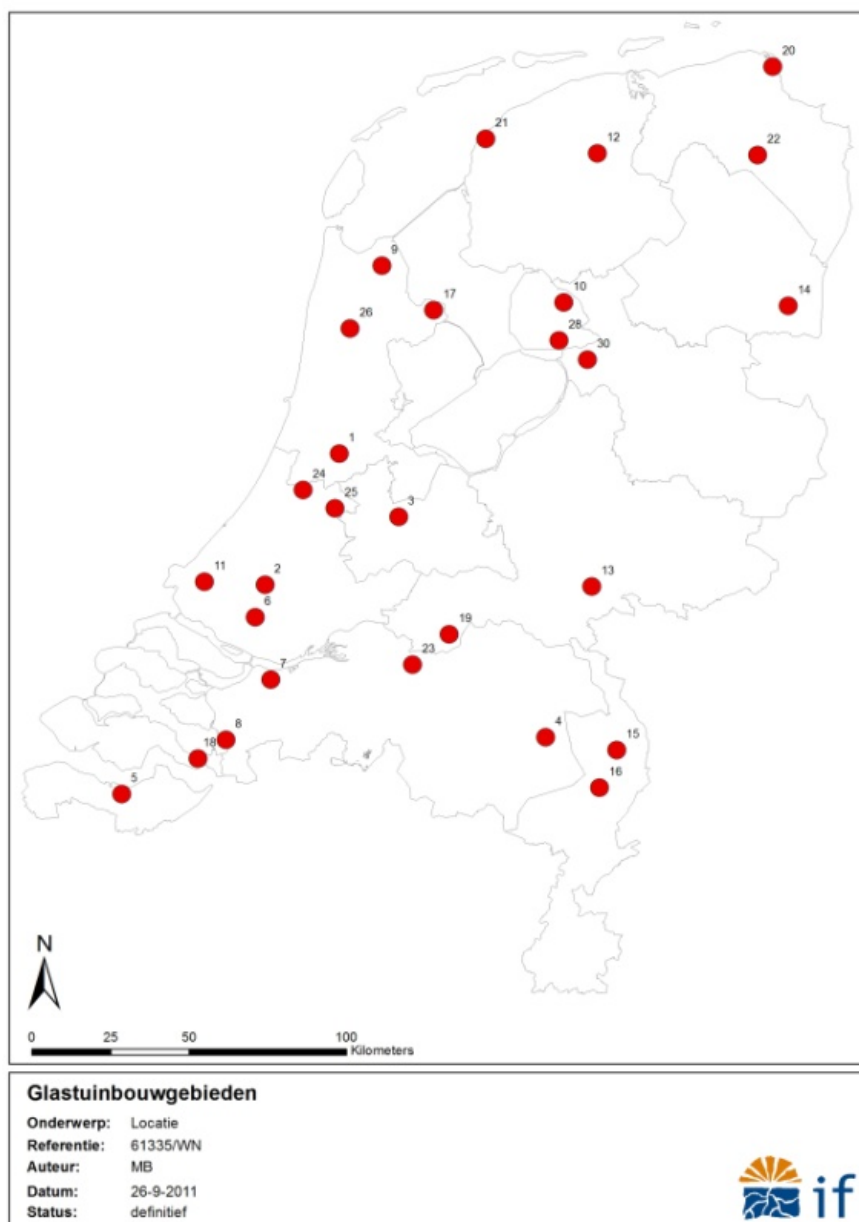
TNO, 2011. Database van de stratigrafie van tertiaire en onder-kwartaire afzettingen afgeleid uit NLOG-boringen.

BIJLAGE B KAARTEN NEDERLAND (DIEPTE, ZANDLAAGDIKTE, TEMPERATUUR EN OGT POTENTIE)

Deze bijlage toont in groot formaat de opgestelde landsdekkende kaarten van Nederland, met daarop aangegeven de diepte van de verschillende zandlagen, de zandlaagdikte, de bijbehorende temperaturen en de potentie voor OGT.

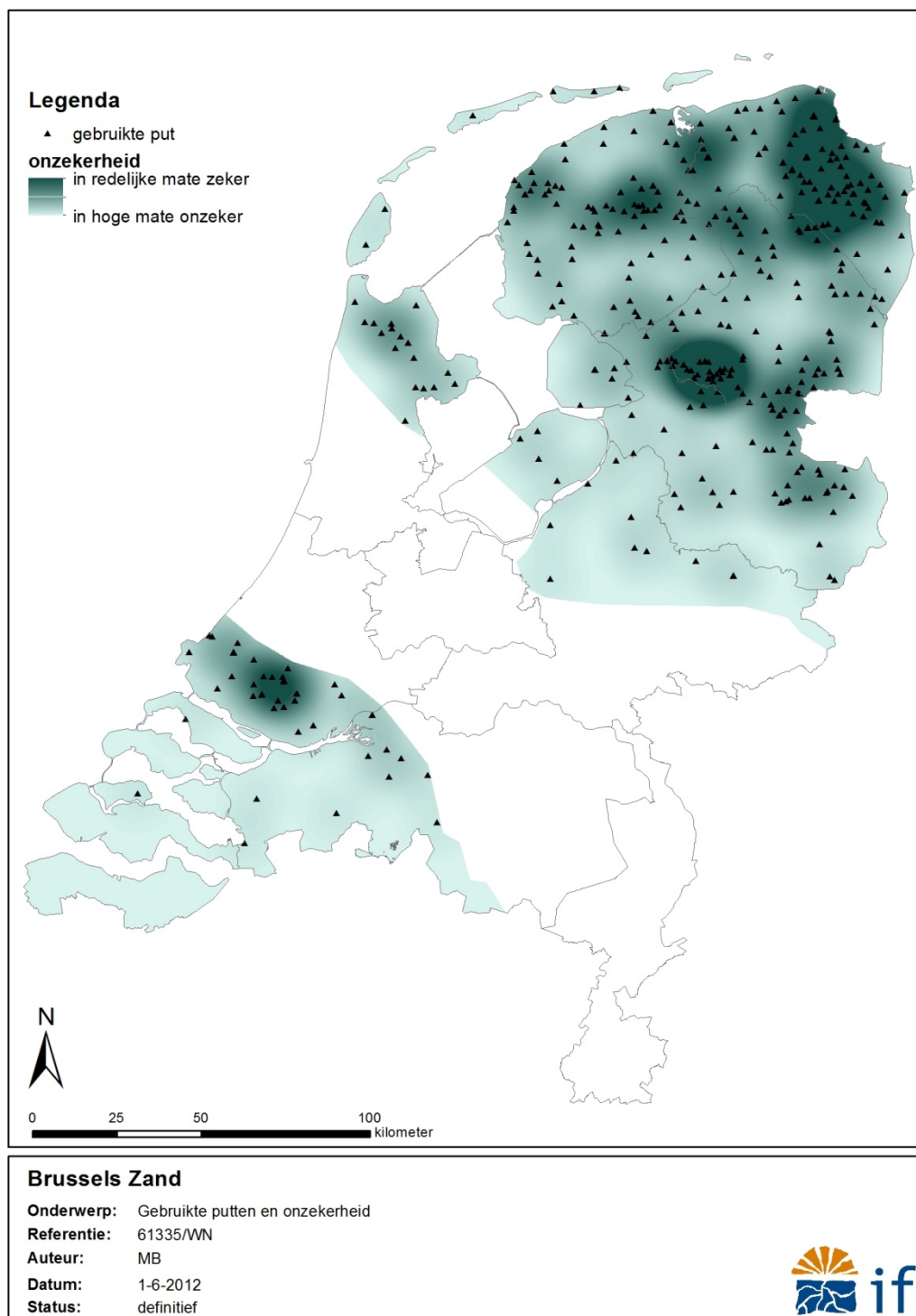
Tabel 2 Tuinbouwgebieden in Nederland

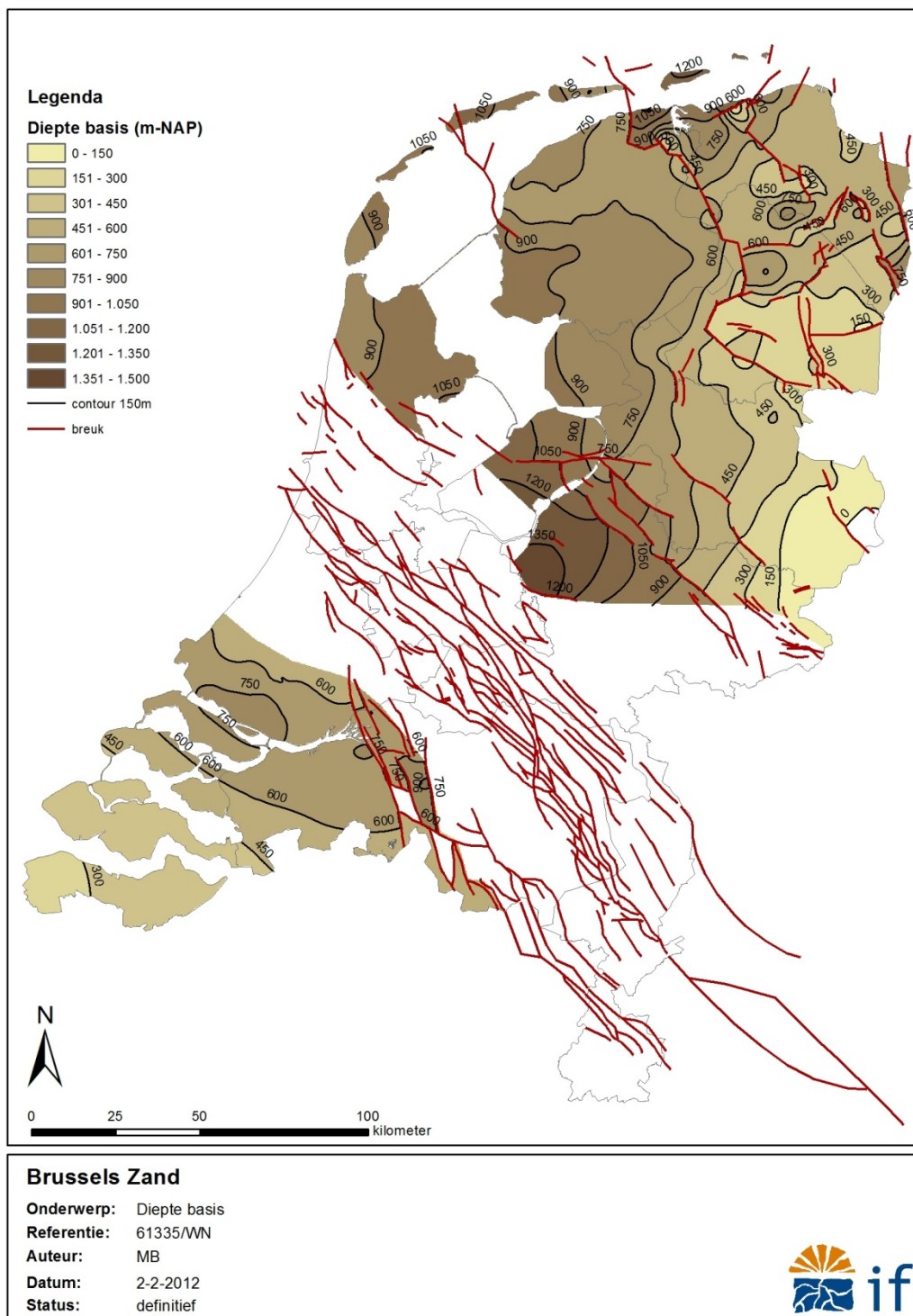
Nr	Locatie	Toevoeging
1	Aalsmeer e.o.	
2	Bleiswijk e.o.	"B-driehoek", Zuidplaspolder
3	Vleuten, Harmelen	
4	Deurne	
5	Terneuzen	
6	Zuidhollandse eilanden	Hoeksche Waard/Voorne Putten
7	Moerdijk	
7a	Dinteloord	nieuw te ontwikkelen
7b	Made	nabij Amer centrale
8	Bergen op Zoom	
9	Wieringermeer	"Agriport A7"
10	Luttelegeest	
11	Westland	
12	Berlikum	
13	Huissen/Bemmel	"Bergerden"
14	Klazienaveen	+ Erica
15	Horst a/d Maas	"Californie"
16	Maasbree	"Siberie"
17	Omgeving Enhuizen/Andijk	't Grootslag
18	Omgeving Rilland	
19	Zaltbommel e.o.	Bommelerwaard
20	Omgeving Eemshaven	
21	Sexbierum	
22	Hoogezand-Sappemeer	
23	Elshout	
24	Roelofarendsveen	
25	Nieuwkoop	
26	Heerhugowaard	
28	Ens	
30	Koekoekspolder	

