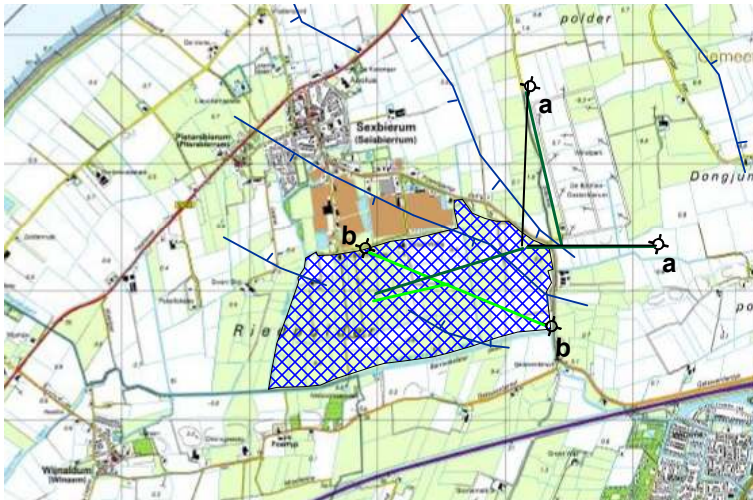


## Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

In deze studie worden de resultaten beschreven van een onderzoek dat uitgevoerd is naar de mogelijkheden van geothermie ten behoeve van een glastuinbouw gebied ten zuiden van Sexbierum. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van bureau Van de Geijn Partners, namens de provincie Fryslân en het projectbureau Westergozone. Deze studie is mede gefinancierd door een samenwerkingsverband tussen Noord-Nederland, EZ-Kompas, Ministerie van LNV en UILN-N. Het oppervlak van het eerst te ontwikkelen gebied bedraagt netto 120 ha.

Voor de studie is gebruik gemaakt van beschikbare gegevens over de ondergrond. Deze gegevens zijn afkomstig van reeds geboorde putten en exploratie boringen. Verder is gebruik gemaakt van regionale geologische studies en bestaande seismiek (2D analoog). De geologische inventarisatie heeft uitgewezen dat op een diepte van ca 3.050 m een zandlaag aanwezig is goed die geschikt is om warmte aan te onttrekken. De zandlaag is afgezet ten tijde van het Perm, maakt deel uit van de Rotliegend Groep en bestaat uit de Slochteren Formatie.

De dikte van de laag bedraagt circa 200 m en de temperatuur aan de bovenkant van de laag bedraagt meer dan 100°C. Onder de locatie bevindt zich een breukzone. Meer naar het Noord-Oosten bevindt zich een gebied waar de Slochteren zandsteen continu zonder breuken aanwezig is. Door de grootte van het terrein en de geologische gesteldheid onder het terrein zijn er verschillende boorconcepten mogelijk. Deze concepten zijn weergegeven in figuur a.



Figuur a: Mogelijke locaties putten en leidingen (licht groen en donker groen). De zwarte lijnen geven het traject van de gedeveierde putten aan.

De variant met de laagste investering bestaat uit het boren van twee verticale putten op het eigen terrein (locatie b). Hierbij komen de putten in het verbreukte gedeelte terecht. Een andere optie is om twee verticale putten buiten het eigen terrein te boren (locatie a). Hierbij ontstaan procedurele risico's vanwege leidingen die in de grond van derden moeten worden aangelegd. Een derde optie is op twee putten gedeveierd te boren vanaf de rand van het eigen terrein. Deze optie levert het minste risico op, maar geeft de hoogste prijs van geothermische warmte.

Diverse mogelijkheden om de putten aan te leggen zijn met elkaar vergeleken. Daaruit is gebleken dat de gedeveierde boring vanaf de rand van het eigen terrein de minste risico's oplevert. De benodigde terreinleiding kan bij deze optie op het eigen terrein geplaatst worden. De optie kan goedkoper gemaakt worden door eerst het oostelijke in plaats van het westelijke deel van het gebied te ontwikkelen.

Op basis van beschikbare gegevens over de permeabiliteit en dikte (doorlatendheid) wordt verwacht dat de formatie een minimale transmissiviteit (doorlaatvermogen) heeft van 11 Dm. Bij deze transmissiviteit kan een thermisch vermogen van 11 MW met een COP (verhouding tussen warmte geleverd en elektriciteit benodigd) van 23 geleverd worden. Dit betekent dat van de geproduceerde hoeveelheid warmte 95% duurzame warmte is.

