

met geothermische mogelijkheden, maar de kennis van de ondergrond is beperkt en het risico op een mislukt doublet mogelijk hoog (zie onderzoeksrapport).

- Is de uitkomst van stap 1 positief, dan volgt een haalbaarheidsstudie. Omdat de inventarisatiestudie slechts resultaten op regionale schaal oplevert, hebben die waarden een grote onzekerheid. Een haalbaarheidsstudie kijkt ter plaatse naar onder andere de dikte, diepte en temperatuur om het mogelijke vermogen te bepalen. Een haalbaarheidsstudie kost ongeveer 20.000 euro en neemt zo'n 2 maanden in beslag.
- Biedt de locatie volgens de haalbaarheidsstudie een goede kans op een succesvol geothermisch doublet, dan kunt u een exploratievergunning aanvragen bij het ministerie van Economische Zaken. Daarmee mag u een exploratieboring plaatsen binnen een vooraf bepaald oppervlak. Maar eerst moet er nog een geologische detailstudie plaatsvinden om de ondergrond zo gedetailleerd mogelijk in kaart te brengen. De kosten daarvan liggen rond de 100.000 euro.
- Op basis van de uitkomsten van de geologische detailstudie bepaalt u of en waar de eerste boring wordt geplaatst. Deze boring geeft de werkelijke eigenschappen van het gesteente weer. Blijkt hieruit dat een geothermisch doublet succesvol zal zijn, dan kunt u een winningsvergunning aanvragen. Het totale traject neemt ongeveer 18 maanden in beslag.
- Een geothermisch doublet bestaat uit een

productieput en een injectieput. U moet dus twee putten boren. Voordeel is wel dat u de exploratieboring kunt gebruiken voor zowel de productieput als de injectieput.

Financiering van de deelonderzoeken loopt doorgaans via een 'go/no go-regeling'.

Hoge investeringen, lage operationele kosten

De initiële investeringskosten voor een geothermisch doublet zijn hoog. Daar staat tegenover dat de operationele kosten voor geothermische bronnen, in vergelijking met gasgestookte warmtelevering, laag zijn. Het grootste deel van de investering zit in het boren van putten: een diepe put boren kost 1.000 tot 1.500 euro per geboorde meter. Afhankelijk van de diepte komt dat neer op 1 tot 4,5 miljoen euro per put. Daar komen nog investeringen in een pomp en een warmtewisselaar van enkele honderd- duizenden euro's bij. En als de gewonnen aardwarmte woningen moet verwarmen, is wellicht ook een nieuw warmtedistributie-netwerk nodig. Dat komt op zo'n 2.000 euro per woning. Voordeel is wel dat investeringen in gasgestookte ketels achterwege kunnen blijven.

ThermoGIS van TNO

De grote rijkdom aan gegevens uit de olie- en gasindustrie geeft Nederland de bijzondere positie om boven- en ondergrondse kennis en

informatie te bundelen. Om het bedrijfsleven en de overheid te ondersteunen bij het toepassen van warmte- en koudeopslag, 'diepe' geothermie en 'ultra-diepe' geothermie (elektriciteitswinning) werkt TNO aan een geothermisch kennis-, informatie- en modelleersysteem: ThermoGIS. Daarin zitten alomvattende digitale modellen van relevante gegevens, zoals de temperatuur en locatie van watervoerende pakketten, verwachte permeabiliteiten, aanwezige drukken en mogelijke compartimentalisatie, de aanwezigheid van actieve breuken en geochemische en geomechanische eigenschappen.

ThermoGIS kan worden gebruikt voor haalbaarheidsstudies, gedetailleerde vervolgstudies en beleidsmatige analyses voor de (ondergrondse) ruimtelijke ordening van toekomstige geothermische doubletten. TNO gaat het systeem koppelen aan informatie-systeem DINO en Techno-Economische Performance Assessment (TEPA) tools, die het eerder heeft ontwikkeld. ThermoGIS komt beschikbaar via de website van TNO (www.tno.nl) en www.thermogis.nl.

Geothermie

TNO Bouw en Ondergrond *Geological Survey of the Netherlands* is het centrale geowetenschappelijke informatie- en onderzoekscentrum van Nederland, ten behoeve van het duurzaam beheer en gebruik van de ondergrond en de ondergrondse natuurlijke bestaansbronnen.