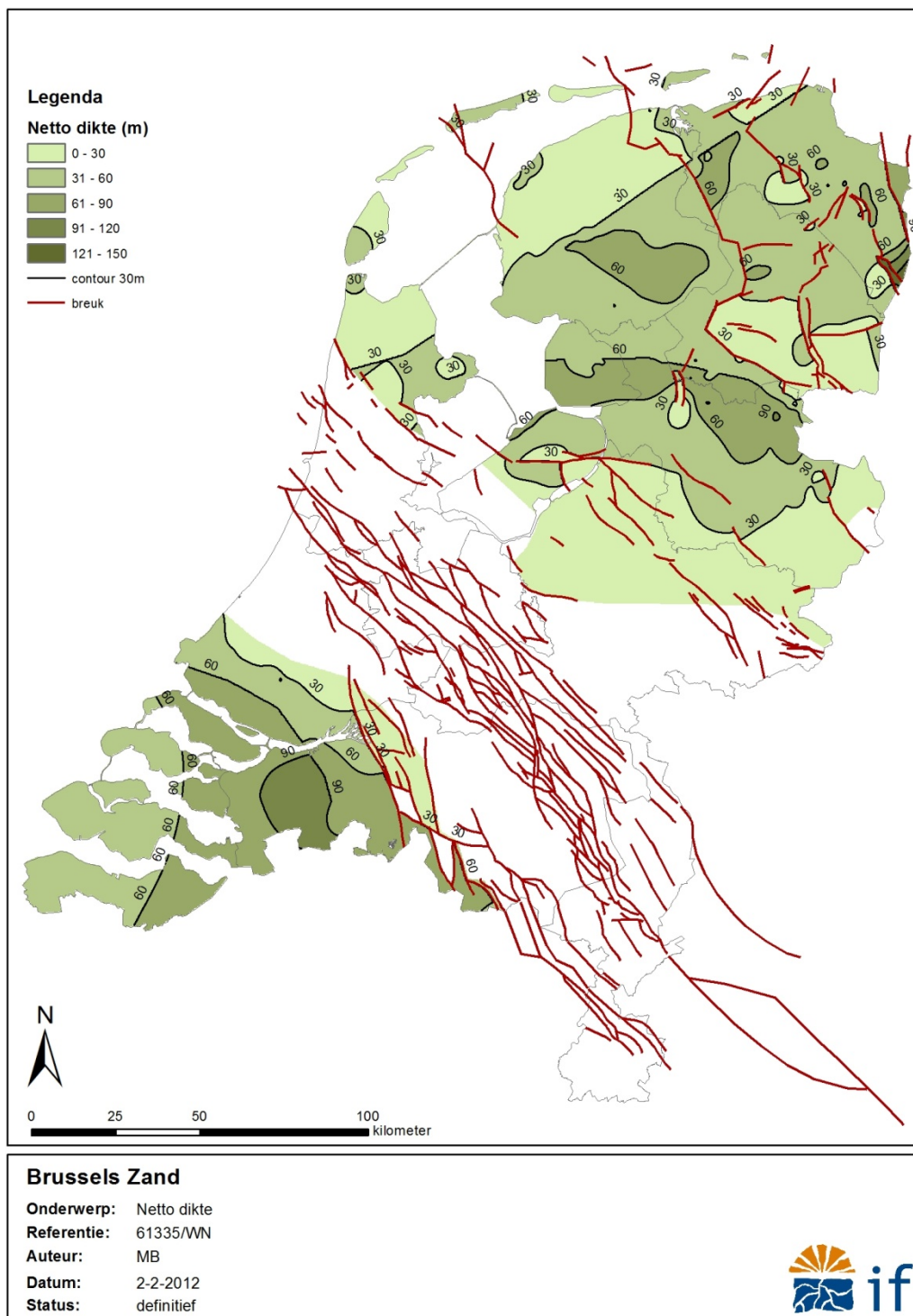


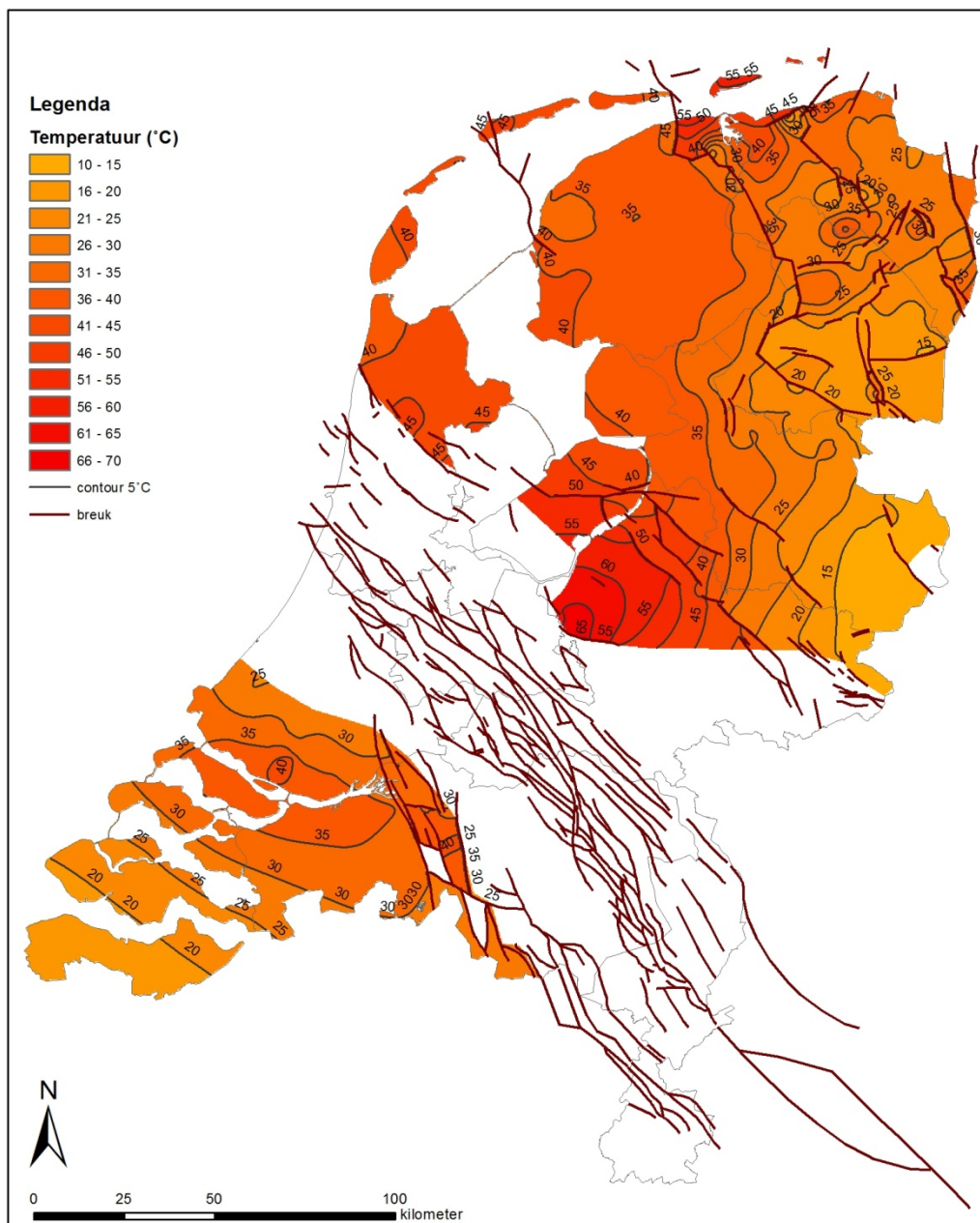
Potentietabel per glastuinbouwgebied

Bijlage I: Formatie van Brussels zand



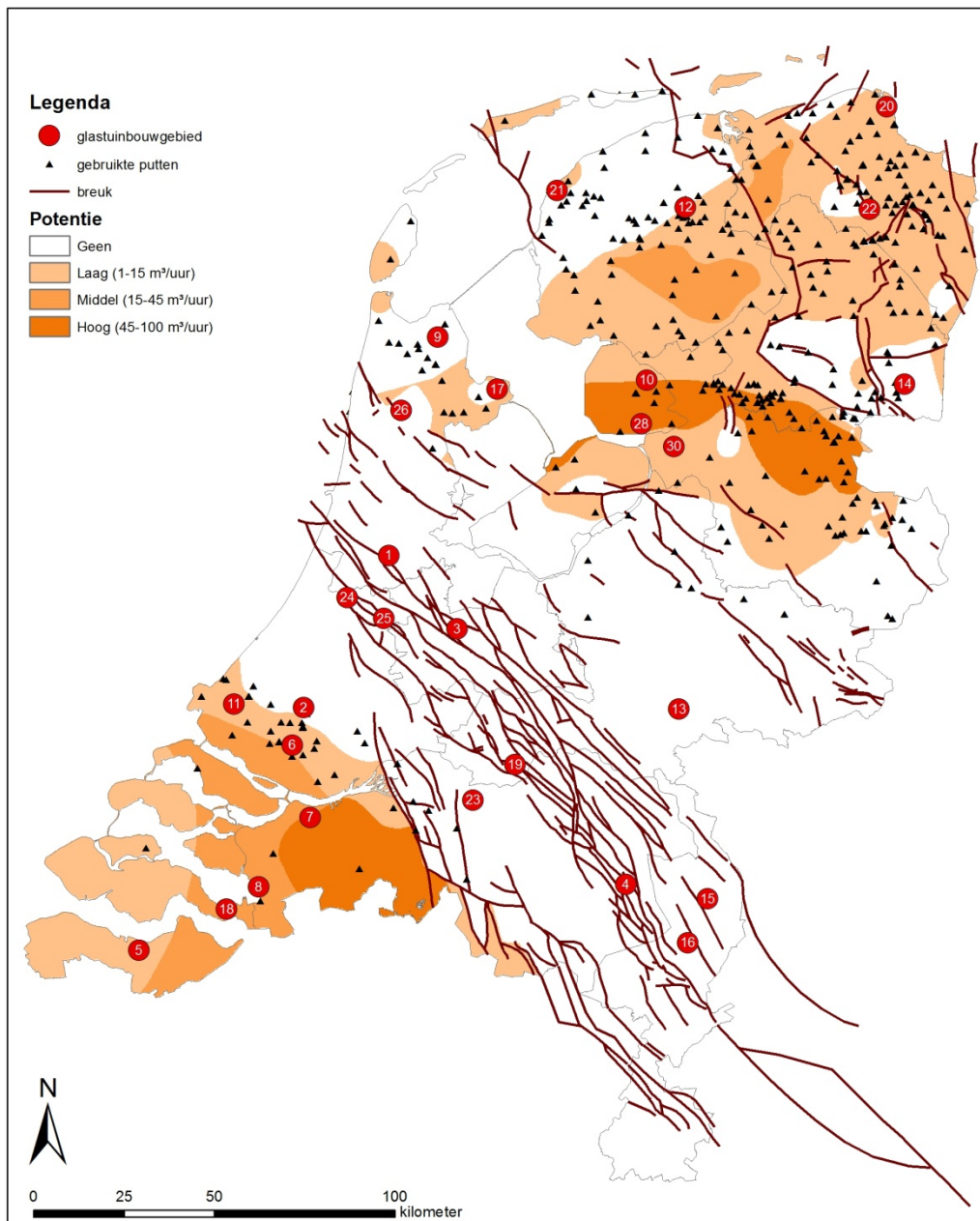






Brussels Zand

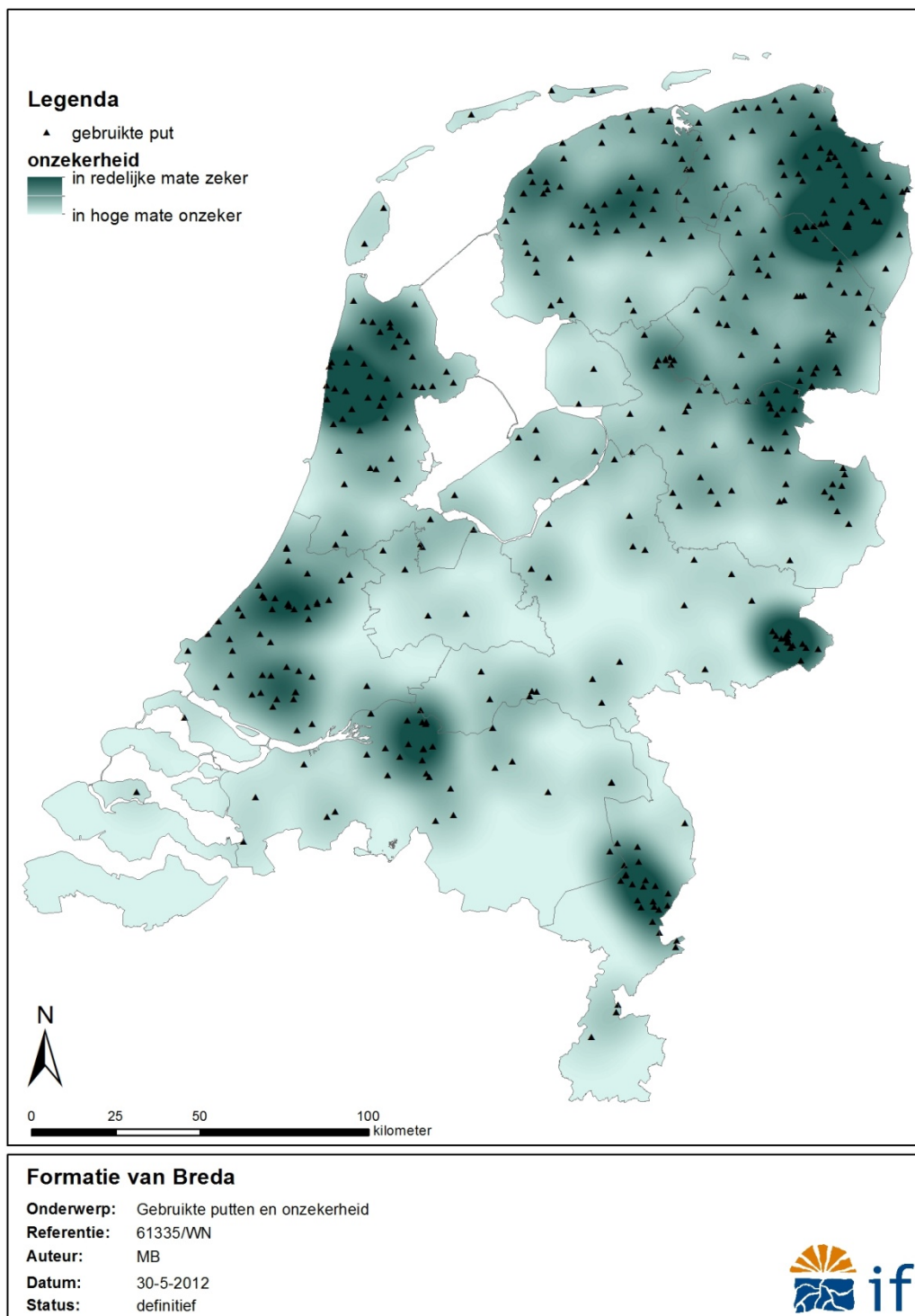
Onderwerp: Temperatuur
Referentie: 61335/WN
Auteur: MB
Datum: 2-2-2012
Status: definitief

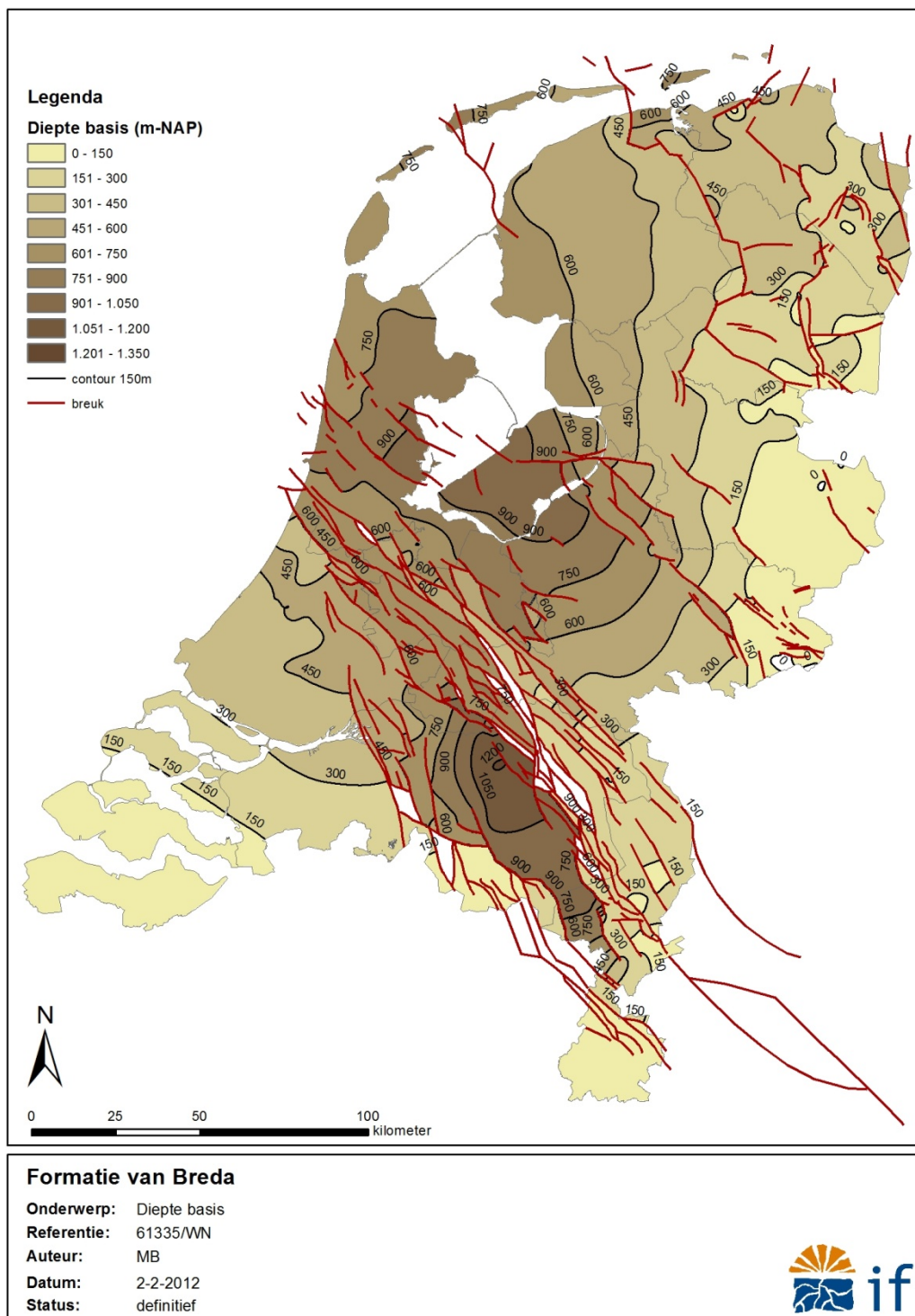


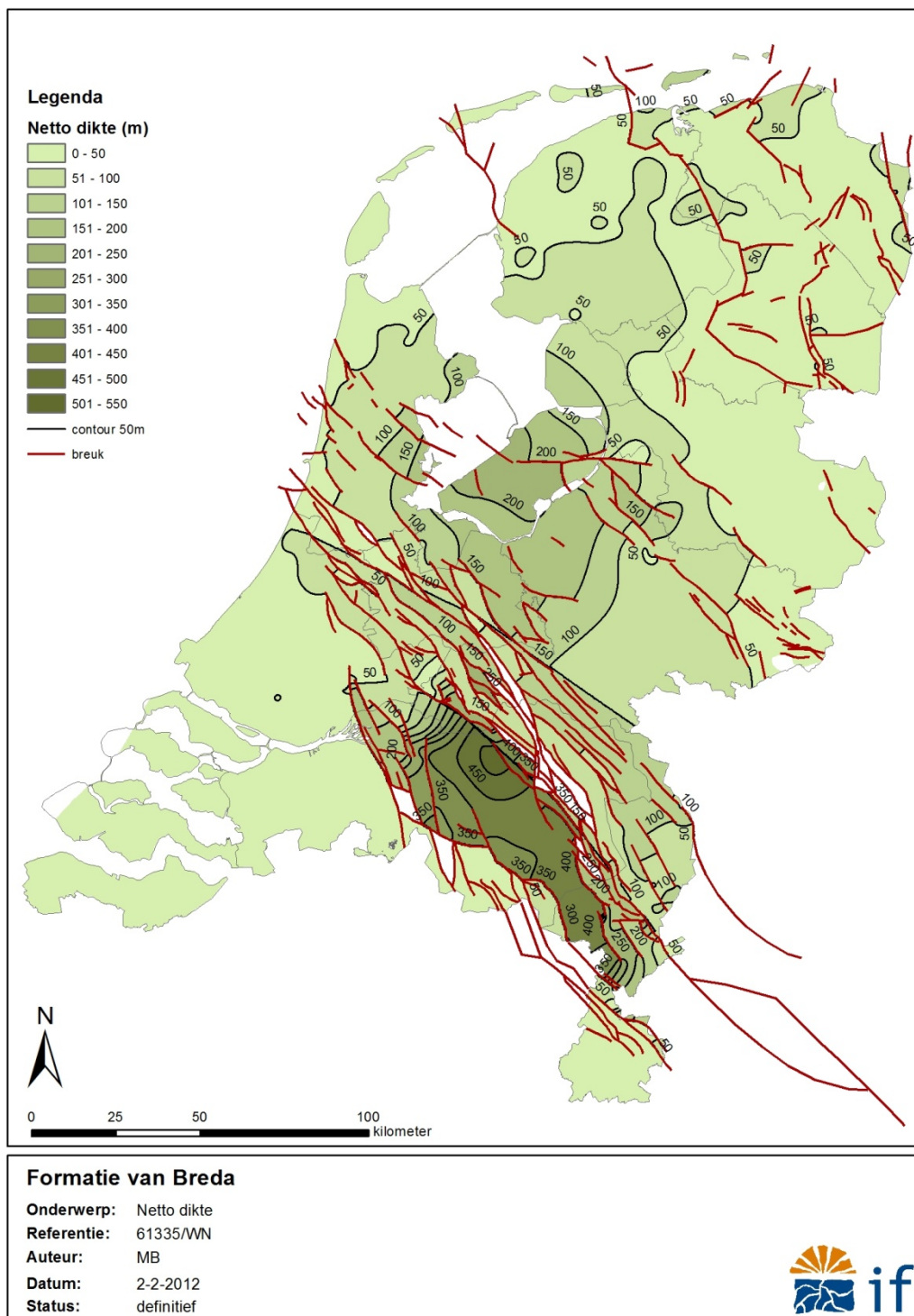
Brussels Zand

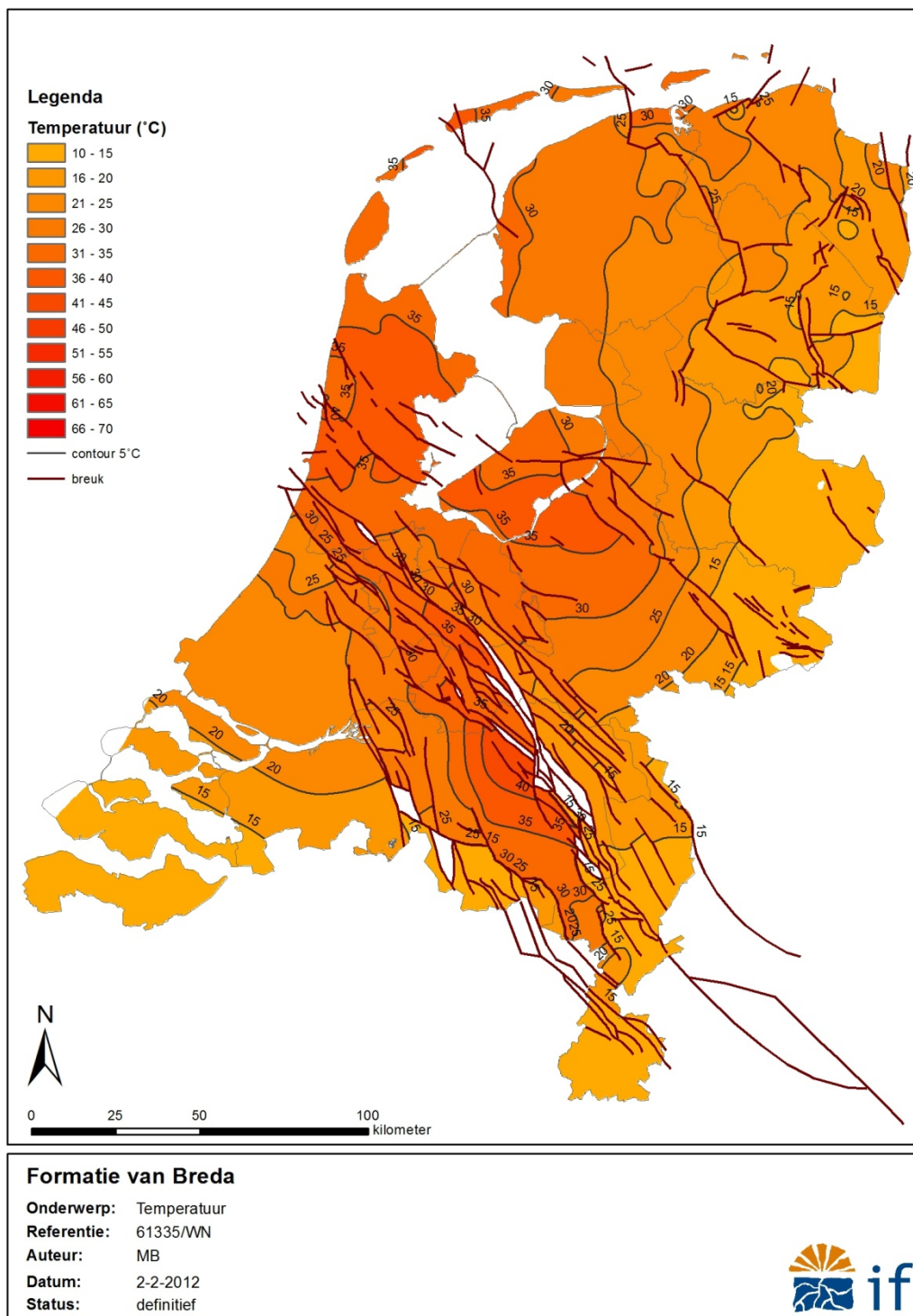
Onderwerp: Potentie voor ondiepe geothermie
Referentie: 61335/WN
Auteur: MB
Datum: 9-3-2012
Status: definitief