Het thermisch vermogen uit een geothermisch doublet wordt bepaald door het verschil in temperatuur (tussen opgepompt en teruggepompt water) en het debiet (m<sup>3</sup>/uur water). De temperatuur is redelijk goed te voorspellen en kent slechts een klein risico op tegenvallers. Het grootste risico bij geothermie is dat de transmissiviteit van de laag waaruit water geproduceerd moet gaan worden tegenvalt. In dat geval wordt of het gewenste debiet en dus het gewenste vermogen niet gehaald, ofwel de COP (en daarmee het percentage duurzame warmte) loopt terug.

Er moet dan meer elektriciteit worden verbruikt om het gewenste vermogen te leveren. De inschatting van de genoemde 11 Dm is daarom van cruciaal belang. De ingeschatte waarde van 11 Dm voor de transmissiviteit is aan de voorzichtige kant.

## Financiële analyse

### Varianten

Om een indruk te krijgen in welke situatie geothermie een interessante warmtebron is, zijn een aantal verschillende varianten doorgerekend. De varianten zijn opgesteld door E-Kwadraat Advies en in de verschillende varianten wordt gevarieerd met de inbreng van een WKK, verlichting en CO<sub>2</sub>. Verder is iedere variant doorgerekend met de levering van warmte aan twee verschillende oppervlakten. Er is gerekend met een oppervlak van 15 ha en oppervlak van 60 ha. Deze oppervlakten zijn gekozen omdat één geothermische doublet bijna (99%) de gehele warmtevraag van 15 ha kan leveren en 60 ha een veelvoud is van 15 ha.

#### Variant 1

Dit is een variant waarbij een WKK geïnstalleerd wordt en de benodigde belichting door middel van LED's gedaan wordt. Door de toepassing van de WKK hoeft geen CO<sub>2</sub> ingekocht te worden en wordt reeds een deel van de warmtevraag ingevuld.

#### Variant 2

Bij deze variant wordt de gehele warmtevraag geleverd door geothermie. Doordat de warmte geleverd wordt vanuit de geothermie, dient alle benodigde CO<sub>2</sub> ingekocht te worden. In deze variant vindt geen belichting plaats. De hoeveelheid CO<sub>2</sub> die ingekocht moet worden bedraagt ongeveer 20 kg/m<sup>2</sup>.

#### Variant 3

In deze variant wordt in de belichting voorzien door middel de traditionele natriumlampen (SON-lampen). Deze lampen produceren veel warmte in verhouding tot de licht opbrengst. Voor de lampen is uitgegaan van een lichtopbrengst van 10.000 lux. Bij deze lichtintensiteit produceren de lampen zoveel warmte, dat de benodigde warmtelevering door geothermie beperkt is. Doordat in deze variant ook een WKK aanwezig is, hoeft geen CO<sub>2</sub> ingekocht te worden.

In de gevallen waarbij een WKK wordt toepast, bedraagt het vermogen van de WKK 400 kW<sub>e</sub>/ha. Dit betekent dat in het geval van SON-verlichting elektra ingekocht moet worden. Op jaarbasis is dit ongeveer 750.000 kWh/ha. Dit heeft geen invloed op de kostprijzen van een GJ warmte geleverd door de geothermische installatie.

In tabel 1 staat per variant weergegeven hoeveel warmte in m<sup>3</sup> aardgasequivalenten (AE) op jaarbasis geleverd wordt of moet worden door de WKK, verlichting en geothermie. In de tabel staat tevens weergegeven hoeveel CO<sub>2</sub> (in m<sup>3</sup> AE/jaar) ingekocht moet worden. Deze CO<sub>2</sub> hoeft alleen ingekocht te worden indien geen WKK aanwezig is. Door de extra warmteproductie van de SON lampen in vergelijking met de LED verlichting neemt de warmtevraag aan het geothermische systeem af.

Tabel 1 Warmtelevering/-vraag bij de verschillende varianten (in AE/m<sup>2</sup> per jaar)

variant	WKK	LED/SON	Geothermie	CO <sub>2</sub>
1 WKK, LED en geothermie (eigen CO <sub>2</sub> )	22,47	4,87	17,54	-
2 Geothermie en externe CO <sub>2</sub>	-	-	44,63	11,24
3 WKK, SON en geothermie (eigen CO <sub>2</sub> )	22,47	14,01	9,86	-

Op basis van de gegevens uit tabel 1 kan de warmtevraag aan het geothermische systeem bij een oppervlak van 15 en 60 ha berekend worden. Tevens kan voor variant 2 de benodigde inkoop van CO<sub>2</sub> berekend worden. De berekende warmtevraag aan het geothermische systeem en CO<sub>2</sub>-vraag zijn weergegeven in tabel 2. In de tabel is ook weergegeven hoeveel warmte één geothermische doublet bij de desbetreffende variant maximaal kan leveren. De warmte die niet door WKK en geothermie wordt geleverd moet door piekketels (gas) worden geleverd.