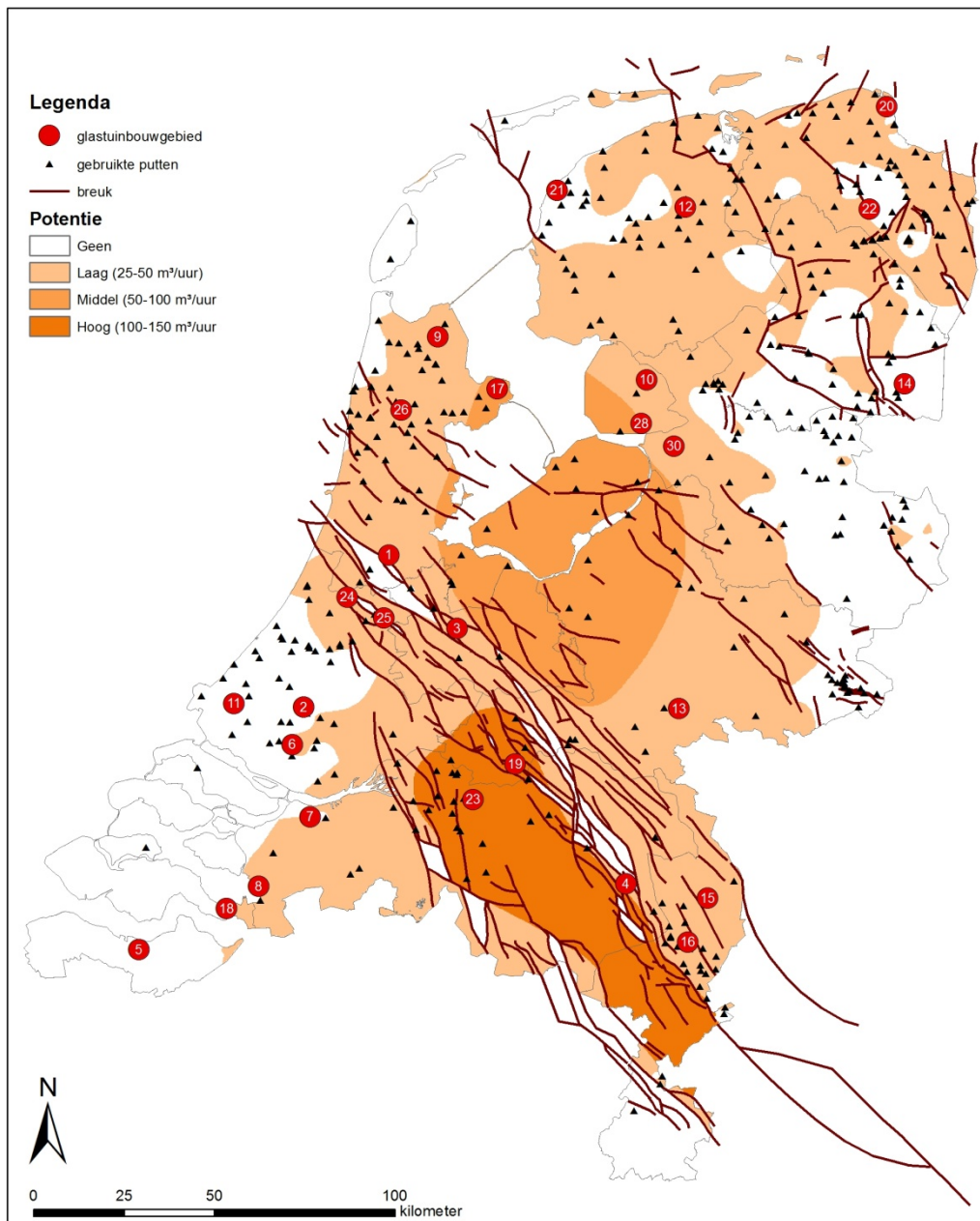
Bijlage II: Formatie van Breda







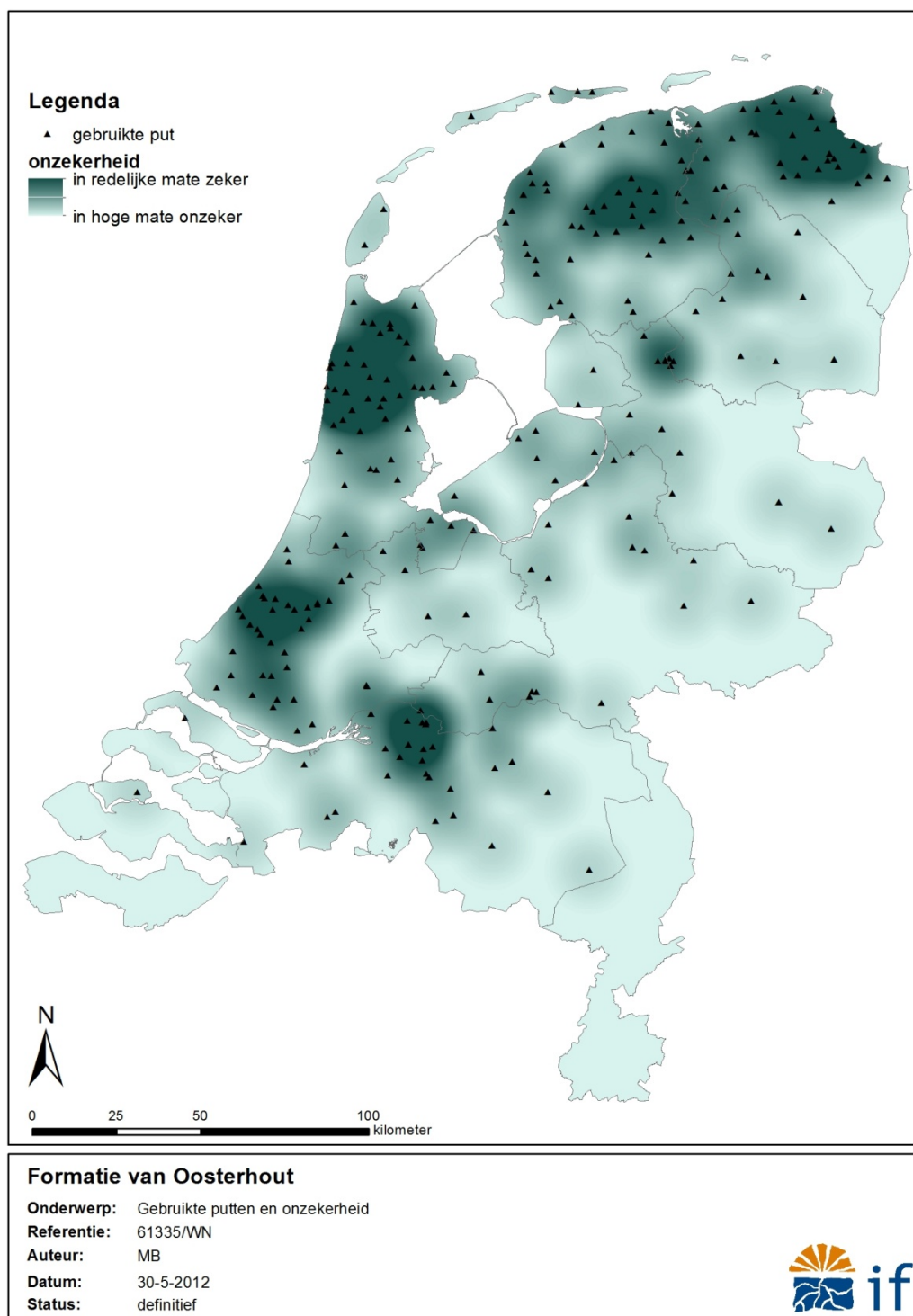


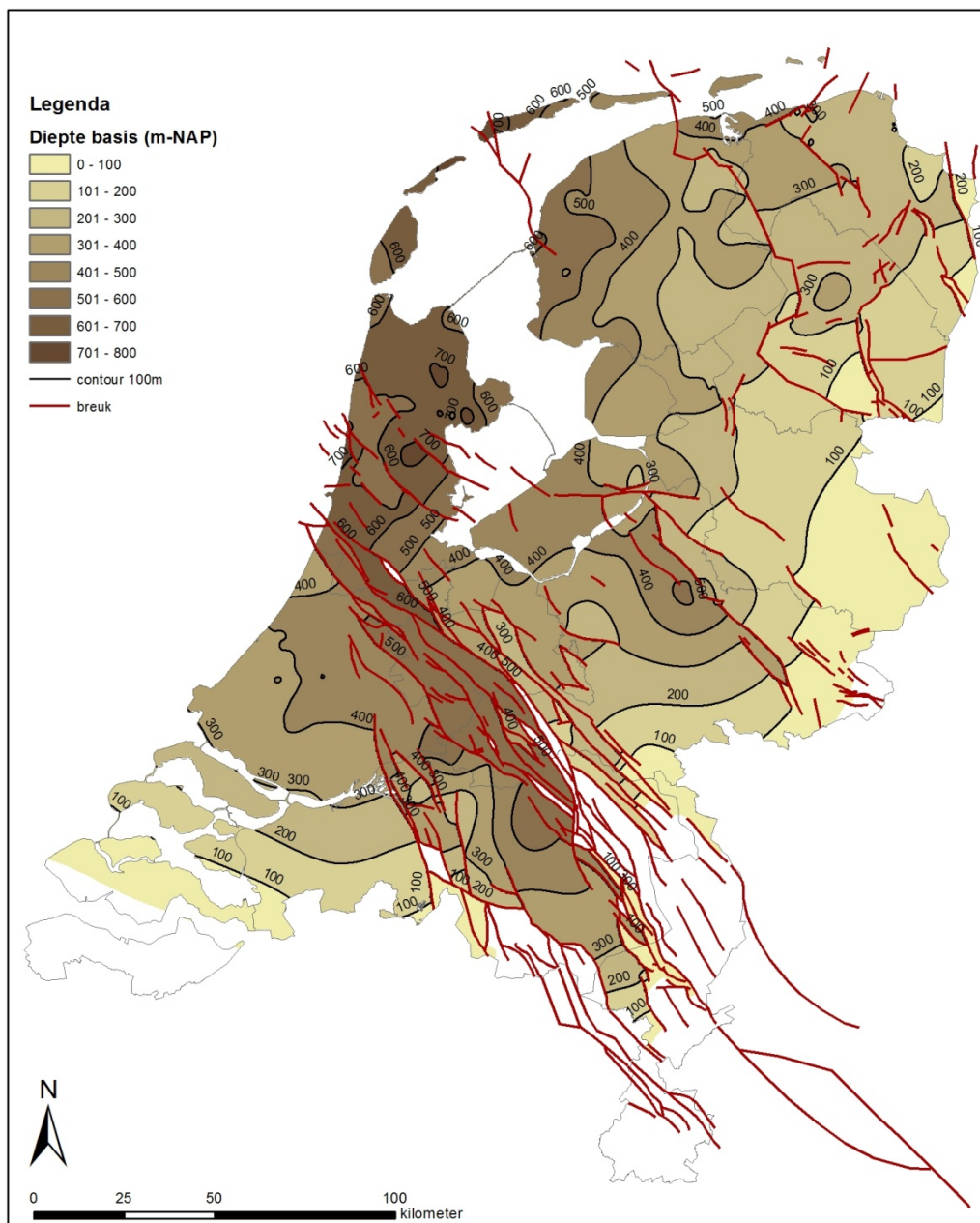


Formatie van Breda

Onderwerp: Potentie voor ondiepe geothermie
Referentie: 61335/WN
Auteur: MB
Datum: 9-3-2012
Status: definitief

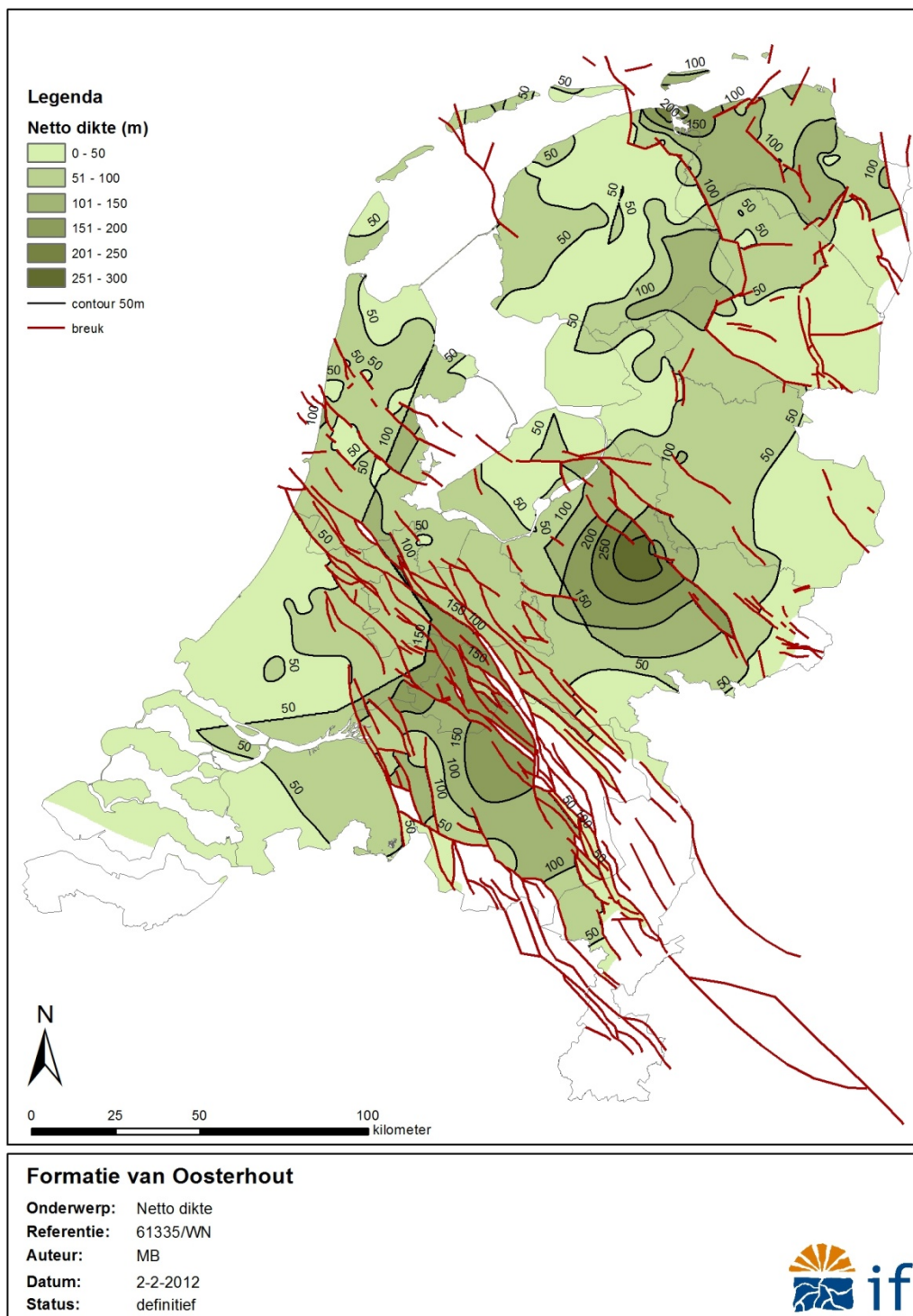
Bijlage III: Formatie van Oosterhout

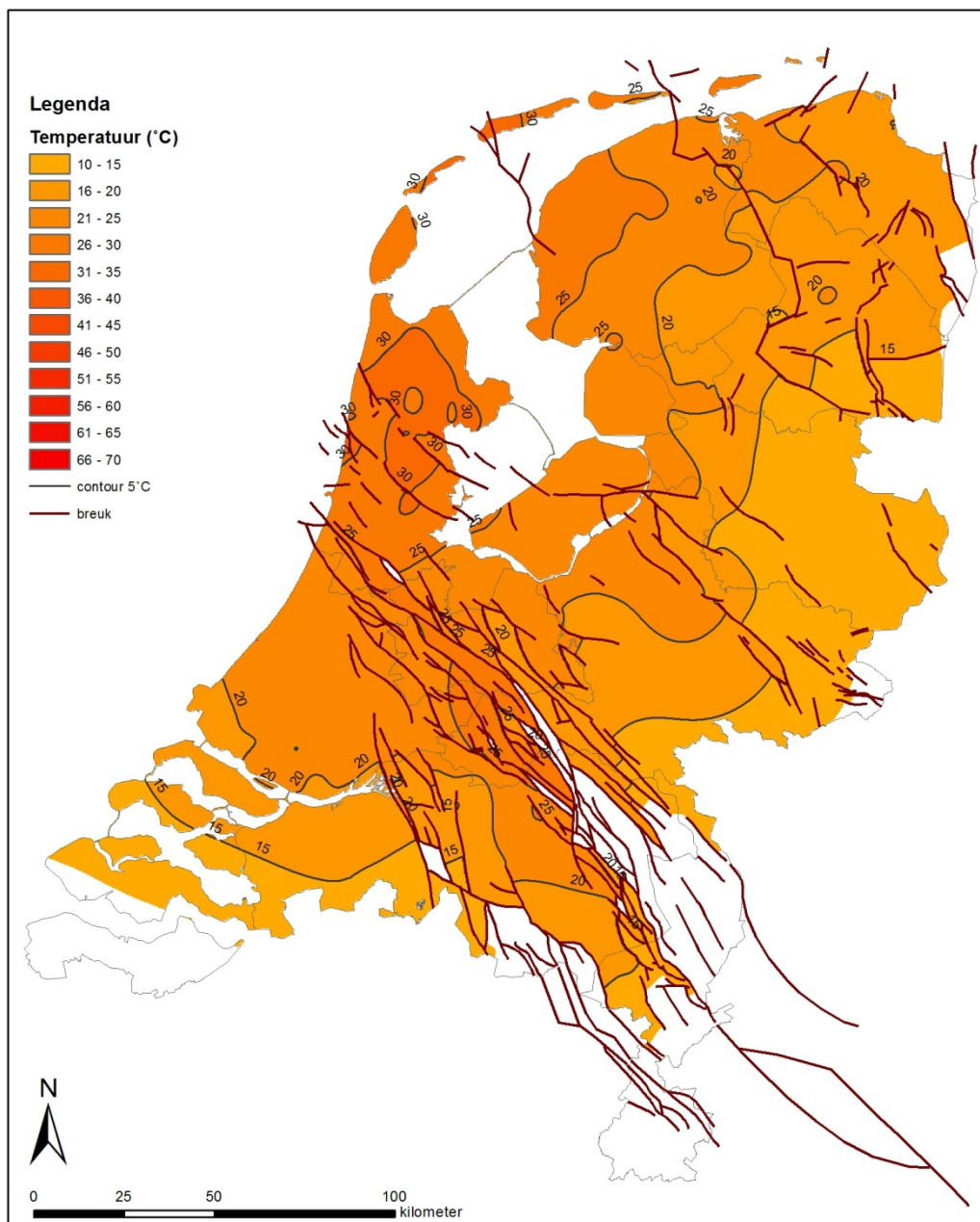




Formatie van Oosterhout

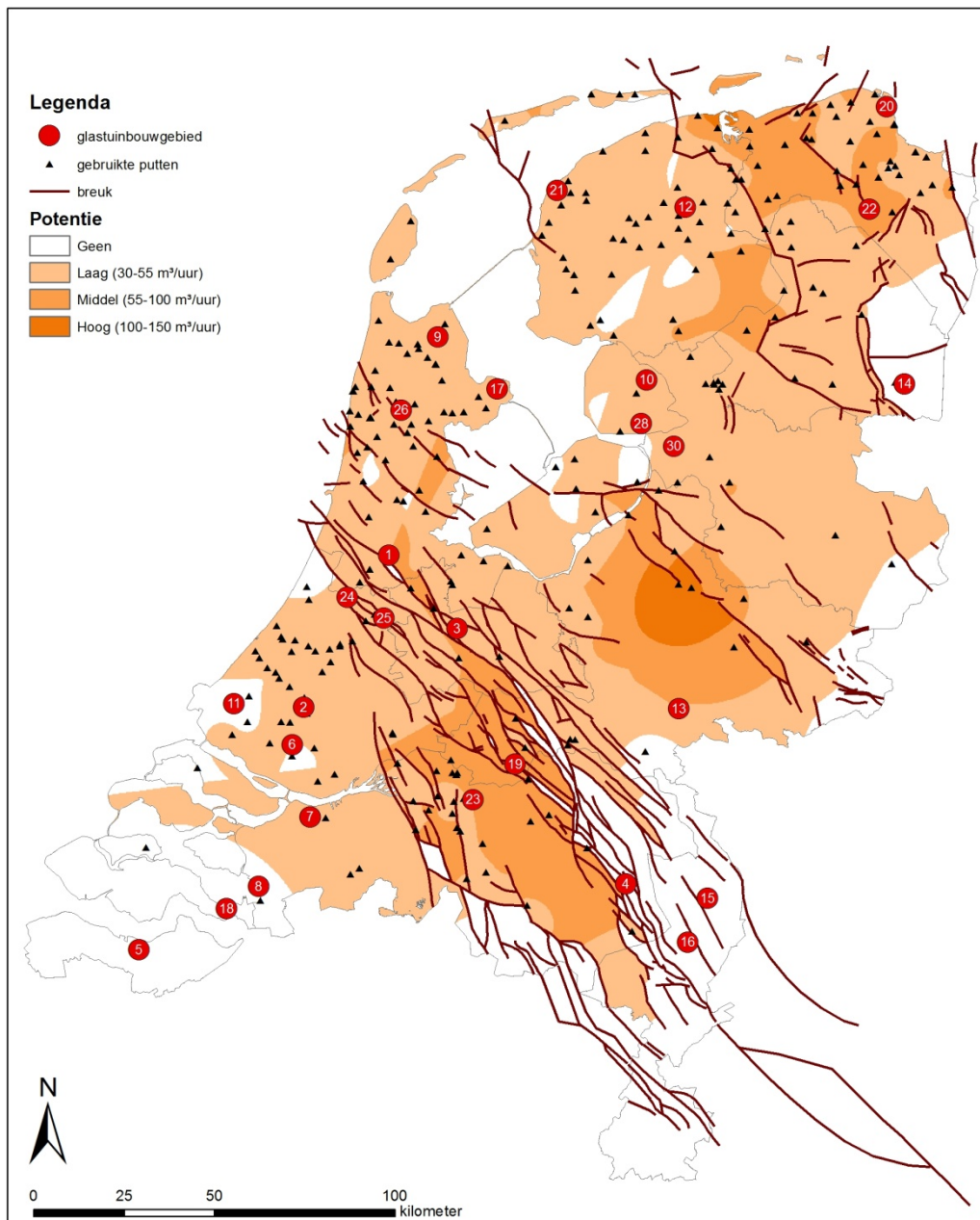
Onderwerp: Diepte basis
Referentie: 61335/WN
Auteur: MB
Datum: 2-2-2012
Status: definitief





Formatie van Oosterhout

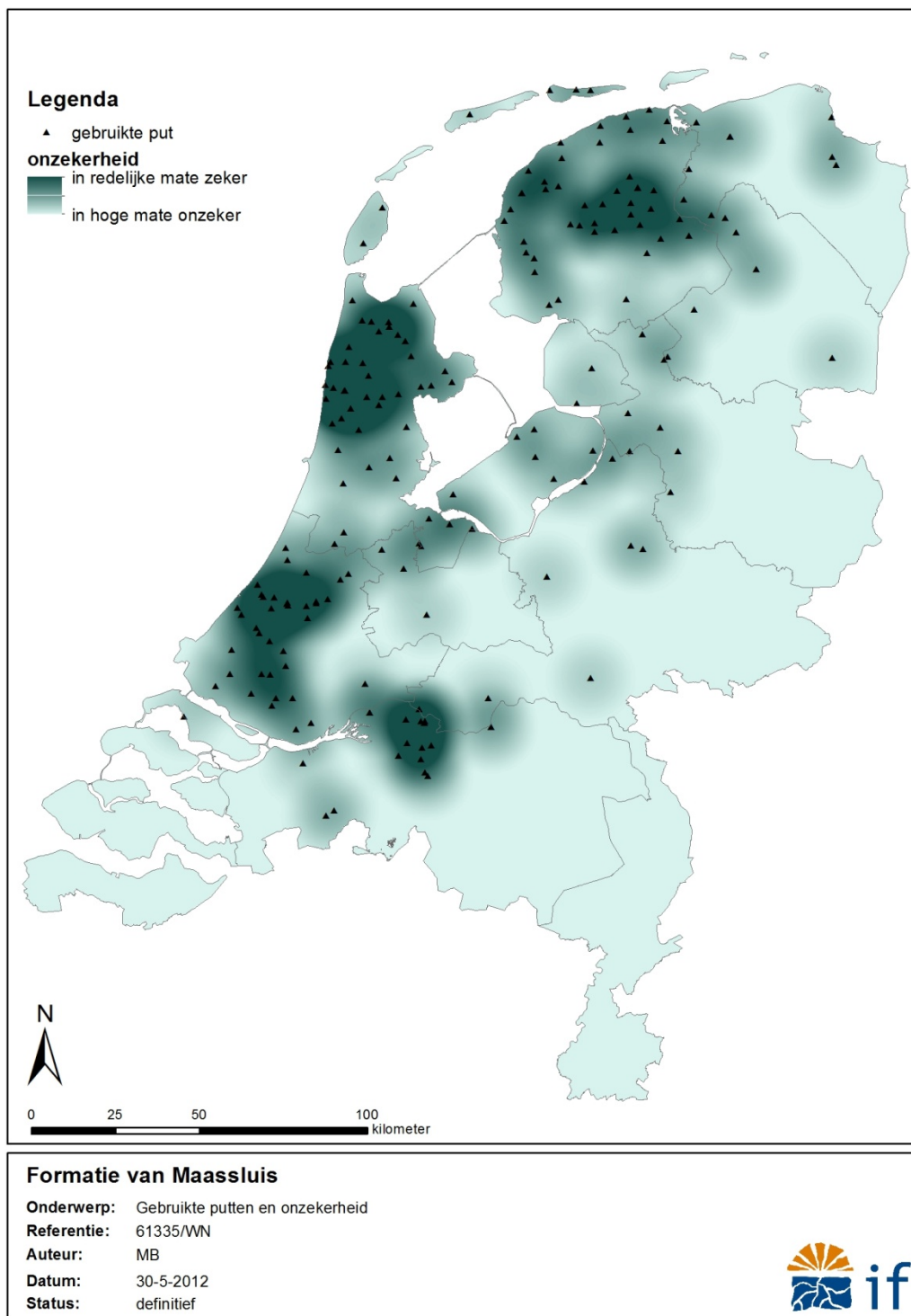
Onderwerp: Temperatuur
Referentie: 61335/WN
Auteur: MB
Datum: 2-2-2012
Status: definitief

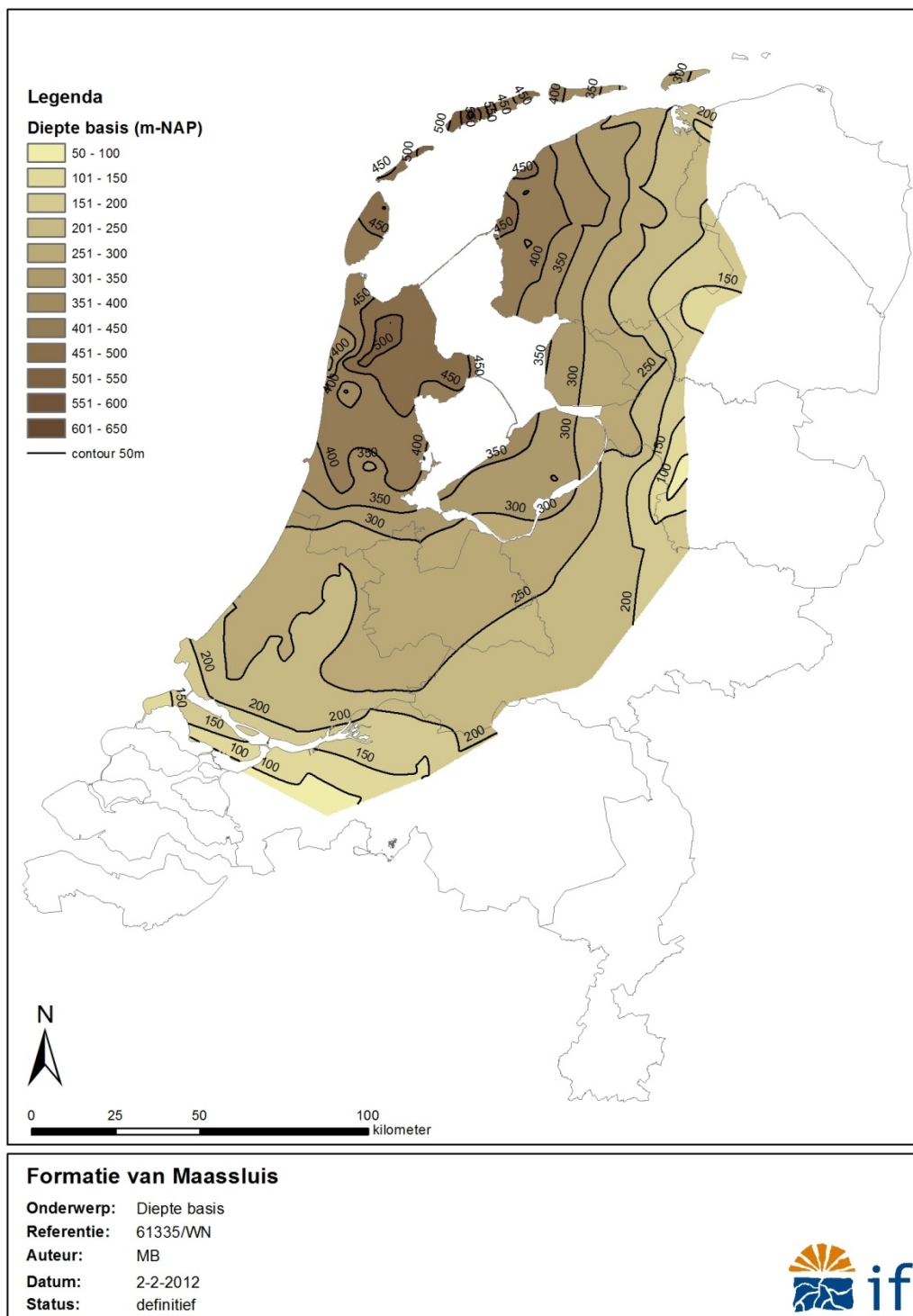


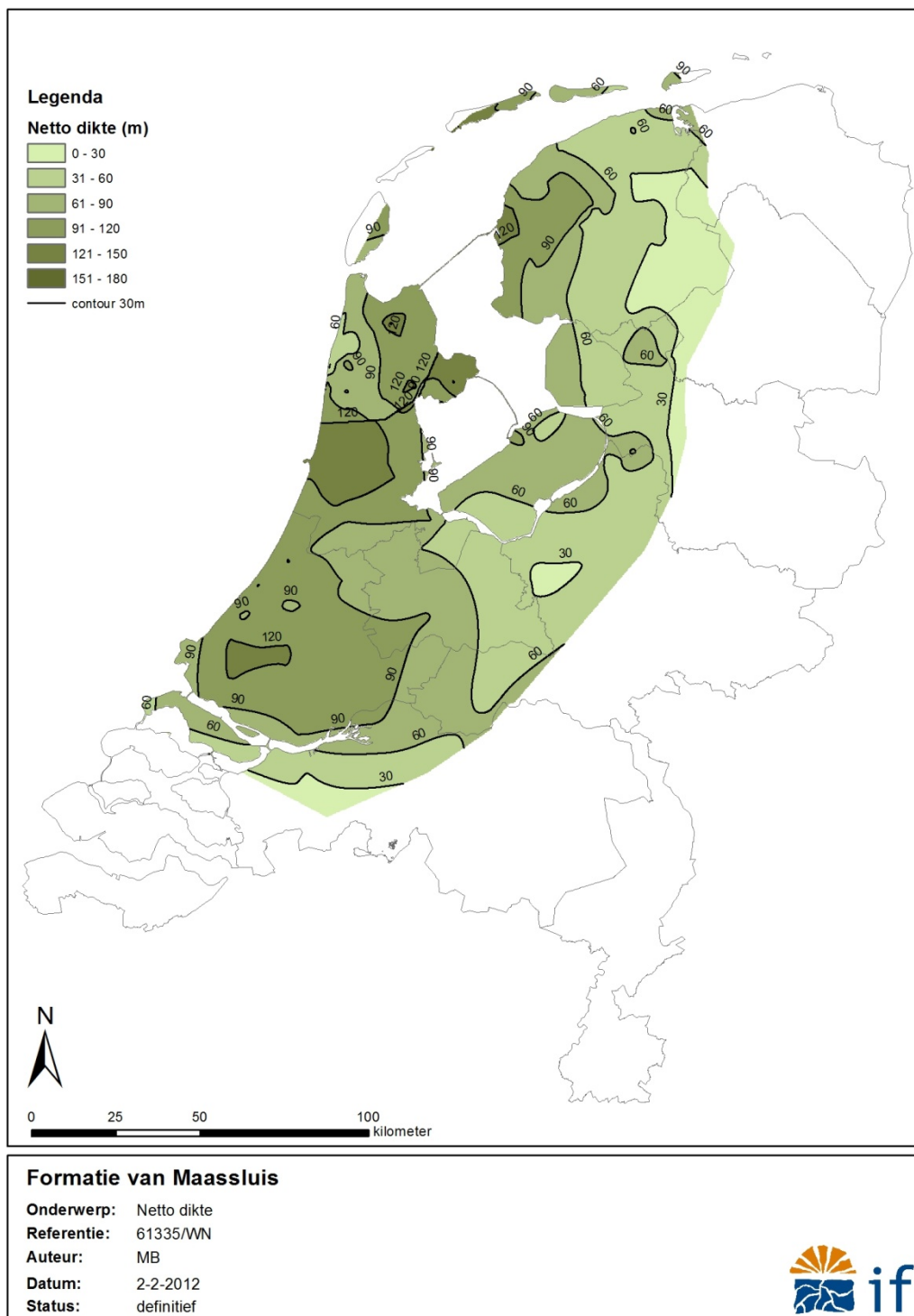
Formatie van Oosterhout

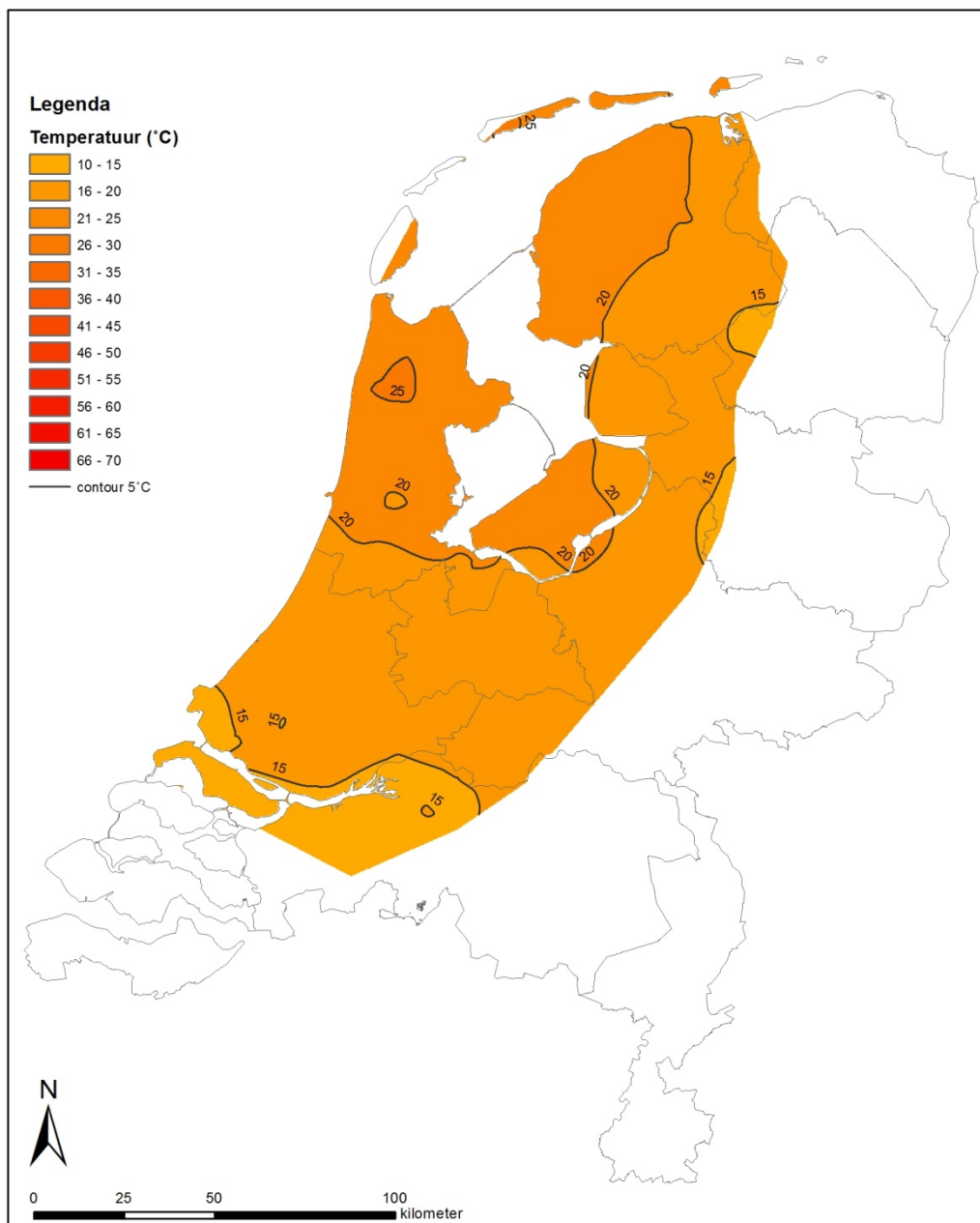
Onderwerp: Potentie voor ondiepe geothermie
Referentie: 61335/WN
Auteur: MB
Datum: 9-3-2012
Status: definitief

Bijlage IV: Formatie van Maassluis



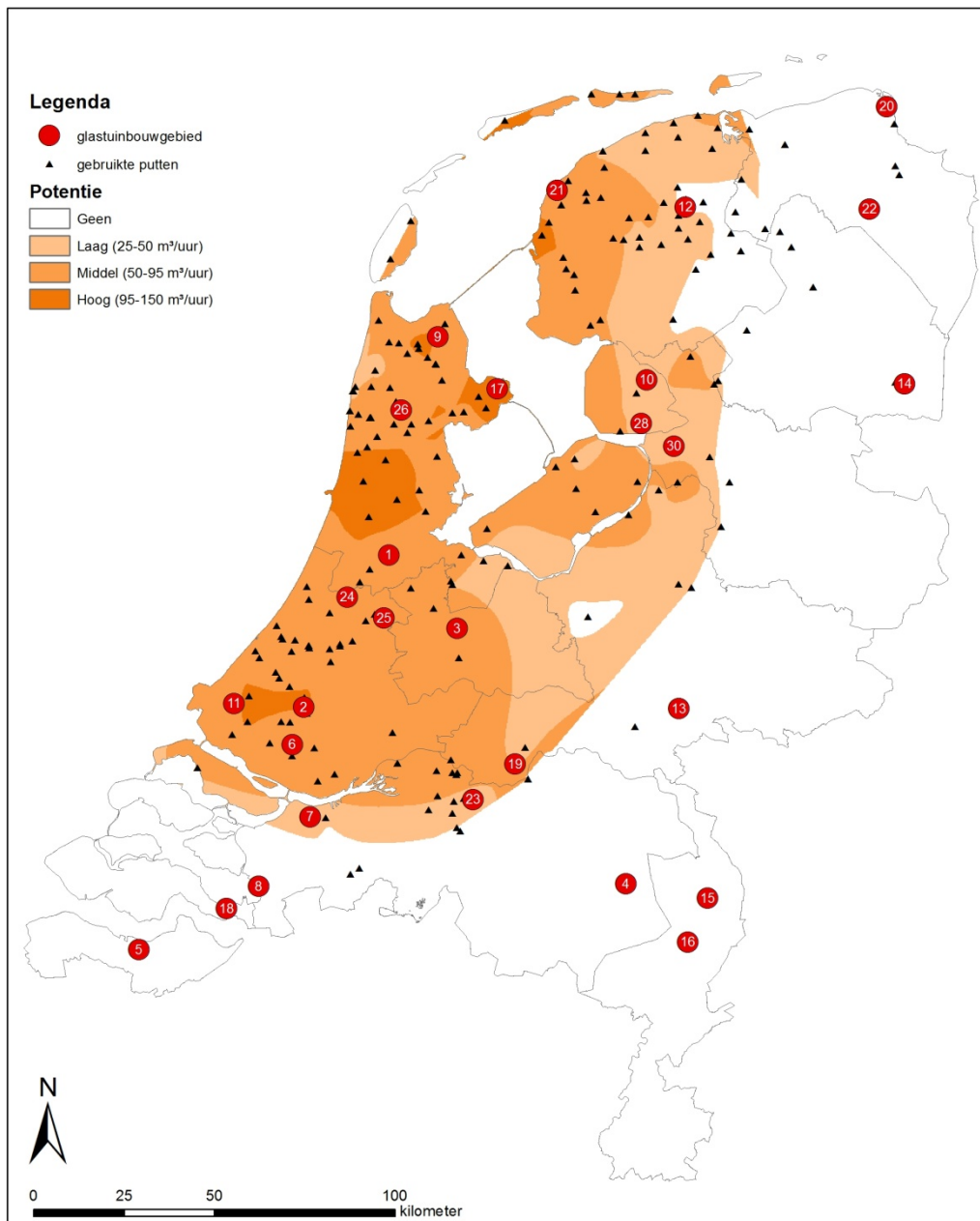






Formatie van Maassluis

Onderwerp: Temperatuur
Referentie: 61335/WN
Auteur: MB
Datum: 2-2-2012
Status: definitief



Formatie van Maassluis

Onderwerp: Potentie voor ondiepe geothermie
Referentie: 61335/WN
Auteur: MB
Datum: 9-3-2012
Status: definitief

Locatie	Nr	formatie van Maasvluis				formatie van Oosterschelde				Brussel Zand				formatie van Breda			
		potentieel	diepte	netto dikte	debiet	potentieel	diepte	netto dikte	debiet	potentieel	diepte	netto dikte	debiet	potentieel	diepte	netto dikte	debiet
Aalsmeer e.o.	1	middel	19,2	319	50-95	laag	26,3	548	61	geen	0,0	0	0	laag	25-50	31,8	681
Bleiswijk e.o.	2	hoog	15,5	250	95-150	laag	30-55	416	50	geen	0	25,8	491	geen	0	24,3	444
Vleuten/Hermelen	3	middel	18,5	277	50-95	laag	30-55	370	51	geen	0	0,0	0	laag	25-50	28,0	582
Deurne	4	geen	0,0	0	0	geen	0	6	3	geen	0	0,0	0	laag	25-50	14,5	149
Terneuzen	5	geen	0,0	0	0	geen	0	10,1	3	geen	0	0,0	0	geen	0	10,2	15
Zierikzee	6	middel	15,5	224	50-95	laag	30-55	327	31	laag	0	18,6	321	geen	0	21,8	426
Knipdrechtse eilanden	7	middel	13,7	120	25-50	laag	30-55	272	27	laag	45-100	38,8	721	laag	25-50	21,8	307
Knipdrechtse eilanden	8	geen	0,0	0	0	geen	0	86	19	middel	15-45	27,7	485	laag	25-50	14,7	140
Bergen op Zoom	9	middel	22,4	476	50-95	laag	30-55	647	48	geen	0	41,9	982	laag	25-50	33,9	758
Wieringermeer	10	laag	25-50	277	56	laag	30-55	336	49	laag	1-15	37,7	841	laag	25-50	24,9	513
Lutje Geest	11	middel	15,2	235	110	geen	0	20,1	24	laag	1-15	29,0	622	geen	0	22,1	376
Westland	12	geen	0	265	21	laag	30-55	299	35	geen	0	37,2	721	laag	25-50	25,1	448
Berlikum	13	geen	0,0	0	0	laag	30-55	186	92	geen	0	0,0	0	laag	25-50	25,2	482
Klazeneveen	14	geen	0,0	0	0	laag	30-55	144	21	geen	0	18,2	229	geen	0	15,2	163
Hontsdijk Maas	15	geen	0,0	0	0	geen	0	0,0	0	geen	0	0,0	0	laag	25-50	15,0	232
Maastree	16	geen	0,0	0	0	geen	0	0,0	0	geen	0	0,0	0	laag	25-50	13,4	385
Ongewijde Eilanden/Aldijk	17	hoog	22,3	458	150	laag	30-55	26,4	25	middel	15-45	24,9	489	middel	100-150	32,6	613
Ongewijde Eilanden	18	geen	0,0	0	0	geen	0	11,4	7	geen	0	24,8	467	geen	0	33,4	86
Zalommel e.o.	19	middel	17,3	223	61	middel	55-100	530	168	geen	0	0,0	0	laag	100-150	33,3	615
Omgiving Emmahaven	20	geen	0,0	0	0	laag	30-55	242	71	geen	1-15	31,1	572	laag	25-50	21,7	343
Sedierum	21	middel	23,6	449	81	laag	30-55	544	61	laag	1-15	35,7	789	geen	0	29,7	596
Hoogezand-Sappemeer	22	geen	0,0	0	0	middel	55-100	248	124	laag	1-15	28,5	500	geen	0	18,8	249
Ekshout	23	laag	14,7	174	55	middel	55-100	284	108	geen	0	0,0	0	hoog	100-150	28,0	765
Roelofarendsveen	24	middel	16,6	252	90	laag	30-55	450	42	geen	0	0,0	0	laag	25-50	22,5	415
Nieuwkoop	25	middel	16,9	253	78	laag	30-55	530	84	geen	0	0,0	0	laag	25-50	27,4	615
Heerhugowaard	26	middel	24,2	441	86	laag	30-55	602	56	geen	0	45,6	914	laag	25-50	38,0	794
Enns	28	laag	18,7	281	53	laag	30-55	312	33	middel	45-100	38,9	852	laag	25-50	26,0	572
Geboekspolder	30	laag	18,4	253	41	laag	30-55	298	41	laag	1-15	38,1	786	laag	25-50	24,4	476

Bijlage VI: Verklarende woordenlijst

Formatie	Een geologische formatie is een laag van gesteenten die een bepaalde eigenschap (meestal de lithologie) gemeen hebben en daarom als één geheel worden gezien.
Permeabiliteit	De permeabiliteit is de eigenschap van het gesteente die beschrijft hoe makkelijk een vloeistof door het gesteente stroomt. Ook wel doorlatendheid genoemd. De eenheid van permeabiliteit is milliDarcy [mD].
Porositeit	De porositeit is het volumeaandeel van een gesteente dat wordt opgenomen door gesteente is. De porositeit <i>kan</i> een maat zijn voor de hoeveelheid water die in een gesteente aanwezig is. De porositeit wordt uitgedrukt in percentages [%].
Seismiek	Seismiek is een methode om met behulp van trillingen een beeld te krijgen van de structuur van de ondergrond. Lagen in de ondergrond fungeren hierbij als reflector. Door het meten van de tijd tussen trilling en reflectie kan de ondergrond in kaart worden gebracht. De trillingen bij seismiek worden opgewekt door het tot ontploffing brengen van dynamiet of met behulp van grote trilplaten.
Slenk	Een geologische slenk (of graben) is een tektonische vallei die is ontstaan tussen twee evenwijdige afschuivingsbreuken met een tegenovergestelde hellingsrichting. Als er omgekeerd tussen twee tegenoverliggende afschuivingen een 'hoog' ontstaat, spreekt men van een horst.

BIJLAGE C BOORTECHNIEK

1 INLEIDING

Deze bijlage vormt een onderdeel van het SKB onderzoek “Kansen voor OGT in de glastuinbouw”. Dit rapport is specifiek gericht op de boortechnieken die gebruikt kunnen worden voor het boren van putten voor OGT (OGT). Het rapport gaat in op de technische mogelijkheden en beperkingen van de boortechnieken en welke kosten en benodigde veiligheidsvoorzieningen hiermee gepaard gaan. Deze informatie is benodigd voor deelrapport waarin de potentie van OGT bepaald wordt.

Bij OGT wordt aardwarmte onttrokken aan de bodem uit ondiepe lagen tussen de ca. 500 tot 1.000 m-mv. De bronnen van de OGT kunnen worden geboord met de zogenaamde waterboortechnieken of diepboortechnieken uit de olie- en gasindustrie en de reguliere geothermie (>1.000m).

Voor OGT zullen de kosten voor diepboringen, zoals uit de olie/ en gasindustrie en reguliere geothermie, vaak te hoog zijn om een goede business case te realiseren. Er zijn mogelijkheden om deze diepboortechnieken te ‘downgraden’ om kosten te besparen. Een meer kostenbesparende optie zou kunnen zijn om de goedkopere waterboortechnieken te ‘upgraden’. Naast het feit dat beide technisch mogelijk zijn, dient als voorwaarde gesteld te worden dat het aan de wettelijke eisen voldoet en dat het uiteraard veilig is.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is de wet en regelgeving voor OGT beschreven. Daarbij wordt in gegaan op het huidige beleid en mogelijke wijzigingen hiervan. In hoofdstuk 3 wordt een toelichting gegeven op de boortechnieken die toegepast kunnen worden voor bronnen tot 1.000 meter. Hiermee worden de verschillen tussen de technieken verduidelijkt. In hoofdstuk 4 is een kostenevaluatie opgenomen. In hoofdstuk 5 is de conclusie verwoord.

2 WET EN REGELGEVING

2.1 DE MIJNBOUWWET

Voor het winnen van aardwarmte op een diepte van meer dan 500 meter is de Mijnbouwwet van toepassing. Het opsporen en winnen van aardwarmte heeft een vergunning van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I). SodM (Staatstoezicht op de Mijnen) is de hiervoor speciaal ingerichte uitvoerende instantie van EL&I die de naleving van de mijnbouwregels controleert en EL&I adviseert. Ten aanzien van de benodigde vergunningen kan een duidelijke scheiding gemaakt worden tussen het realiseren van de putten en het winnen van de aardwarmte.

Voor het verkrijgen van de benodigde vergunningen wordt doorgaands een traject gevolgd waarbij eerst een opsporingsvergunning wordt aangevraagd. Na het verkrijgen van de opsporingsvergunning en het nader onderzoeken en/of aantonen van de daadwerkelijke aanwezigheid van aardwarmte wordt een (winnings)vergunning aangevraagd.

Opgemerkt dient te worden dat de insteek van het onderzoek in deze rapportage met name gericht is op de realisatie ofwel het boren van de putten. In de beschreven wet en regelgeving in de onderstaande paragrafen wordt echter ook deels ingegaan op het traject na de realisatie, nl. de winning, teneinde een volledig beeld te geven.

2.2 VERGUNNINGEN EN EISEN VOOR HET REALISEREN PUTTEN >500M

Opsporingsvergunning

Voor de realisatie van de putten dient een opsporingsvergunning te worden aangevraagd. Voor de aanvraag van deze vergunning dient de toekomstige vergunninghouder (ook operator genoemd) diverse informatie te kunnen overleggen als het opsporingsgebied, het programma, een uitgebreid geologisch rapport, een overzicht van de financiële draagkracht van de aanvrager en een organogram met betrekking tot de booractiviteiten.