Tabel 2 Warmtevraag en -levering geothermie en warmteopslag (totale warmtevraag is 212 TJ voor 15 ha en 848 TJ voor 60 ha)

variant	oppervlak [ha]	warmtevraag na aftrek WKK en verlichting [TJ]	warmtelevering door geothermie [TJ]	duurzame warmtelevering [%]	CO <sub>2</sub> [ton]
1	15	83	83	37	-
	60	332	202	23	-
2	15	212	209	95	3.000
	60	848	326	37	12.000
3	15	47	47	22	-
	60	187	152	17	-

Het percentage duurzame energie is berekend door de warmtelevering van het geothermische doublet te delen door de totale warmtevraag. Dit percentage wordt verminderd met het elektra verbruik van de pompen. Het elektraverbruik van de pompen volgt direct uit de COP.

### Financiële uitgangspunten

De kosten voor 2 gedeveerde putten worden geraamd op € 13,1 miljoen. De kosten voor het leidingwerk, engineering, vergunningen en de overige voorzieningen tot het punt waar de warmte de kassen in gaat worden geraamd op € 1,8 miljoen. De totale investeringsraming komt hiermee op € 14,9 miljoen (excl. BTW en excl. eventuele piekketels, WKK, etc.). Twee verticale putten op het eigen terrein (incl. bovengrondse voorzieningen) vragen een investering van € 13,8 miljoen.

### Kostprijs warmte

Door middel van een netto contante waarde berekening is voor elke variant, aan de hand van de jaarlijkse cashflow, berekend wat de kostprijs per geleverde GJ is. Uitgangspunt voor de berekening is dat een rendement van 6% over een looptijd van 30 jaar wordt behaald.

In tabel 3 is de kostprijs van warmte die voor de verschillende scenario's is berekend weergegeven. In de tabel staan de kostprijzen genoemd op basis van twee putten op het eigen terrein (laagste investering) en op basis van twee gedeveerde boringen (minst risicovolle). De kostprijs van warmte op basis van aardgas bedraagt circa € 7,90 voor een GJ. Deze prijs is inclusief energiebelasting, maar exclusief investeringen en afschrijvingen voor een ketel. Indien een WKK gebruikt wordt zakt de kostprijs van warmte met circa 30% tot ongeveer € 5,55 voor een GJ.

Tabel 3 Overzicht financiële analyse

variant	oppervlak. [ha]	kostprijs warmte vert. putten [€/GJ]	kostprijs warmte gedev. putten [€/GJ]
1	15	13,39	14,37
	60	6,19	6,60
	120	5,34	5,87
2	15	7,68	8,06
	60	8,64	8,88
3	15	22,73	24,45
	60	7,86	8,39

Voor de berekeningen in tabel 3 is uit gegaan van een afschrijvingsperiode van 30 jaar. Vanuit het economische oogpunt is het gunstig om een geothermisch doublet zoveel mogelijk uren per jaar in bedrijf te laten zijn. Voor variant 1 is daarom ook gekeken naar de warmtelevering uit één geothermisch doublet aan 120 ha.

In tabel 4 staan de kostprijzen van warmte weergegeven voor variant 1 bij 60 ha indien wordt uitgegaan van een andere afschrijvingsperiode.

Tabel 4 Invloed lengte afschrijvingsperiode op GJ-prijs

afschrijvingsperiode [jaar]	GJ-prijs [€]
30	6,19
20	7,28
15	8,57

De GJ-prijzen gepresenteerd in tabel 4 zijn berekend door ervan uit te gaan dat de NCW na de looptijd nul moet zijn. In de praktijk gaat het systeem veel langer mee dan bijvoorbeeld 15 jaar. Dit betekent dat de restwaarde na 15 jaar geen nul is. Uit praktijk gegevens blijkt dat de levensduur van een geothermisch systeem zeker 30 tot 40 jaar kan bedragen.

### Conclusies en aanbevelingen

Geothermie blijkt voor het glastuinbouwgebied in Sexbierum een grote bijdrage te kunnen leveren aan duurzame energie voor verwarming van de kassen. Geothermie vraagt echter relatief grote investeringen in de putten, maar daarna zijn de exploitatiekosten voor het produceren van de warmte zeer laag. De kosten van geothermie bestaan dus vooral uit rente en afschrijving. Daarom is het economisch voordelig zo veel mogelijk uren per jaar warmte te produceren middels geothermie.