De aanvraag voor een opsporingsvergunning wordt gepubliceerd in de Staatscourant. Andere partijen kunnen een concurrerende aanvraag indienen. Een vergunning kan worden geweigerd wegens technische en financiële mogelijkheden van de aanvrager, de

voorgestelde werkwijze, en de wijze waarop de aanvrager in het verleden met vergelijkbare vergunningen is omgegaan.

BARMM (besluit algemene regels milieu mijnbouw)

Dit is geen vergunning maar een algemene maatregel van bestuur. In deze maatregel zijn eisen gesteld m.b.t. veiligheid, gezondheid en milieu in het specifiek. Voorafgaand aan de boring dient aangetoond te worden dat aan deze eisen wordt voldaan. Dit kan middels een melding. In deze melding dienen o.a. opgenomen te zijn:

- Plan van aanpak van de boring
- Geluidprognose dat voldaan wordt aan de eisen in de BARMM
- Beheersmaatregelen m.b.t. tot geluid, bodem- en luchtverontreinigingen
- Een zogenaamde 10-6 veiligheidscontour volgens de Quantitive Risk Analysis (QRA).
- Transportbewegingen

De melding wordt beoordeeld door SodM.

MER-beoordeling realisatie putten

Op basis van het besluit van 21 februari 2011 tot wijziging van het Besluit milieueffectrapportage en het Besluit omgevingsrecht, Onderdeel D; 17.2, geldt dat diepboringen mer-beoordelingsplichtig zijn. Het besluit is per 1 april 2011 in werking getreden.

Middels een aanmeldnotitie voor de MER-beoordeling dient invloed, die het boorproces op de directe omgeving heeft, te worden uiteengezet. Denk hierbij aan potentiële milieueffecten als de invloed op de omgeving, externe veiligheid, geluid, lucht-/bodem-/waterverontreinigingen, flora en fauna, etc. Veel van deze aspecten worden al gekwantificeerd en gereguleerd via de BARMM.

2.3 VERGUNNINGEN EN EISEN VOOR HET WINNEN VAN AARDWARMTE >500M

Winningvergunning en winningsplan

In de winningvergunning wordt kort ingegaan op de grootte van het winningsgebied en de hoeveelheid te winnen delfstof (aardwarmte in dit geval). Een winningvergunning kan alleen door de houder van de opsporingsvergunning worden opgevraagd. De vergunninghouder dient voor het verkrijgen van de vergunning aan te tonen dat hij zowel

technisch als financieel in staat is de winning doelmatig en veilig te laten verlopen. Het winningsplan geeft veel specifiekere weer hoe de winning vorm gaat krijgen.

Wabo (omgevingsvergunning)

Voor het oprichten en in werking hebben van een mijnbouwinstallatie (putten, technische centrale waar de warmteoverdracht plaatsvindt) dient een omgevingsvergunning te worden aangevraagd.

2.4 ONTWIKKELINGEN IN HET BELEID

EL&I en SodM zijn naar aanleiding van de constatering die zijn gemaakt bij enkele geothermieboringen strikter geworden in hun eisen m.b.t. tot het boren naar en winnen van aardwarmte. Een belangrijke reden is dat in veel putten opgelost gas en olie is aangetroffen. Dit werd in een veronderstelde “waterput” niet als zodanig verwacht. In principe wordt nu door SodM elke diepere put gezien als zijnde een put waaruit ook gas- of olie geproduceerd kan worden. Dit betekent dat tijdens het boren en tijdens het winnen hiermee rekening gehouden moet worden. Enkele specifieke maatregelen en eisen die EL&I/SodM gesteld hebben of strikter op toezien, zijn hieronder opgenomen.

Veiligheid & gezondheidszorgsysteem

Er wordt geëist dat de operator/vergunninghouder een uitgebreid V&G zorgsysteem heeft. Dit moet ook toegespitst zijn op de regels die speciaal gelden voor de olie- en gasindustrie. Verder dienen de V&G aspecten van voorontwerp tot aan realisatie en winning aantoonbaar en inzichtelijk te zijn, evenals de wijzigingen tijdens de projectdoorloop.

Ervaren operator

De vergunninghouder (operator) is altijd primair verantwoordelijk voor de boring of winning. Hij kan deze verantwoordelijkheid niet neerleggen bij bijvoorbeeld de boorfirma. Dit betekent dan ook dat de vergunninghouder een ervaren en door SodM goedgekeurde operator (persoon bij naam) in dienst moet hebben, welke verantwoordelijk is voor het begeleiden van de boring.

Self assesment operator

Door SodM wordt getoetst of de uitvoerder van de werkzaamheden (de operator voor zowel boren putten als voor de winning) voldoende is toegerust om de werkzaamheden

op een verantwoorde wijze uit te voeren. Dit zal zij doen aan de hand van een “self assesment” volgens een uitgebreide lijst welke ingaat op het boorontwerp, de aanleg, beveiliging bij de aanleg, noodsituaties & noodplannen bij calamiteiten, competenties van ontwerp- en operationele staf, V&G zorgsystemen (volgens de arbeidsomstandighedenwet en specifiek voor mijnbouw werkzaamheden), technische afwegingen, veiligheidsstudies, en organisatie.

Verificatie van het boorwerkprogramma

Het ingediende werkprogramma om de put te boren dient te worden getoetst door een zogenaamde well-examiner. Dit is een onafhankelijk specialist die het programma toetst op o.a. competentie van het stafpersoneel, calamiteitenbeheersing etc.

2.5 INVLOED VAN HET BELEID OP ONDIEP GEOTHERMIE

Om OGT haalbaar te maken is het minimaliseren van realisatie- en winningkosten van belang. Voor het realiseren van putten wordt gedacht aan het “upgraden” van waterboormachines om tot die dieptes te kunnen boren. Recente ontwikkelingen laten zien dat het huidige beleid juist strikter wordt dan wel dat eisen strikter toegepast worden. De mate van “upgraden” van een waterboortoren en dus de kosten zullen hierdoor stijgen.

Dit betekent dat besparing op voorbereidings- en uitvoeringskosten ten opzichte van reguliere geothermie putten niet eenvoudig zal zijn. SodM zal hier voorlopig geen risico's in willen nemen. Denk hierbij aan:

- BOP's: door SodM wordt in principe uitgegaan van een beveiligingssysteem met een blow-out-preventer (BOP) dan wel een diverter, hetgeen voor een waterboortoren al een significante wijziging betekent in de uitvoeringswijze (zowel installatietechnisch als qua werkmethode en inrichting).
- Terreininrichting: de inrichting tijdens het boren zal uitgebreid en relatief duur zijn, denk aan vloeistofdichte vloeren, grotere boorinstallaties, uitgebreidere (terrein) beveiliging, etc.
- Certificering: booraannemers dienen gecertificeerd te zijn en voldoende gekwalificeerd personeel te hebben conform in de olie- en gasindustrie gebruikelijk is.

3 DE BOORTECHNIEKEN

De bronnen van de OGT kunnen worden geboord met waterboortechneken of technieken uit de olie en gasindustrie. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op beide technieken om de verschillen in beide technieken te verduidelijken.

Tevens wordt ingegaan op de mogelijkheden om kostenreducerende en eenvoudigere technieken in te zetten, welke het gebruik van de goedkopere waterboortechneken mogelijk maken.

3.1 WATERBOORTECHNIEKEN

Om de mogelijkheden van waterboortechneken te onderzoeken zijn twee gerenommeerde boorpartijen benaderd.

- Grondboorbedrijf Haitjema b.v. te Dedemsvaart
- Bam de Ruiter boringen en bemalingen, Halfweg
- Daldrup en Söhne AG.

Twee partijen hebben een vragenlijst ingevuld. In de volgende paragraaf zijn de resultaten hiervan verwerkt.

Naast de boorpartijen is het advies/ingenieurs bureau Well Engineering Partners (WEP) betrokken. WEP is een bureau met expertise op het gebied van putontwerp, constructie, aanbesteding en supervisie tijdens realisatie. In bijlage 1 is het advies van WEP opgenomen ten aanzien van de boortechneken. In paragraaf 3.4 zijn de belangrijkste bevindingen opgenomen.

Beide partijen hebben een vragenlijst ingevuld. In de volgende paragraaf zijn de resultaten hiervan verwerkt.

3.1.1 HET PRINCIPE EN DE TOEPASSING

De waterboortechiek is tot stand gekomen door de vraag naar hoogwaardige bronnen voor de drinkwaterwinning. Onder de waterboortechieken vallen verschillende boormethoden, waarvan het zuigboren en het spoelboren de bekendste zijn.

Zuigboren

Voor de aanleg van grondwaterbronnen is de zuigboortechiek in combinatie met luchtliften de meest toegepaste boormethode. Deze techniek wordt in Nederland veelvuldig toegepast voor de aanleg van onder andere drinkwaterbronnen en bronnen voor toepassingen voor energieopslag.

Voor aanvang van de zuigboring wordt een stalen casing (voorbuis) de grond in gebracht. In deze casing wordt de boring uitgevoerd. Tijdens het boren wordt in de stalen casing een overdruk gehouden door een vloeistofkolom. Door de druk als gevolg van de vloeistofkolom kan het boorgat open blijven staan. Tijdens het boren maakt de boorbeitel het bodemmateriaal los. Het geboorde materiaal wordt via de boorstangen naar boven getransporteerd. Het boorwater met het geboorde materiaal stroomt in de zandbezinkbak, van waaruit het water via twee bufferbakken terug naar het boorgat stroomt.

De voordelen van deze boortechiek zijn met name het goed gecontroleerd uit kunnen voeren van boringen in zand- en kleilagen, zonder gebruik te maken van additieven zoals bentoniet (klei). Hierdoor is het mogelijk om van iedere meter van de bodem zeer nauwkeurige bodemonsters te nemen. Waardoor het mogelijk is om de meest geschikte zandlagen te selecteren, waaruit je het grondwater wil onttrekken. De maximale boordiameter bij het zuigboren is circa 1.200 mm.

Ten opzichte van de spoelboortechiek is de zuigboortechiek veruit de meest gebruikte en kwalitatief meest gewaardeerde boortechiek voor het boren van waterputten en putten voor energieopslag in de bodem. Het gebruik van deze zuigboortechiek voor diepere putten tot 1.000 meter is overlegd en geëvalueerd met de genoemde waterboorbedrijven. Hieruit komt naar voren dat het technisch mogelijk is.

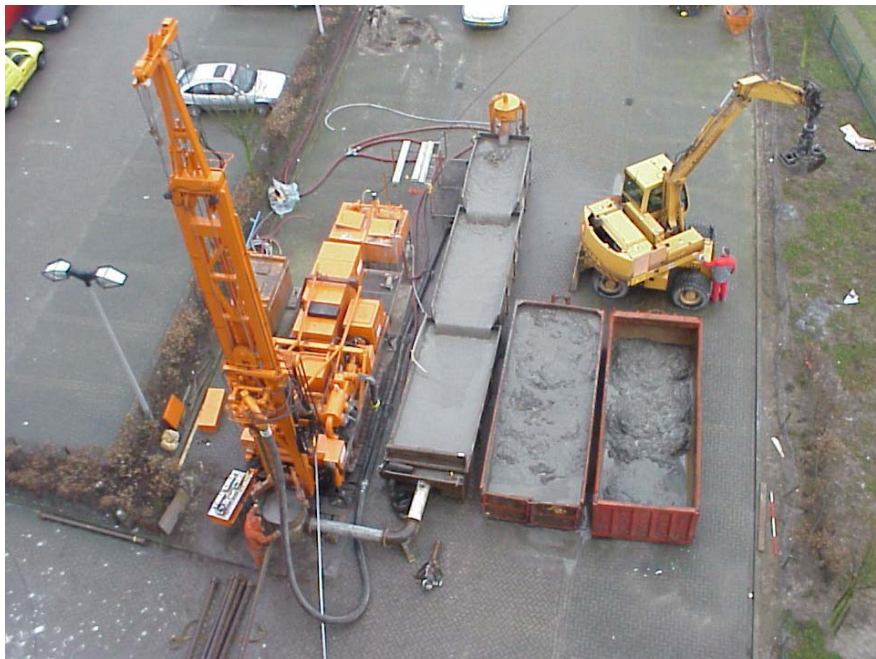
Spoelboren

Een andere boormethode voor het boren van bronnen is de spoelboortechiek. Bij het spoelboren is de stroming van de boorvloeistof, en het geboorde materiaal tegengesteld aan de stromingsrichting bij het zuigboren. Het geboorde materiaal zal via de ruimte

tussen de boorstangen en het boorgat omhoog worden getransporteerd. Doordat deze ruimte vele malen groter is dan bij het zuigboren zal het veel moeilijker zijn om het geboorde materiaal boven te krijgen. Hiervoor is in veel gevallen een bentoniet boorspoeling nodig. In praktijk is het vaak lastig om de bentoniet, nadat de bron is gerealiseerd, weer uit het boorgat te verwijderen. Wanneer dit niet goed lukt kan dit ten koste gaan van de capaciteit van de bron. Een voordeel van deze boortechniek is de hoge boorsnelheid, die 2 tot 3 maal hoger ligt dan de zuigboortechniek. Nadelen van het spoelboren zijn de beperkte maximale boordiameter van 400 - 500 mm, het daarbij noodzakelijk gebruik van boorspoeling, zoals bentoniet en de onnauwkeurige bodemonsternamen.

3.1.2 DE BOORSTELLING

In figuur 3.1 is een voorbeeld van een zuigboorinstallatie opgenomen. Het benodigde oppervlakte is beperkt tot een mobiele installatie en enkele bezinkbakken en gronddepot. Hierbij dient gedacht te worden aan circa 20 x 30 meter. Dit is vele malen compacter dan bij een reguliere geothermieboring die minimaal 30 x 60 meter meet, exclusief allerlei secundaire voorzieningen.



Figuur 3.1 Voorbeeld zuigboorinstallatie

3.1.3 DE TECHNISCHE MOGELIJKHEDEN EN DE TOEKOMST

De maximale boordiepte middels het zuigboren ligt rond de 1.000 meter onder maaiveld. Boorfirma's die op het gebied van zuigboring marktleider zijn in Nederland hebben op dit moment boormaterieel dat maximaal tussen de 500 tot 750 meter diepte kan boren. Deze maximale diepte is slechts een enkele keer geboord. Op dit moment worden door deze partijen veruit de meeste boringen tot 250 meter diepte uitgevoerd. De boorbedrijven hebben aangegeven, om bij toenemende vraag naar diepere boringen, bereid zijn om te investeren in hun boormaterieel. Het bestaande boormaterieel kan hiervoor omgebouwd worden om dieper te kunnen boren. Eventueel is men bereid om zwaarder (nieuw) boormaterieel aan te schaffen. De bereidheid tot aanpassen of vernieuwen van het boormaterieel hangt af van de marktvraag.

3.1.4 AANDACHTSPUNTEN BIJ DIEPE BORINGEN MIDDELS DE WATERBOORTECHNIEK

De benaderde boorbedrijven hebben de meeste ervaring met het uitvoeren van boringen tot ca. 250 meter. Er zijn dan ook geen gevallen bekend dat er op deze diepte gas is aangeboord dat onder hoge druk in de formatie aanwezig was. Om deze reden, in combinatie met de regelgeving, hebben de boorbedrijven tot nu toe geen blowout preventor (BOP) hoeven toe te passen. De incidentele boringen die door de boorbedrijven tot dieptes tussen de 500 en 750 meter zijn uitgevoerd, zijn gemeld bij SodM. Een BOP is bij deze boringen niet toegepast. Als veiligheidsmaatregelen zijn gasmetingen verricht en was er een 'Kill mud'⁷ tijdens de boring aanwezig. Het is niet te verwachten dat deze methode tegenwoordig nog zal worden goedgekeurd door SodM, zonder aanvullende eisen.

Uit navraag bij een grote Nederlandse fabrikant van waterboorinstallaties is gebleken dat er tot op heden geen BOP is toegepast op hun boorinstallaties. De fabrikant heeft aangegeven dat het waarschijnlijk technisch wel uitvoerbaar is. De BOP dient in dat geval onder de boorwagen te komen. Dit houdt in dat de boorwagen en bijbehorende bufferbakken enkele meters boven maaiveld opgesteld moet worden. Technisch wordt dit vaker toegepast bij boringen in bodemlagen met spanningwater. Het is ook mogelijk om

⁷ Kill mud is een zeer zware spoeling die in het geval van het aanboren van lagen met hoge gasgehalten kan worden toegepast om tegendruk in het boorgat te bieden.

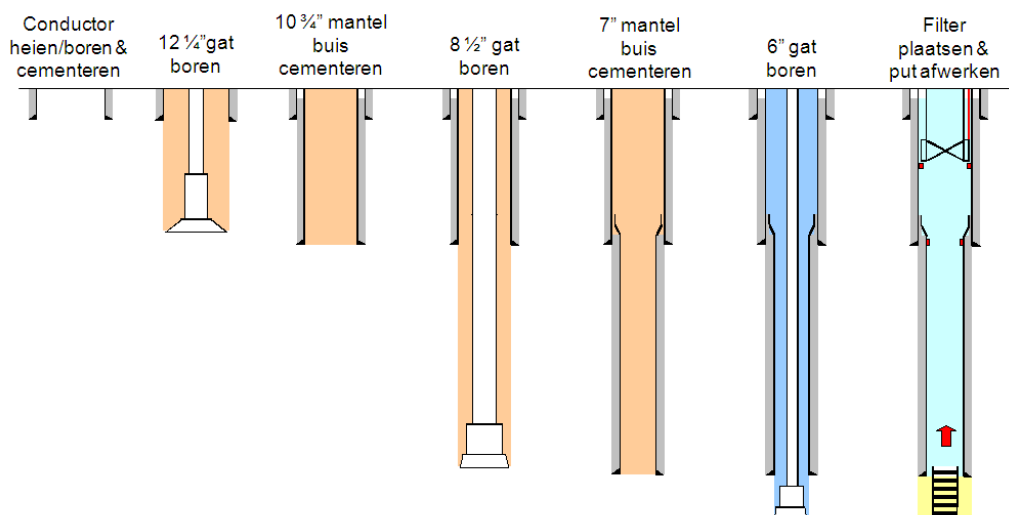
de BOP ondergronds te plaatsen waardoor de boorwagen in principe op maaiveldniveau kan staan. Het toepassen van een BOP lijkt technisch mogelijk, echter is er op dit moment geen tot weinig kennis bij de boorbedrijven om hiermee te boren. Dit geldt ook voor de overige aanvullende veiligheidsmaatregelen, benodigde certificeringen, procedures en terreininrichting die gelden voor de diepe boringen.

Voor de terreininrichting dient rekening gehouden te worden met striktere eisen zoals die gelden in de mijnbouwwet. Denk met name aan waterdichte vloeren, terreinbeveiliging en geluidsbeperking. Voordeel voor waterboortorens t.o.v. olieboortorens is de kleinere benodigde ruimte en dus lagere kosten.

3.2 BOORTECHNIEKEN OLIE EN GAS

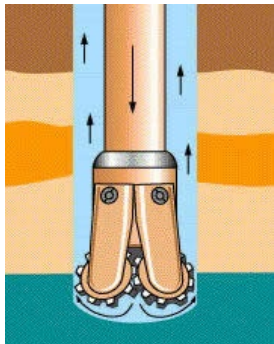
3.2.1 HET PRINCIPE EN DE TOEPASSING

Olie/gas en reguliere geothermie boringen worden uitgevoerd volgens de spoelboorteknik. Om (zeer) grote diepten te bereiken is dit de meest toegepaste boorteknik. De reguliere geothermieboringen worden uitgevoerd conform een telescopisch principe, waarbij steeds een nieuwe kleinere casing geplaatst en gecementeerd wordt (zie figuur 3.2). Voor ondiepere boringen, zoals in de OGT, kan in veel gevallen worden volstaan met het plaatsen van één casing, afhankelijk van de lokale geologie en risico's op olie-/gas in de te doorboren lagen.



Figuur 3.2 Boorprincipe (maten en verhoudingen zijn ter indicatie)

Voor het boren worden speciale boorkoppen gebruikt (bits). Deze boorkoppen woelen de bodem los door roterende bewegingen (zie figuur 3.3). De boorkop wordt aangedreven door boorspoeling (ook wel mud genoemd) welke met mudpompen onder druk wordt ingebracht via de boorstangen naar de boorkop. Via nozzles op de boorkop spuit de boorspoeling het gat in en neemt in zijn weg door het boorgat naar boven het boorgruis (bodemmateriaal) mee.



Figuur 3.3 boorkop en boorspoelingscirculatie

Bovengronds wordt de boorspoeling door een zogenaamde mud-sstraat geleid, waar het gezeefd wordt zodat het bodemmateriaal gescheiden wordt van de boorspoeling. De boorspoeling wordt weer hergebruikt voor de boring.

3.2.2 DE BOORSTELLING

Voor het uitvoeren van de boringen wordt een boortoren geplaatst. Echter naast die boortoren zijn allerlei primaire voorzieningen (materieel) nodig, om die boortoren te kunnen laten draaien. Bij primaire voorzieningen dient gedacht te worden aan de boorbuizen, aggregaten, pompen, schudzeven, brandstoftanks etc. De minimale ruimte voor een boorinstallatie met primaire voorzieningen is 30 x 60 meter, waarbij het nog sterk afhankelijk is van de geselecteerde boorinstallatie. Zie figuur 3.4 voor een voorbeeld van de benodigde opstelling van een typische olie-/gasboring. Voor het boren van ondiepere putten voor OGT zal de opstellingsruimte zeker kunnen worden verkleind tot iets meer dan de minimale ruimte voor de primaire voorzieningen.

De boorlocatie dient te worden voorzien van een gefundeerde betonvloer en rondom wordt de gehele boorlocatie geasfalteerd, om eventuele lekkages naar de bodem te vermijden. Ter plaatse van de boorput wordt een betonnen kelder geplaatst met rondom

die kelder een betonnen vloer. De betonnen vloer wordt in veel gevallen na realisatie niet verwijderd. Deze kan dienen als fundering voor eventuele grote onderhoudsacties met een Hydraulic Working Unit (HWU) of ander zwaar materieel. Ook voor OGT is onderhoudsruimte aan te bevelen, al kunnen deze minder zwaar worden uitgevoerd.



Figuur 3.4 Voorbeeld van olie/gasbooropstelling

Buiten deze minimale booropstelling met de boorinstallatie en zijn primaire voorzieningen, zijn ook opslagruimtes, opslagcontainers, keten e.d. benodigd. Deze secundaire voorzieningen kunnen ook op enige afstand geplaatst worden. De benodigde ruimte voor deze voorzieningen is bij reguliere olie- en gasboringen circa 1.000 m². Voor OGT boringen wordt verwacht dat die sterk beperkt kan worden.

De geluidsnormen voor de olie/gasboringen zijn redelijk strikt. Soms zijn aanvullende maatregelen nodig om te kunnen voldoen aan de eisen gesteld in de BARMM, zoals: geluidsbronvermogen reductie, door omkastingen en geluidswanden.

3.3 VERSCHILLEN WATERBOORTECHNIEK EN GEOTHERMIEBORINGEN

De verschillen tussen de uitvoering van de waterboortechneik en olie/gas/geothermie-boringen zijn erg groot. Uiteraard heeft dat te maken met de diepte die geboord moet

kunnen worden. Voor de waterboortechneik was het van oudsher niet noodzakelijk om heel diep te kunnen boren. Belangrijker was het om met een grotere boordiameter te kunnen boren, in verband met een hoge wateropbrengst (hoog debiet).

Vanuit de olie/gasboringen is juist de diepte van groot belang, de boordiameter is hierbij minder belangrijk. Wanneer er op grotere diepte naar olie en/of gas geboord wordt is het veiligheidsaspect van groot belang. Immers staan er op deze reservoirs zeer grote drukken en zijn de stoffen (olie en/of gas) gevaarlijker van aard dan grondwater. Bij de waterboortechneiken zijn er buiten het veilig werken dan ook weinig aanvullende veiligheidsvoorzieningen benodigd. De kans en gevolgen van een blow-out zijn niet aanwezig. Door de genoemde verschillen tussen de boortechneiken is er ook een groot verschil ontstaan in de grootte van de boorstellingen, uitvoeringswijze, noodzakelijke procedures en certificaten, locatie-inrichting en gebruikte materialen en de daarmee samenhangende kosten.

3.4 **MOGELIJKHEDEN OM VEILIGHEIDSVOORZIENINGEN TE REDUCEREN**

In bijlage 1 wordt ingegaan op de technische mogelijkheden om waterboortorens/olie/gas boorinstallaties in te zetten voor OGT, met dien verstande dat wordt voldaan aan de eisen van de Mijnbouwwet. Samengevat kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

Het is mogelijk om bij de realisatie van putten tot 1.000 meter goedkopere technieken toe te passen dan die typisch bij de olie-/gas boringen worden gebruikt. Voorwaarden zijn:

- Bewezen afwezigheid van "shallow gas" (gas in de te doorboren lagen).
- Geen olie (koolwaterstoffen, vrij of opgelost) in het productiewater dat wordt opgepompt uit het reservoir.
- De boortoren moet de boorbuizen kunnen dragen, ofwel de boortoren moet aantoonbaar voldoende capaciteit hebben.

Technische mogelijkheden

De volgende kostenreducerende technieken worden genoemd:

- Indien niet telescopisch wordt geboord, maar de boring en de te installeren buis grotendeels in één keer tot aan het reservoir wordt geplaatst, kan worden volstaan met een diverter (eenvoudiger dan een BOP).
- Een diverter hoeft niet geïnstalleerd te worden indien bewezen wordt dat er in het te boren traject geen gas aanwezig is.

- Een diverter hoeft niet geïnstalleerd te worden indien met speciale pomptechnieken het boorgat dynamisch onder controle wordt gehouden. Probleem voor waterboormachines is dat hiervoor speciale pompen gebruikt moeten, welke niet standaard zijn voorzien in deze waterboormachines.
- Indien een waterboormachine te licht van gewicht is (te weinig capaciteit) zou een lichte workover-toren (klein soort boortoren) gebruikt kunnen worden, welke vaak ook gebruikt worden voor onderhoud bij olie-/gasputten.
- Deel van de stalen casings vervangen door kunststof.
- Putkop/spuitskruis vereenvoudigen indien bewezen is dat er geen olie- of gas wordt aangetroffen.

Bovenstaande technieken maken het mogelijk om reguliere gas-/olietechnieken te “downgraden”, dan wel is het mogelijk om waterboortechnieken te “upgraden” en daarmee toch te voldoen aan de wettelijke eisen en aan de benodigde veiligheid.

Buiten deze technische aspecten blijft het vooral voor de kleinere gebruikers (bijvoorbeeld tuinders) een belangrijk aandachtspunt dat zij aan alle organisatorische verplichtingen dienen te voldoen. Hierbij ook denkend aan het in dienst hebben van een direct verantwoordelijke ervaren operator en het voldoen aan de eis voor het onderhouden van uitgebreide zorgmanagementsystemen. Dit is echter een algemeen erkent probleem en op dit moment worden voor verschillende geothermie eigenaren tussenoplossingen gezocht en overlegd met SodM.

Uitsluiten gas of olie in de te doorboren bodemlagen

Een belangrijke voorwaarde voor het toepassen van de bovenstaande kostenreducerende technieken is het uitsluiten van de aanwezigheid van gas en olie in de te doorboren bodemlagen.

Gas of olie in vrije vorm kan een potentieel risico vormen wanneer wordt voldaan aan de volgende geologische criteria:

1. er is een geschikt reservoir aanwezig
2. er is een moedergesteente (source rock ofwel bron) voor olie en gas aanwezig
3. olie of gas kan migreren van het moedergesteente naar het reservoirgesteente
4. er bevindt zich een afsluitende laag boven het reservoir
5. het reservoir wordt structureel (b.v. breuk) of stratigrafisch afgesloten.

Voor een belangrijk deel kunnen met geologisch onderzoek deze criteria getoetst worden. Andere mogelijkheden om de aanwezigheid van gas of olie aan te tonen zijn:

- dicht bij reeds eerder uitgevoerde (verkennings)boringen boren, waarvan bekend is dat er geen gas is aangetroffen
- het uitvoeren van shallow seismiek
- het uitvoeren van een kleinere proefboring
- de eerste boring wel uitvoeren met uitgebreide veiligheidstechnieken, uitgaande van gas of olie. Indien niets aangetroffen wordt, de overige boringen uitvoeren met eenvoudigere veiligheidstechnieken.

Deze mogelijkheden zullen altijd in combinatie met een geologische onderbouwing moeten worden gecombineerd. In Nederland zijn er naar verwachting gebieden aan te wijzen waar olie en gas, tot een diepte van 1.000 meter, niet of nauwelijks in de ondergrond voorkomen.

Het bovenstaande is zeer project- en locatiespecifiek en moet per project worden afgewogen en besproken worden SodM.

4 KOSTEN

Om een inschatting te kunnen maken van de kosten voor het realiseren van putten voor OGT, zijn de kosten voor het maken van diepe putten met de waterboortechniek en met een olie-/gasboortechniek met elkaar vergeleken. De werkelijke kosten voor het realiseren van putten voor de OGT zullen ergens tussen deze twee uitersten liggen.

4.1 INVENTARISATIE BOORKOSTEN

Waterboortechniek

Aan grote waterboorbedrijven zijn een drietal cases voorgelegd om de realisatiekosten voor de boringen te ramen. De cases zijn afgestemd op de mogelijkheden van het huidige boorequipment van de boorfirma's. Voor de cases is een fictieve locatie in Nederland aangehouden, waarbij een 'representatieve' bodemopbouw is aangehouden.

Aan de boorfirma's zijn de volgende cases voorgelegd, met het verzoek om hiervoor de indicatieve realisatiekosten te berekenen:

Case 1: boring tot 500 m-mv

Case 2: boring tot 700 of indien mogelijk tot 1.000 m-mv

Case 3: boring tot 700 of indien mogelijk tot 1.000 m-mv met aanvullende veiligheidsvoorzieningen zoals BOP, gecementeerde casing tot 60 m-mv.

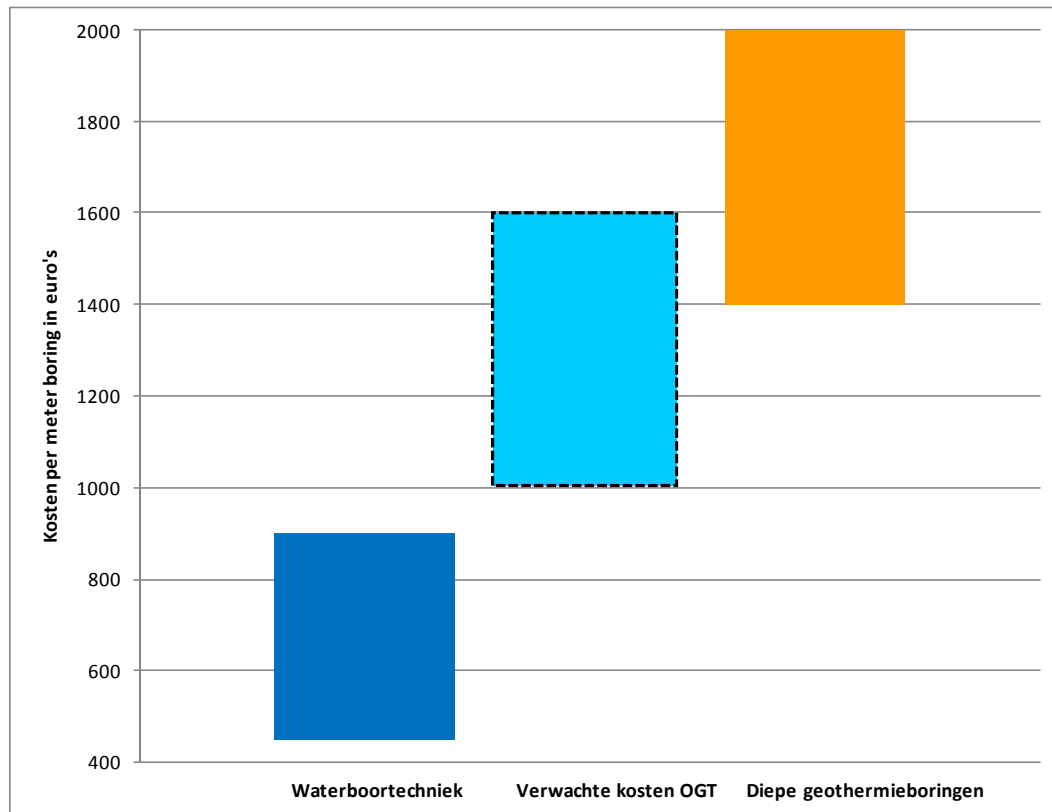
De aannemers hebben voor de cases 1 en 2 een goede kostenindicatie af kunnen geven. Het afgeven van kosten voor de 3^{de} case bleek niet goed mogelijk omdat de waterboorbedrijven geen ervaring hebben met het boren met onder andere een BOP en de daarbij behorende kosten voor de veiligheidsprocedures. Naast de realisatiekosten uit de cases zijn ook concrete prijsaanbiedingen van aannemers gebruikt die zijn afgegeven voor concrete projecten. Van deze kosten zijn meterprijzen voor het boren afgeleid.

Reguliere geothermie boringen

De kosten voor de reguliere geothermie boringen zijn bepaald a.d.h.v. de daadwerkelijke realisatiekosten van een gerealiseerd geothermie project, verschillende concrete prijsaanbiedingen van aannemers van nog niet gerealiseerde geothermieprojecten en geraamde investeringskosten voor concrete geothermieprojecten in ontwerp/haalbaarheidsfase. Van al deze kosten zijn de meterprijzen voor het boren afgeleid, waarbij er een minimale en een maximale meterprijs is berekend.

4.2 BOORKOSTEN PER BOORTECHNIEK

In onderstaande figuur zijn de boorkosten (meterprijzen) voor de verschillende boortechnieken weergegeven. Het donker blauwe vlak geeft de boorkosten weer voor de waterboortechniek exclusief veiligheidsvoorzieningen. Het oranje vlak geeft de boorkosten weer voor boortechnieken voor olie, gas en geothermie. Hierbij worden standaard wel de veiligheidsvoorzieningen conform eisen van SodM toegepast.



Figuur 4.1 Aanlegkosten per meter boring, per boortechiek

De kosten in de grafiek betreffen de aanlegkosten van bronnen per meter. In de meterprijzen zijn de volgende onderdelen verwerkt:

- boorrijpmaken van de locatie (aanleg betonnen funderingsplaat)
- boren
- inbouwen filter, stijgbuis, pompkamer
- aanvullen boorgat
- ontwikkelen van de bron
- pompproef
- veiligheidsvoorzieningen voor de diepe geothermie-boringen.

De kosten zijn exclusief:

- boren conform eisen SodM voor de waterboortechiek
- advieskosten (geologisch onderzoek, ontwerp e.d.)
- bovengrondse installatie:
 - o Lozingskosten voor het grondwater
 - o Putbehuizing, onderwaterpomp, bronkop constructie

- o Bovengrondse installatie (warmtewisselaar, regeling etc.)
- o Horizontaal leidingwerk tussen bronnen en warmtewisselaar.

De kosten voor de bovengrondse installatie zijn niet uitgewerkt in voorliggend onderzoek. De kosten zijn afhankelijk van de capaciteit en omvang van het systeem, maar minder afhankelijk van de eisen van SodM. De kosten voor de bovengrondse installatie zullen naar verhouding tot de boorkosten bij ondiepe bronnen hoog zijn en bij diepe bronnen laag. De kosten voor de bovengrondse installatie worden verwerkt in deelrapport 3 en 4 van het totale onderzoek.

In de grafiek is voor beide technieken een range voor de meterprijs aangegeven. Dit komt doordat het ontwerp van de bronnen sterk van invloed is op de kosten. Het bronontwerp is weer afhankelijk van de geologie op de locatie, maar ook van de materiaalkwaliteit en uitgangspunten die worden gesteld aan de bronnen.

De verschillen in de aanlegkosten van bronnen tussen de technieken is groot. Deze verschillen worden veroorzaakt door de grootte en complexiteit van de boorinstallatie alsmede de veiligheidsaspecten.

De kosten voor het boren van OGT putten zijn hoger dan de standaard waterboortechniek, maar naar verwachting lager dan de kosten voor een put uitgevoerd volgens de olie-/gasboortechniek.

In figuur 4.1 zijn de verwachte boorkosten voor OGT putten weergegeven met behulp van een lichtblauw gearceerd vlak. De variatie/hogte is afhankelijk van de kostenreducerende mogelijkheden zoals omschreven in 3.4. In het ene geval zou kunnen volstaan met een “upgraded” boortoren in een ander geval zal slechts sprake kunnen zijn van een “downsized” olieboortoren. Ook is het mogelijk dat voor de eerste boring alle veiligheidstechnieken worden toegepast hetgeen dus met hogere kosten gepaard gaat. Na uitsluiting van de aanwezigheid van gas met deze eerste boring, zou een goedkopere tweede (en volgende) ingezet kunnen worden.

5 CONCLUSIES

Technische mogelijkheden

Voor de realisatie van putten voor OGT is het technisch en wettechnisch mogelijk en toegestaan eenvoudigere en goedkopere technieken toe te passen dan standaard in de olie- en gasindustrie gebruikt worden.

Deze technieken maken het mogelijk om de standaard olie-/boortechiek sterk te vereenvoudigen, dan wel de veel goedkopere waterboortechieken in te zetten met de benodigde aanpassingen en veiligheidsvoorzieningen. De verwachting is dat de boorkosten zullen liggen tussen 1000 en 1600 euro per meter.

Waterboorders geven aan nog weinig ervaring te hebben met dit soort diepe boringen en ook zijn hun organisaties, werknemers en installaties nog niet volledig hierop ingericht.

Belangrijke voorwaarde voor het gebruik van eenvoudigere technieken is het uitsluiten van ondiep gas-/olie in de te doorboren lagen. Dit is mogelijk middels geologische onderbouwingen eventueel aangevuld met extra informatie uit nabijgelegen bestaande putten, proefboring of shallow seismiek. De kostenreducerende mogelijkheden zijn derhalve ook locatie specifiek.

Huidige beleid

Door EL&I en SodM wordt op dit moment een zeer strikt beleid gevoerd. Aanleiding is het aantreffen van gas en olie als bijproductie bij diverse geothermie-projecten in Nederland. Dit heeft ertoe geleid dat de regelgeving en veiligheidsaspecten rondom geothermische boringen zijn aangescherpt en daardoor dichterbij de procedures voor reguliere olie- en gasboringen zijn gekomen. Het afwijken van reguliere olie- en gastechieken en procedures zal bespreekbaar zijn, echter niet snel toegestaan worden, mits zeer eenduidig kan worden vastgesteld dat de veiligheid gewaarborgd is. De ontwikkeling naar goedkopere technieken voor OGT zal derhalve ook afhangen van de bereidwilligheid van EL&I/SodM. Indien de veiligheidsrisico's zeer laag worden beschouwd zal per project een goede onderbouwing moeten komen waarom er voor een specifieke locatie niet voldaan zou hoeven worden aan de strengere veiligheidseisen. Met de onderbouwing dient aangetoond te kunnen worden dat de aanwezigheid van gas of olie in de te doorboren bodemlagen uitgesloten is. Dit zou kunnen worden aangetoond middels:

- eerder uitgevoerde boringen
- Shallow seismiek
- het uitvoeren van een proefboring

- de eerste boring uitvoeren met uitgebreide veiligheidstechnieken. Indien geen olie of gas aangetroffen wordt, de overige boringen uitvoeren met eenvoudigere veiligheidstechnieken.

In Nederland zijn er gebieden aan te wijzen waar olie en gas, tot een diepte van 1.000 meter, niet of nauwelijks in de ondergrond voorkomen. Voor die gebieden zijn de gevaren tijdens het boren beperkt. Verwacht wordt dat bij deze gebieden zonder de uitgebreide veiligheids-eisen geboord kan worden. Hiermee kunnen de boorkosten gereduceerd worden.

Indien dit kan worden aangetoond zouden de volgende kostenreducerende maatregelen worden toegepast:

- boren zonder telescopische constructie (wel met een enkele casing), zonder diverter of blow out preventer (BOP)
- boren met een waterboormachine eventueel in combinatie met een lichte workovertoren (klein soort boortoren)
- deel van de stalen casings vervangen door kunststof
- putkop/spuitkruis vereenvoudigen indien bewezen is dat er geen olie- of gas wordt aangetroffen.

Bovenstaande maatregelen maken het mogelijk om reguliere gas-/olietechnieken te “downgraden”, dan wel is het mogelijk om waterboortechnieken te “upgraden”.

De aanlegkosten voor bronnen middels de waterboortechniek liggen, afhankelijk van de locatie en bronontwerp in de orde grootte van de € 450,- en € 900,- per meter. De aanlegkosten voor reguliere geothermieboringen liggen tussen de € 1.400,- en € 2.000,- per meter. Hierin zijn geen kosten voor putbehuizingen, onderwaterpomp, putkopconstructies en bovengrondse installatieonderdelen opgenomen.

Uitgaande van het “downgraden” van een reguliere geothermie boorinstallatie of het “upgraden” van een waterbooropstelling zou de meterprijs voor het boren tussen de € 1.000,- en de € 1.600,- kunnen liggen. Of de boringen daadwerkelijk binnen deze bedragen aangelegd kunnen worden is sterk afhankelijk van de juridische mogelijkheden.

Een aandachtspunt voor de kleinere gebruikers is dat zij aan alle organisatorische verplichtingen dienen te voldoen. Bijvoorbeeld het in dienst hebben van een direct verantwoordelijke ervaren operator en het voldoen aan de eis voor het onderhouden van

uitgebreide zorgmanagementsystemen. Hierover worden op dit moment nog oplossingen voor gezocht.

Buiten de technische aspecten blijft het vooral voor de kleinere gebruikers (bijvoorbeeld tuinders) een belangrijk aandachtspunt dat zij aan alle organisatorische verplichtingen dienen te voldoen. Hierbij ook denkend aan het in dienst hebben van een direct verantwoordelijke ervaren operator en het voldoen aan de eis voor het onderhouden van uitgebreide zorgmanagementsystemen. Dit is echter een algemeen erkent probleem en op dit moment worden voor verschillende geothermie eigenaren tussenoplossingen gezocht en overlegd met SodM.

BIJLAGE D OGT BRONGEGEVENS PER TUINDERSGEBIED

Deze bijlage (Tabel 3 tot en met Tabel 6) toont de volgende gegevens per tuindersgebied en per formatielaag.