Uit de financiële analyse die is uitgevoerd voor een aantal verschillende varianten blijkt dat de GJ prijs varieert tussen € 6,19 en € 24,45. De variant waarbij de basislast warmtevraag wordt ingevuld door geothermie bij een oppervlak van 60 ha, gecombineerd met WKK en LED verlichting, levert de laagste GJ-prijs. In feite komt het er op neer dat de kostprijs van geothermie daalt naarmate er meer uren per jaar gebruik van wordt gemaakt. Daar staat tegenover dat het percentage duurzame warmte in de totale warmtevraag daalt naarmate geothermie meer in de basislast staat en dus meer warmte met andere middelen geleverd moet worden. In de economisch optimale variant, variant 1 waar geothermie de warmte levert voor 60 ha, is de afgeleverde geothermische warmte duurder dan in vergelijking met een WKK installatie, zelfs wanneer over 30 jaar wordt afgeschreven. Bij een afschrijving van 30 jaar benadert de geothermische warmteprijs de kostprijs van warmte uit de WKK (ca. € 5,55 /GJ). Naarmate de afschrijvingstermijn verkort wordt, wordt de kostprijs van geothermie navenant hoger (zie tabel 4). Geothermie heeft echter een aantal grote voordelen ten opzichte van WKK:

- De kostprijs van de warmte uit geothermie is goed voorspelbaar, in tegenstelling tot de kostprijs van warmte uit WKK.
- In toenemende mate blijkt het terugleveren van elektriciteit aan het net niet meer mogelijk vanwege een tekort aan capaciteit op het net. In dat geval wordt WKK economisch gezien minder aantrekkelijk.

Door de benodigde inkoop van CO<sub>2</sub> komt de meest duurzame variant (variant 2: warmtevraag volledig gedekt d.m.v. geothermie) niet als economisch gunstigste uit. Indien de CO<sub>2</sub> voor een prijs lager dan € 0,07/kg verkregen kan worden is de kostprijs van deze variant echter wel vergelijkbaar met die van variant 1 met 60 ha.

Bij de berekeningen is geen rekening gehouden met een eventuele Energie Investering Aftrek (EIA), een SDE-vergoeding voor warmte die in de toekomst misschien ingevoerd gaat worden, of andere subsidies. Ook is geen rekening gehouden met een eventuele gunstige ontwikkeling van het prijspeil van de boorkosten door een toename van het aantal geothermie projecten in Nederland.

Geconcludeerd kan worden dat geothermie in potentie een grote bijdrage kan leveren in duurzame energievoorziening en zeer geschikt is voor de toepassing in de glastuinbouw. De kostprijs is echter, op basis van huidige inzichten, licht hoger dan een WKK. Daar staat echter tegenover dat een geothermiebron over een zeer lange periode, tegen vaste kosten, energie levert.

Uit een studie die is uitgevoerd door Ecofys (Duurzame warmte en koude 2008-2020: potentiëlen, Barrières en Beleid) blijkt geothermie de meest rendabele vorm van duurzame energie is om CO<sub>2</sub> te besparen.

De locatie Sexbierum leent zich uitstekend voor de toepassing van geothermie vanwege twee redenen: de bodemopbouw is uitstekend geschikt (hoge transmissiviteit) en glastuinbouw is bij uitstek een geschikte toepassingsmarkt voor geothermie vanwege de zeer hoge warmtevraag per ha.

Knelpunten (en oplossingen) op weg naar toepassing van geothermie voor deze locatie zijn als volgt:

- De grote investering die nodig is voor geothermie moet over een lange termijn worden afgeschreven omdat de levensduur van een geothermisch doublet 30 jaar bedraagt. Tuinders denken veelal in kortere afschrijvingstermijnen, maar ook als de tuinder vertrokken is zal er hoogstwaarschijnlijk nog steeds warmtevraag zijn. Als het geen glastuinbouw is, dan is het wel andere bebouwing. Dit knelpunt kan misschien worden opgelost door andere investeerders te zoeken en leveringscontracten met tuinders af te sluiten. De overheid kan hier misschien ook zelf een rol spelen, zoals in het geothermie project in Den Haag.
- Vanuit economisch oogpunt is een laag geothermisch vermogen voor veel ha en zo veel mogelijk uren per jaar leveren, de voordeligste optie. Nadeel is dat het percentage duurzame energie dan relatief laag wordt. Vanuit duurzaamheid gedacht is de beste optie om alle warmte met geothermie te leveren. Nadeel is dat de kostprijs van warmte dan relatief hoog wordt. Dit knelpunt is oplosbaar door de kosten van duurzaamheid op een of andere manier te compenseren: via de grondprijs, investerings-subsidies of exploitatiesubsidies.

Een plan van aanpak voor het vervolg zou er als volgt uit kunnen zien:

- Afspraken maken met alle betrokkenen over inpassing en financiering van geothermie;
- Opzetten van een juridische en financiële structuur waarin geothermie een plek krijgt (bijvoorbeeld een warmtebedrijf);
- Definitief maken van uitgangspunten en randvoorwaarden aan geothermie;
- Uitvoeren aanvullend geologisch onderzoek, aanvragen vergunningen en maken definitief ontwerp;
- Realisatie;
- Exploitatie.