- Formatielagen:
 - o Formatie van Maassluis
 - o Formatie van Oosterhout
 - o Zand van Brussel
 - o Formatie van Breda
- Parameters
 - o Debiet [m^3/uur]
 - o Temperatuur [$^{\circ}\text{C}$]
 - o Diepte [m]
 - o Netto zanddiktelaag [m]

Tabel 3 Gegevens voor Formatie van Maassluis

		Formatie van Maassluis			
		Debiet [m^3/uur]	Temperatuur [$^{\circ}\text{C}$]	Diepte [m]	Nettodikte zandlaag [m]
1	Aalsmeer e.o.	55-90	19	319	94
2	Bleiswijk e.o.	100-150	15	250	122
3	Vleuten, Harmelen	55-90	18	277	78
4	Deurne	-	-	-	-
5	Terneuzen	-	-	-	-
6	Zuidhollandse eilanden	55-90	16	234	99
7	Moerdijk	25-45	14	120	42
8	Bergen op Zoom	-	-	-	-
9	Wieringermeer	55-90	22	476	114
10	Luttelgeest	25-45	18	277	56
11	Westland	55-90	15	235	110
12	Berlikum	-	20	265	21
13	Huissen/Bemmel	-	-	-	-
14	Klazienaveen	-	-	-	-
15	Horst a/d Maas	-	-	-	-
16	Maasbree	-	-	-	-
17	Omgeving Enhuizen/Andijk	100-150	22	458	134
18	Omgeving Rilland	-	-	-	-
19	Zaltbommel e.o.	55-90	17	223	61
20	Omgeving Eemshaven	-	-	-	-
21	Sexbierum	55-90	24	449	81
22	Hoogezand-Sappemeer	-	-	-	-
23	Elshout	25-45	15	174	55
24	Roelofarendsveen	55-90	17	252	90
25	Nieuwkoop	55-90	17	253	78
26	Heerhugowaard	55-90	24	441	86
28	Ens	25-45	19	281	53
30	Koekoekspolder	25-45	18	253	41

Tabel 4 Gegevens voor Formatie van Oosterhout

		Formatie van Oosterhout			
		Debiet [m³/uur]	Temperatuur [°C]	Diepte [m]	Nettodikte zandlaag [m]
1	Aalsmeer e.o.	30-50		26	548
2	Bleiswijk e.o.	30-50		21	416
3	Vleuten, Harmelen	30-50		23	370
4	Deurne	-		10	6
5	Terneuzen	-		-	-
6	Zuidhollandse eilanden	30-50		20	337
7	Moerdijk	30-50		19	272
8	Bergen op Zoom	-		13	86
9	Wieringermeer	30-50		29	647
10	Luttelegeest	30-50		21	336
11	Westland	-		20	340
12	Berlikum	30-50		21	299
13	Huissen/Bemmel	30-50		16	186
14	Klazienaveen	-		14	123
15	Horst a/d Maas	-		-	-
16	Maasbree	-		-	-
17	Omgeving Enhuizen/Andijk	30-50		26	525
18	Omgeving Rilland	-		11	34
19	Zaltbommel e.o.	60-90		26	530
20	Omgeving Eemshaven	30-50		18	242
21	Sexbierum	30-50		27	544
22	Hoogezand-Sappemeer	60-90		17	248
23	Elshout	60-90		17	284
24	Roelofarendsveen	30-50		23	450
25	Nieuwkoop	30-50		23	530
26	Heerhugowaard	30-50		30	602
28	Ens	30-50		21	312
30	Koekoekspolder	30-50		20	298

Tabel 5 Gegevens voor zand van Brussel

		Zand van Brussel			
		Debiet [m³/uur]	Temperatuur [°C]	Diepte [m]	Nettodikte zandlaag [m]
1	Aalsmeer e.o.	-	-	-	-
2	Bleiswijk e.o.	-	-	26	491
3	Vleuten, Harmelen	-	-	-	-
4	Deurne	-	-	-	-
5	Terneuzen	10	19	321	5
6	Zuidhollandse eilanden	10	33	696	5
7	Moerdijk	50-100	37	721	9
8	Bergen op Zoom	15-35	28	485	8
9	Wieringermeer	-	42	982	2
10	Luttelgeest	10	38	841	4
11	Westland	10	29	622	4
12	Berlikum	-	37	721	2
13	Huissen/Bemmel	-	-	-	-
14	Klazienaveen	-	18	229	2
15	Horst a/d Maas	-	-	-	-
16	Maasbree	-	-	-	-
17	Omgeving Enhuizen/Andijk	-	43	989	3
18	Omgeving Rilland	15-35	25	416	7
19	Zaltbommel e.o.	-	-	-	-
20	Omgeving Eemshaven	10	31	572	4
21	Sexbierum	10	36	789	3
22	Hoogezand-Sappemeer	10	28	500	4
23	Elshout	-	-	-	-
24	Roelofarendsveen	-	-	-	-
25	Nieuwkoop	-	-	-	-
26	Heerhugowaard	-	46	914	2
28	Ens	50-100	39	852	6
30	Koekoekspolder	10	38	786	

Tabel 6 Gegevens voor Formatie van Breda

		Formatie van Breda			
		Debiet [m³/uur]	Temperatuur [°C]	Diepte [m]	Nettodikte zandlaag [m]
1	Aalsmeer e.o.	25-45		32	681
2	Bleiswijk e.o.		-	24	444
3	Vleuten, Harmelen	25-45		28	582
4	Deurne	25-45		15	248
5	Terneuzen		-	10	15
6	Zuidhollandse eilanden	25-45		23	409
7	Moerdijk		-	22	307
8	Bergen op Zoom	25-45		15	140
9	Wieringermeer	25-45		34	758
10	Luttelgeest	25-45		25	513
11	Westland		-	22	376
12	Berlikum	25-45		25	448
13	Huissen/Bemmel	25-45		25	482
14	Klazienaveen		-	15	163
15	Horst a/d Maas	25-45		15	232
16	Maasbree	25-45		13	185
17	Omgeving Enhuizen/Andijk	55-90		33	813
18	Omgeving Rilland		-	12	86
19	Zaltbommel e.o.	110-150		33	615
20	Omgeving Eemshaven	25-45		22	343
21	Sexbierum		-	30	596
22	Hoogezand-Sappemeer		-	19	249
23	Elshout	110-150		28	765
24	Roelofarendsveen	25-45		22	415
25	Nieuwkoop	25-45		27	615
26	Heerhugowaard	25-45		38	794
28	Ens	25-45		26	572
30	Koekoekspolder	25-45		24	476

BIJLAGE E ONZEKERHEDEN POTENTIEKAARTEN

1 BODEMOPBOUW

Onderstaand een overzicht van de onzekerheden met betrekking tot de bodemopbouw:

- De boringen gebruikt om deze kaarten te maken zijn niet gelijkmatig verdeeld over Nederland. Dit zorgt voor een toename in onzekerheid in regio's met een kleinere dichtheid aan boringen.
- Ondanks het filteren van anomalieën, is het nog steeds mogelijk dat foute interpretaties van de geanalyseerde boringen meegenomen zijn in de kaart.
- In de omgeving van breuken (voornamelijk de centrale slenk) en in gebieden waar zouttektoniek een grote rol spelen (Groningen en Drenthe) neemt de onzekerheid toe, zeker indien in deze gebieden weinig metingen ter beschikking staan.
- Het soort interpolatie dat gebruikt wordt voor het opstellen van de kaarten zorgt voor een aantal artefacten waarmee men rekening moet houden bij het interpreteren van deze kaarten. Deze zitten voornamelijk langs de randen door extrapolatie en tussen de breuken door een tekort aan gegevens.
- De inschatting van de netto zanddikte is gebaseerd op basis van een beperkt aantal beschikbare boorgegevens. Hierdoor zijn relatief grote regio's voor de zanddikte gedefinieerd. Locatie specifiek onderzoek is noodzakelijk.

Om een meer gedetailleerd beeld te krijgen van de bodemopbouw moeten locatie specifiek de volgende stappen ondernomen worden:

4. Opvragen en analyseren van boorbeschrijvingen en petrofysische data;
5. Opvragen en analyseren van seismiek;
6. Eventueel uitvoeren van een proefboring in functie van meerdere systemen in dezelfde regio.

2 CAPACITEITEN

Door het feit dat bijna geen rechtstreekse permeabiliteitsmetingen beschikbaar zijn, is het enkel mogelijk om inschattingen te maken van de capaciteit van een zandlaag. Deze inschatting is gemaakt aan de hand van de kwaliteit van het zand, die voornamelijk gebaseerd is op korrelgroottes, kleigehaltes, sortering, compactie en cementatie. Slechts voor een aantal locaties zijn deze parameters beschikbaar, en dit meestal maar over een beperkt dikte-interval. Het is hierdoor erg moeilijk om de capaciteit van een laag in kaart te

brengen. Dit is de belangrijkste reden om initieel kwalitatieve potentiekaarten op te stellen en geen kwantitatieve.

3 **TEMPERATUREN**

De temperatuur-dieptekaarten zijn uitsluitend gebaseerd op temperatuurkaarten op 500 en 1.000 m van [4, Prins 1980]. Dit betekent dus dat bij het opstellen van deze kaarten geen rekening gehouden is met het effect van de geologie op het verloop van de temperatuur in de ondergrond. De kaarten van Prins [4, Prins 1980] zijn gebaseerd op een beperkt aantal exploratiedata voor olie en gas, en zullen zeker op lokaal vlak fouten bevatten door interpolatie. Rekening moet worden gehouden met een afwijking van $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

4 **WATERKWALITEITEN**

Tussen 250 en 1.000 m diepte is weinig bekend over de waterkwaliteit. Het is wel geweten dat het water op deze dieptes van mariene oorsprong is, en dus een hoog zoutgehalte bevat. Tijdens het uitvoeren van projecten is het belangrijk om hiermee rekening te houden, omdat het zoutgehalte invloed kan hebben op de diverse installatie onderdelen (corrosie). Als het water uit kalkrijke zanden komt, moet ook rekening gehouden worden met kalkneerslag. Neerslag kan worden voorkomen door waterbehandeling toe te passen.

De daadwerkelijke waterkwaliteit kan pas worden onderzocht bij realisatie van een eerste put op locatie. Vervolgens kan de op hoofdlijnen uitgedachte waterbehandeling installatie worden verfijnd.

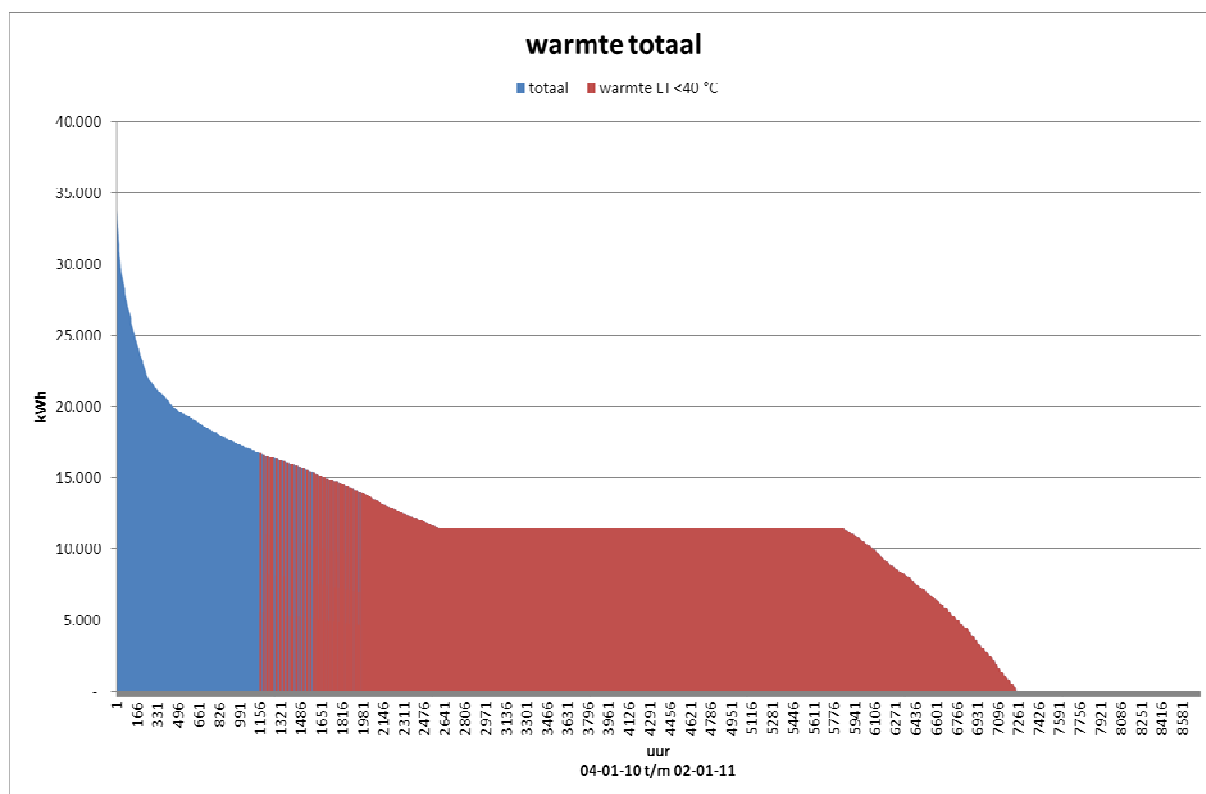
5 **AANWEZIGHEID ONDIEP GAS EN/OF OLIE**

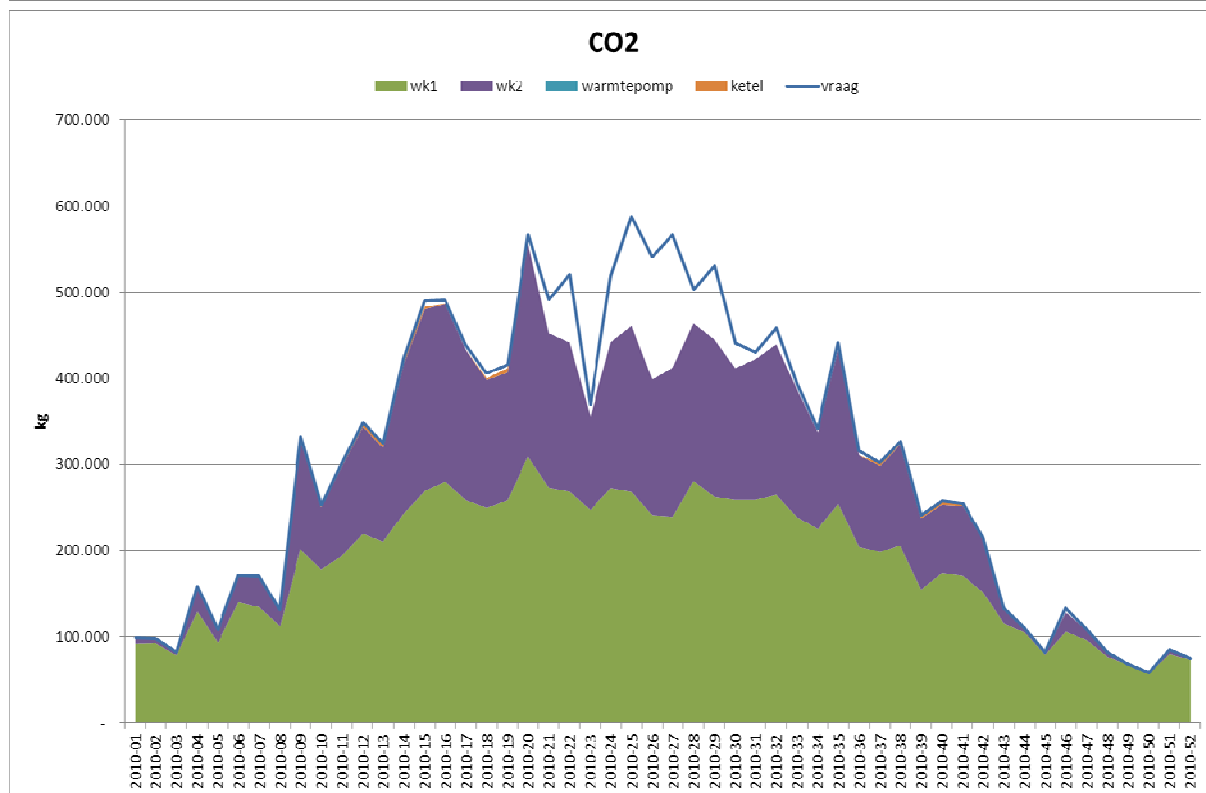
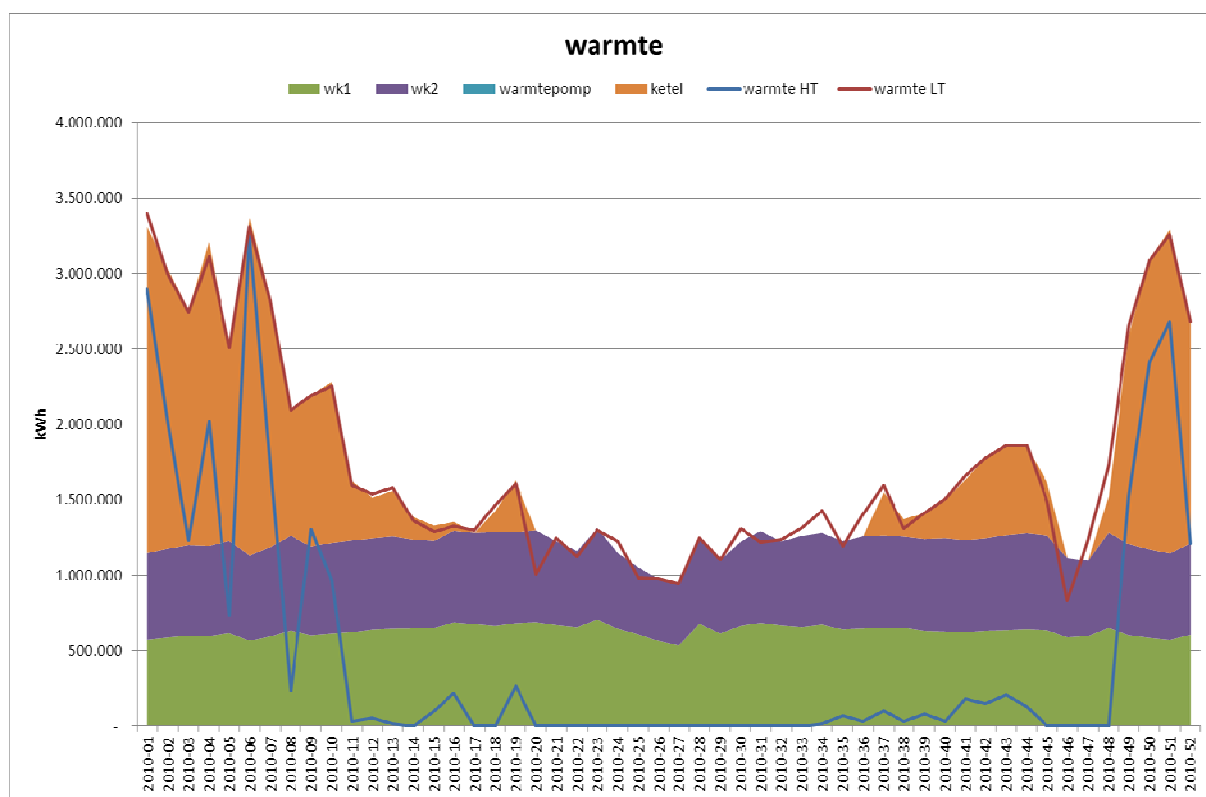
Op dieptes tot 1.000 m zijn er geen gegevens beschikbaar over het al dan niet aanwezig zijn van gas of olie. Zowel gas (vanaf 500 m) en aardolie (vanaf 800 m) zijn reeds binnen de bovenste 1.000 m aangetroffen in Nederland. In het noorden van Nederland is het risico het grootst om ondiep gas of olie aan te treffen. Bij het realiseren van een project moet rekening worden gehouden met het aanboren van gas of olie. Om de veiligheid te waarborgen is gedegen vooronderzoek noodzakelijk en moeten de benodigde

veiligheidsvoorzieningen worden getroffen. Welke invloed dit heeft op het boorproces en de kosten hiervan wordt omschreven in werkpakket 2 van het SKB onderzoek.

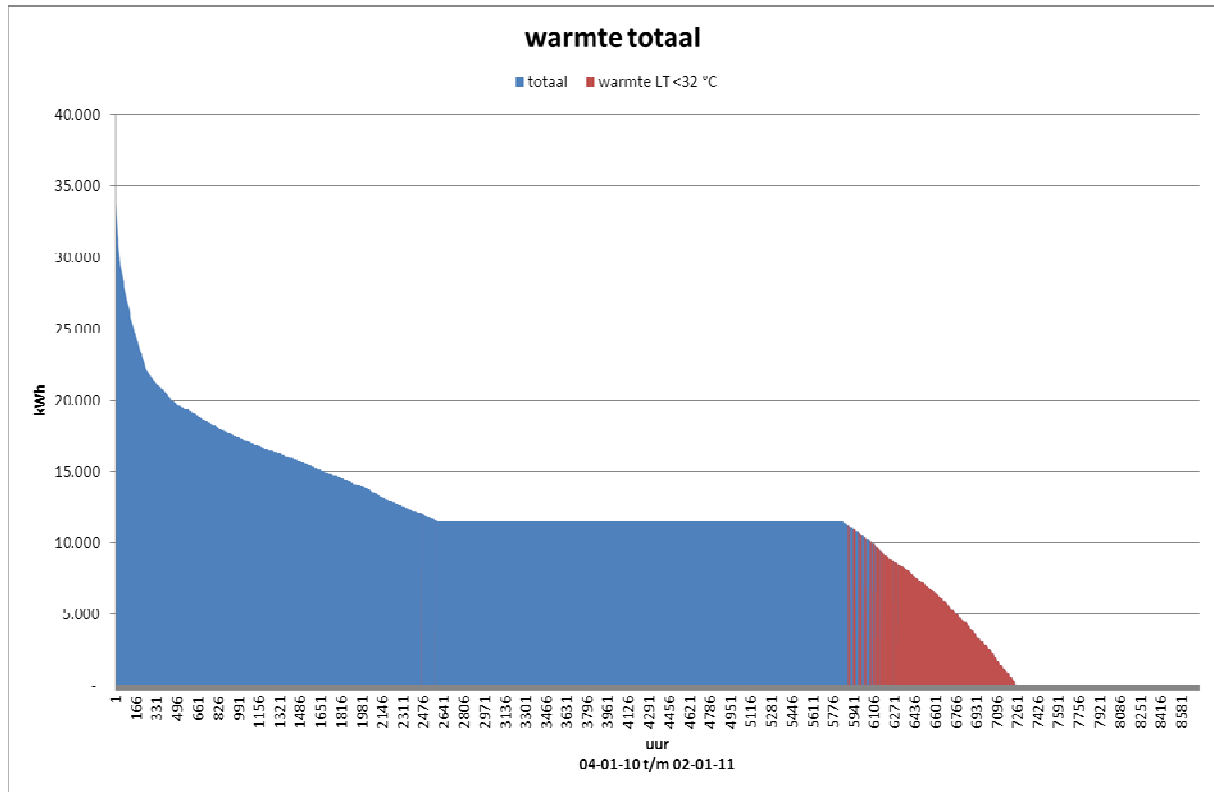
BIJLAGE F GRAFIEKEN BIJ SCENARIO'S #1 TOT #5

#1: Uitbreiding 5ha, met een 2e WKK / Ketel

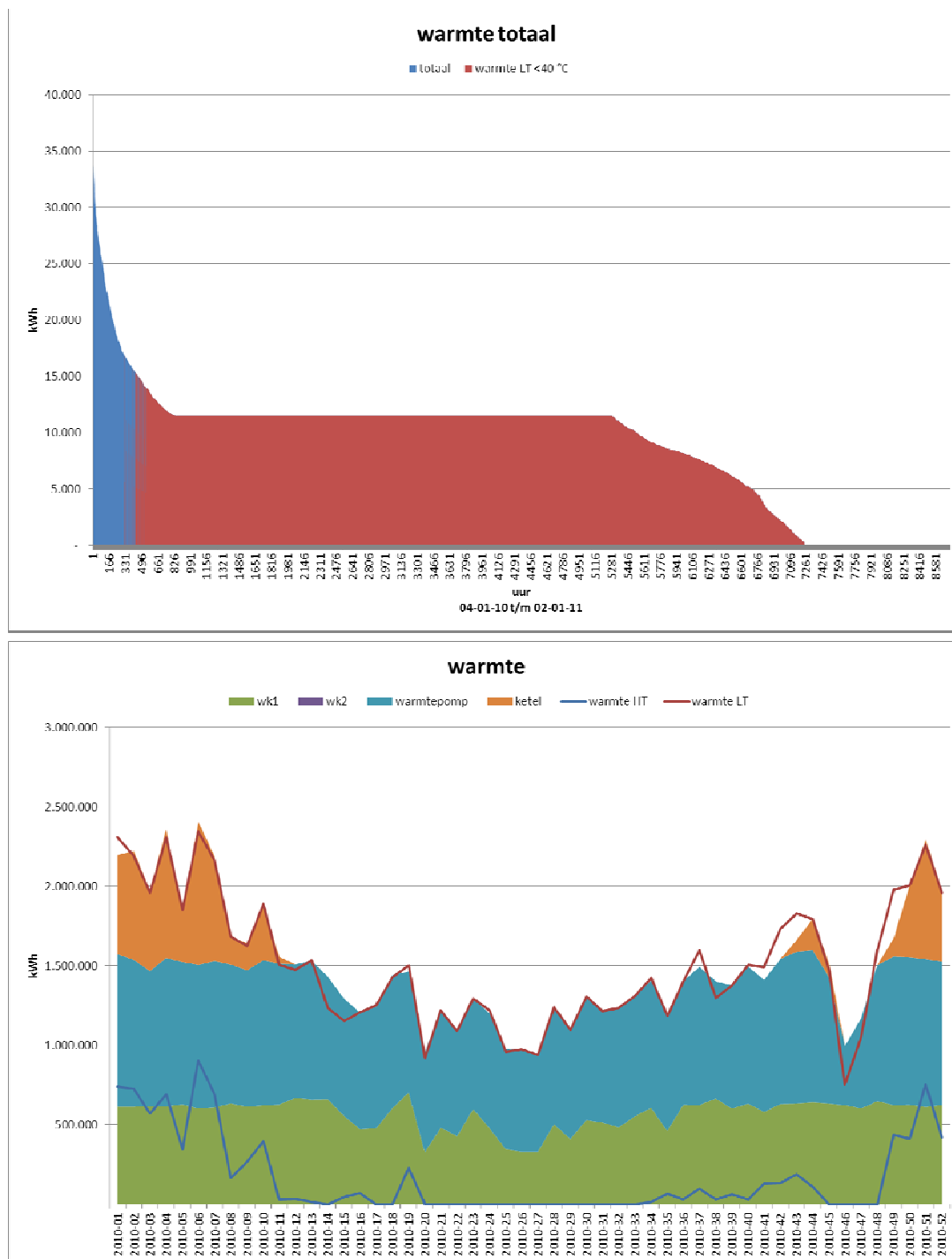


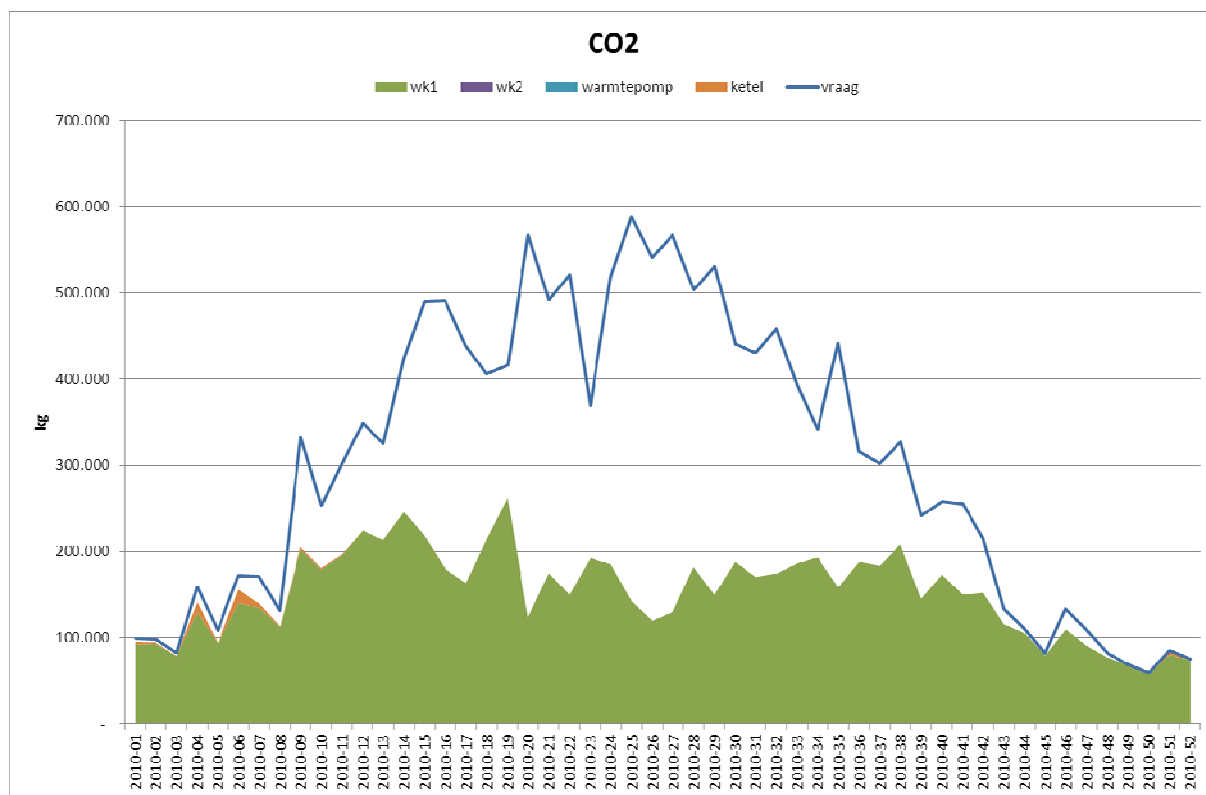


#2: Uitbreiding 5ha met ondiepe geothermie en één extra ketel

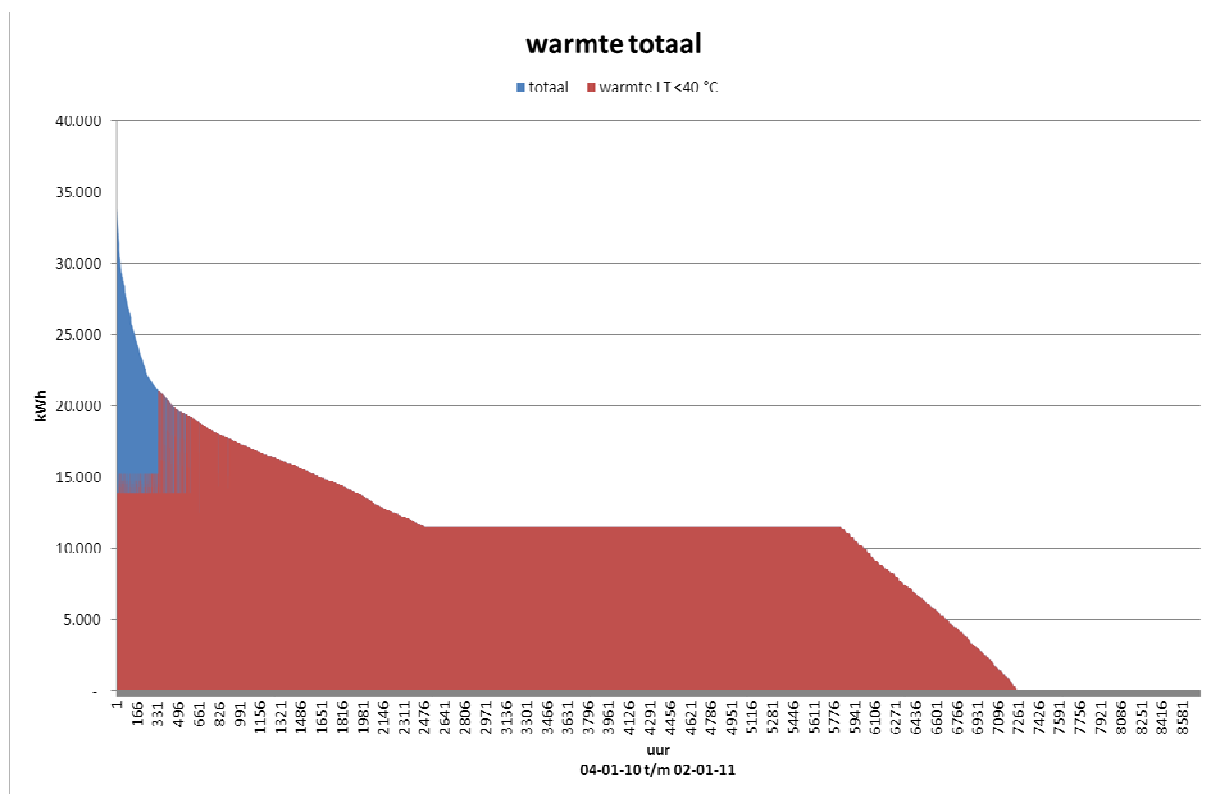


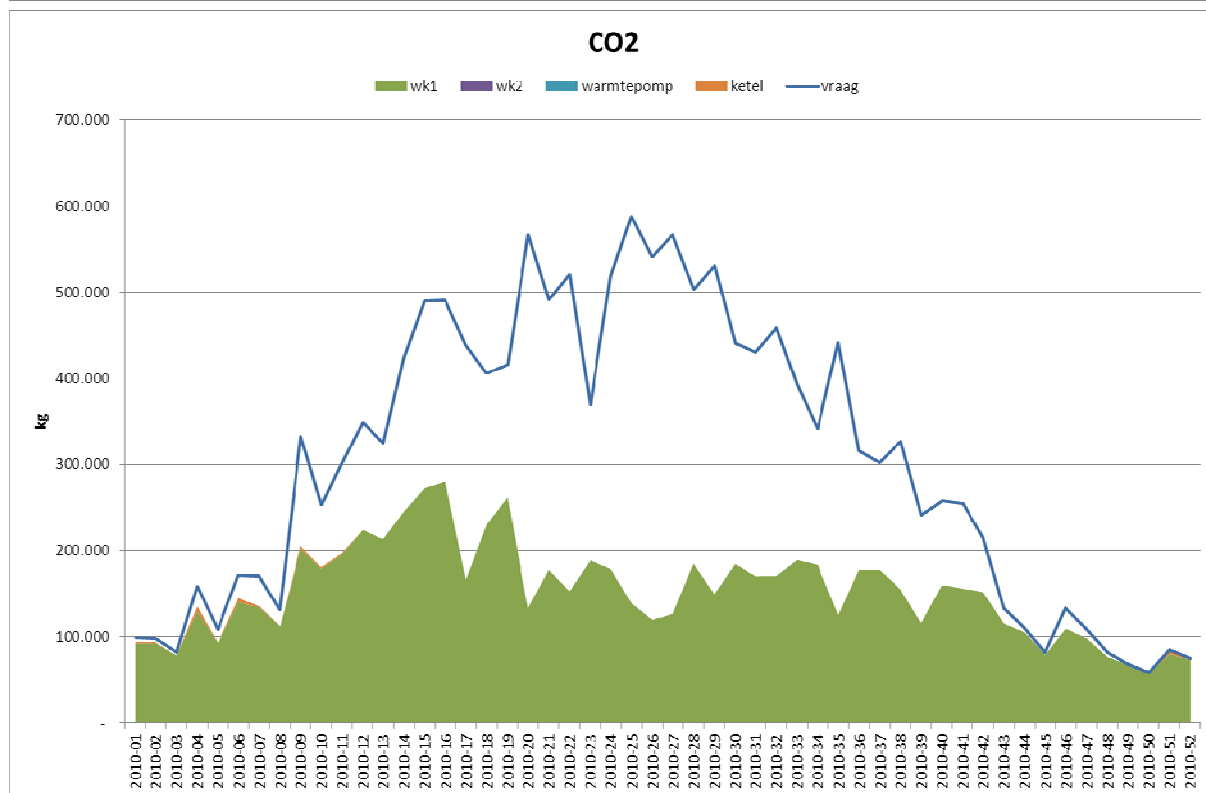
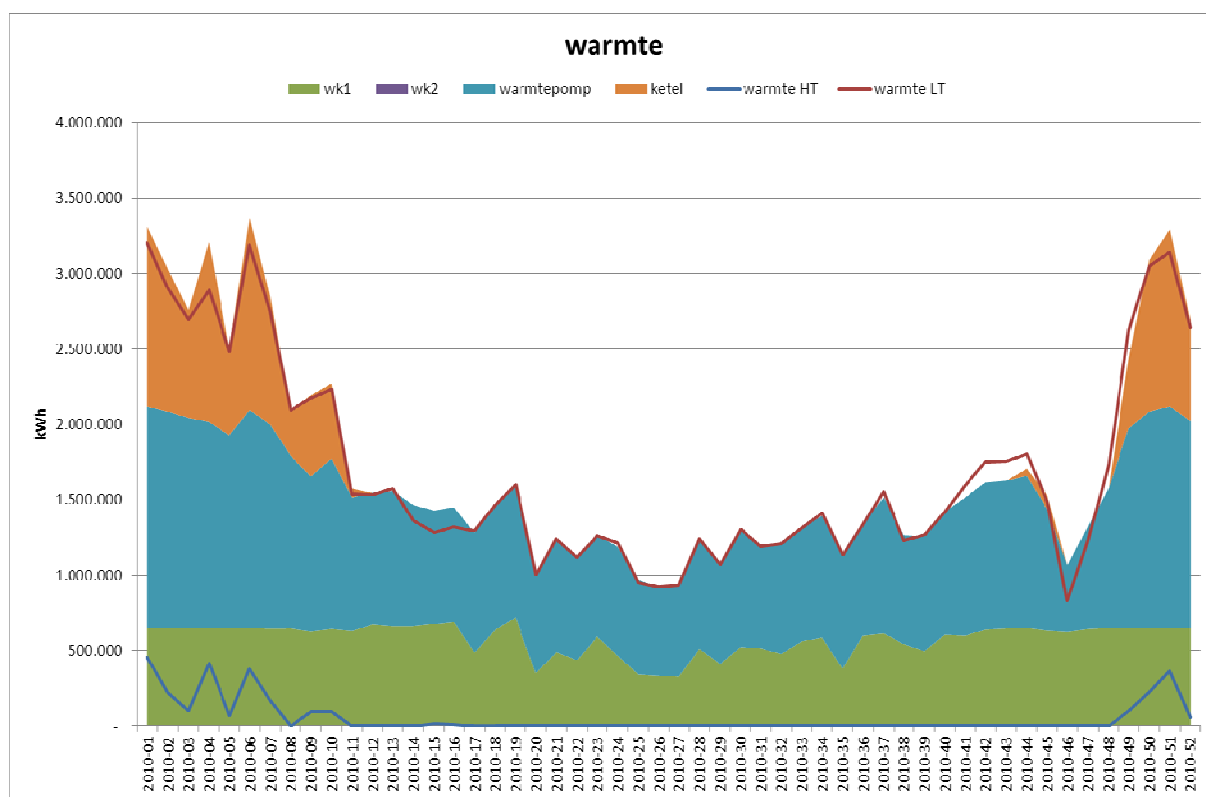
#3: Uitbreiding OGT, Warmtepomp en 2e scherm



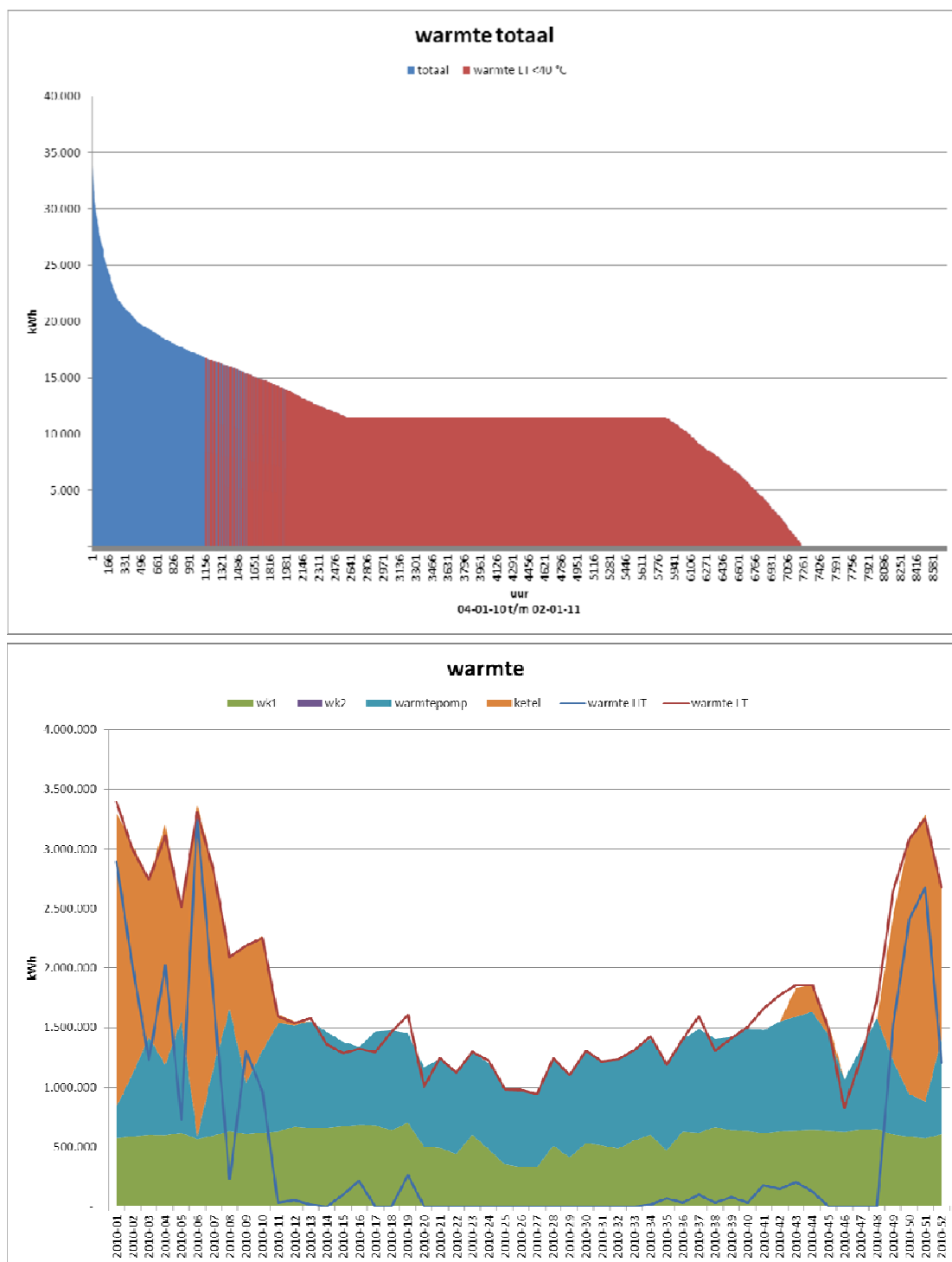


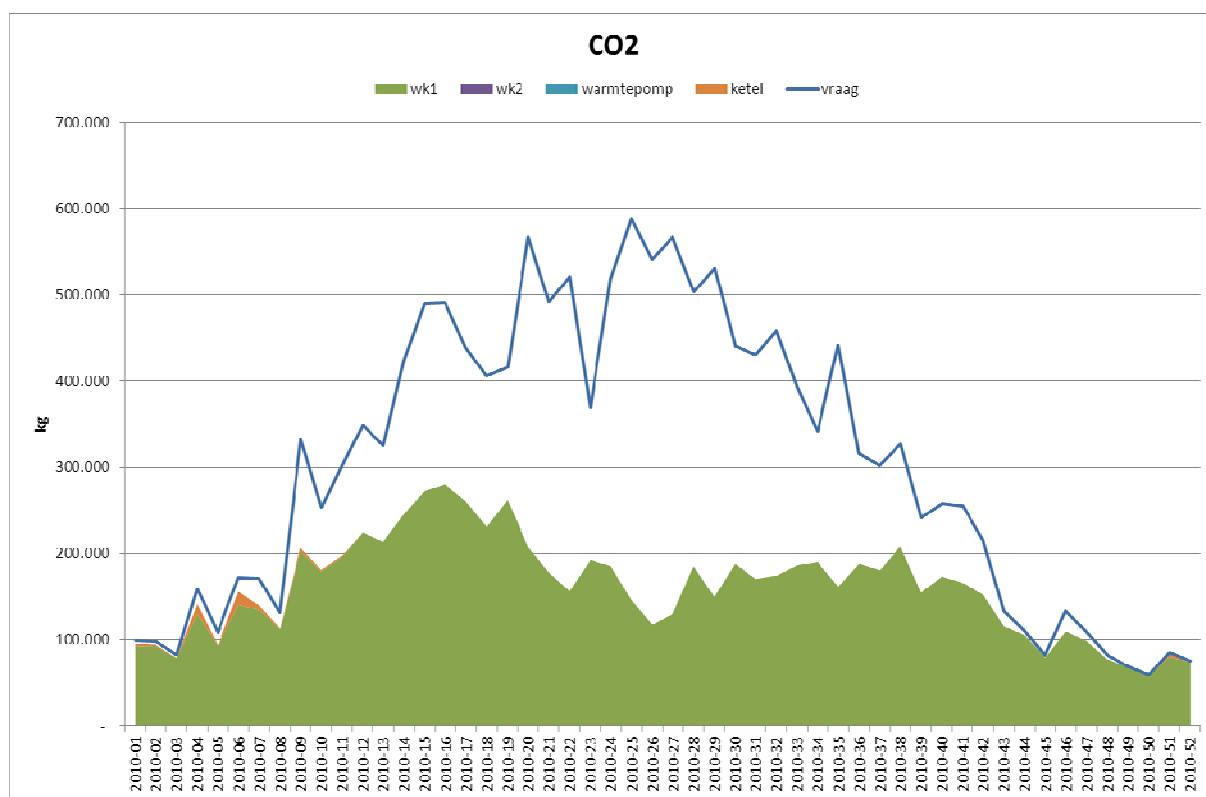
#4: Uitbreiding met OGT, Warmtepomp en lagetemperatuur (LT) net





#5: Uitbreiding met OGT en Warmtepomp





BIJLAGE G AANNAMES WARMTEPRIJSBEREKENING

Uitgangsgegevens warmteprijs- en CO₂-besparingspotentieel -berekening:

Op basis van een aantal uitgangsgegevens is een WKK warmteprijs berekend van 0,22 EUR/m³ ae (29 EUR / MWh). In onderstaande tabel 7 worden de uitgangsgegevens weergegeven van de warmteprijs- en CO₂ besparingspotentieel berekening.

Tabel 7 Uitgangsgegevens OGT-warmteprijsberekening (WKK en Ketel informatie)

Investeringsbedrag WKK	480 EUR/MWh
Bedrijfsuren WKK	4.000 uur/jaar.
Afschrijvingstermijn WKK en Ketel.	10 jaar
Aardgaskosten	0,25 EUR/m ³ ;
Opbrengst WKK Elektriciteit:	0,06 EUR/kWh.
WKK: elektrisch en thermisch rendement	42%; en resp. 50%,
ketel: thermisch rendement: .	90% (Hb)
Onderhoudskosten	1 EUR / MWh
Spark	20 EUR/MWh.

Geothermische bron:

- Voor het doublet is een afschrijvingstermijn van 20 jaar gekozen, met rentepercentage van 3%.
- Voor onderhoud is 15 KEUR / jaar + 2 EUR/bedrijfsuur opgenomen.
- In de uitgevoerde berekeningen wordt een deel van de warmtevraag ingevuld door OGT warmte in combinatie met een warmtepomp. Voor de OGT installatie wordt een investering van 250 KEUR verwacht.