TNO Bouw en Ondergrond *Geological Survey of the Netherlands*

Princetonlaan 6
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

T 030 256 47 50
F 030 256 47 55
E leslie.kramers@tno.nl

tno.nl



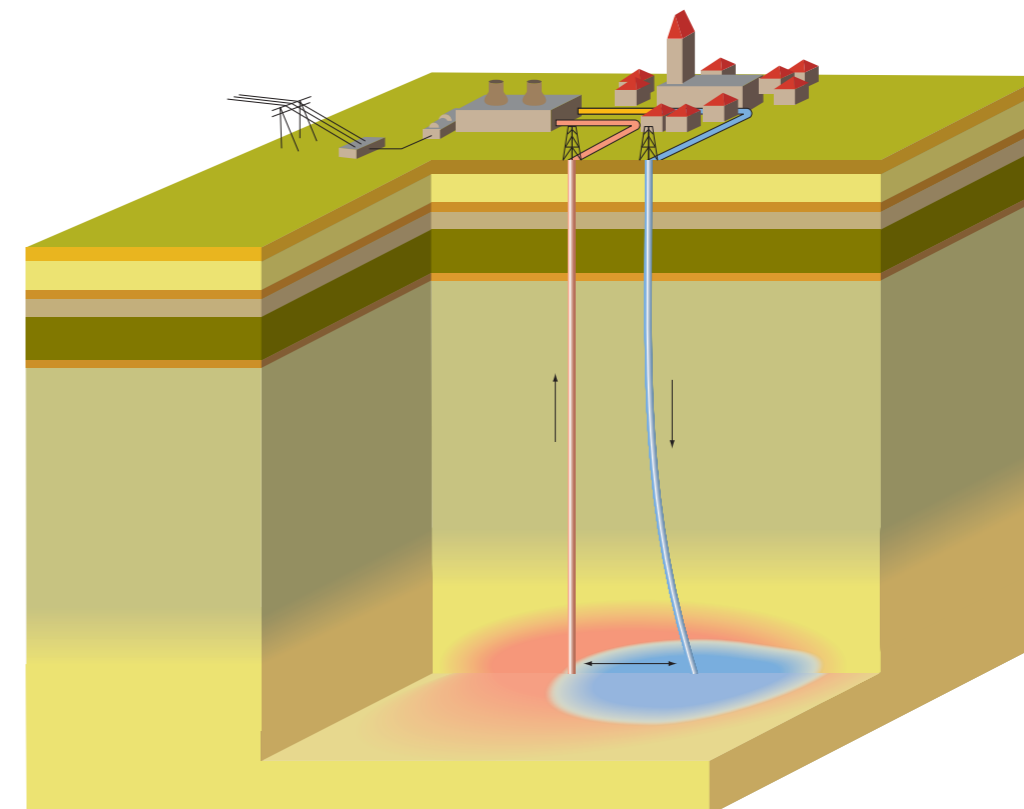
Inventarisatie naar potentie van de ondergrond voor Geothermie Aardwarmte in provincie Noord-Brabant

De aarde is een continue warmtebron. In sommige vulkanische gebieden, bijvoorbeeld in Italië en IJsland, vindt al meer dan honderd jaar warmtewinning plaats uit bronnen die dicht tegen het aardoppervlak liggen. Zulke ondiepe warmtebronnen heeft Nederland niet, maar dieper in de aardkorst neemt de temperatuur wel toe. Die warmte kunnen we winnen door water op te pompen uit diepe watervoerende lagen. Dat maakt aardwarmtewinning ook in Nederland rendabel.

Afhankelijk van hun diepteligging lenen watervoerende lagen in de ondergrond zich voor verschillende energie-toepassingen. Tot een diepte van ongeveer tachtig meter is warmte- en koudeopslag (WKO) mogelijk. Vanaf een diepte van duizend meter lenen watervoerende lagen zich ook voor aardwarmtewinning. We spreken dan van geothermie. Deze diepe watervoerende lagen komen vrijwel overal in Nederland voor. Het is alleen mogelijk om daar economisch rendabel aardwarmte uit te winnen als zij genoeg op te pompen water bevatten én als dat water een voldoende hoge temperatuur heeft. Ter illustratie: om vierduizend woningen te verwarmen heb je ongeveer vijfduizend m³ warm water per dag nodig.

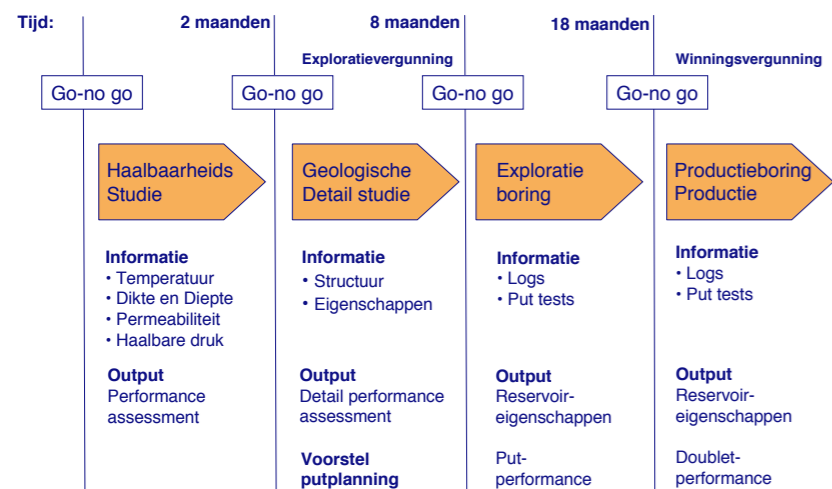
Aardwarmtewinning: het geothermisch doublet

Hoe werkt aardwarmtewinning precies? Het warme water in de diepe laagpakketten wordt via een put omhoog gepompt. Eenmaal boven gaat het door een warmtewisselaar die de warmte eruit haalt. Daarna wordt het water via een andere put weer geïnjecteerd in de laag waar het vandaan kwam.



Figuur 1. Schematische weergave van een 'geothermisch doublet'. Warm water wordt opgepompt, de warmte wordt eraan onttrokken en het afgekoelde water wordt weer geïnjecteerd in het waterhoudende laagpakket.

Figuur 6. Een schematisch overzicht van het onderzoekstraject om uiteindelijk een geothermisch doublet te kunnen realiseren.



Onderzoek in opdracht van de Provincie Noord-Brabant

Het terugpompen van het afgekoelde water is essentieel. Aangezien dit water vaak een zeer hoog zoutgehalte heeft, is lozing aan de oppervlakte niet gewenst. Bovendien houdt het teruggepompte water de druk in het watervoerende pakket in stand. Daar wordt het geleidelijk weer opgewarmd onder invloed van de warmte van het omringende gesteente.

Aardwarmtewinning in Noord-Brabant

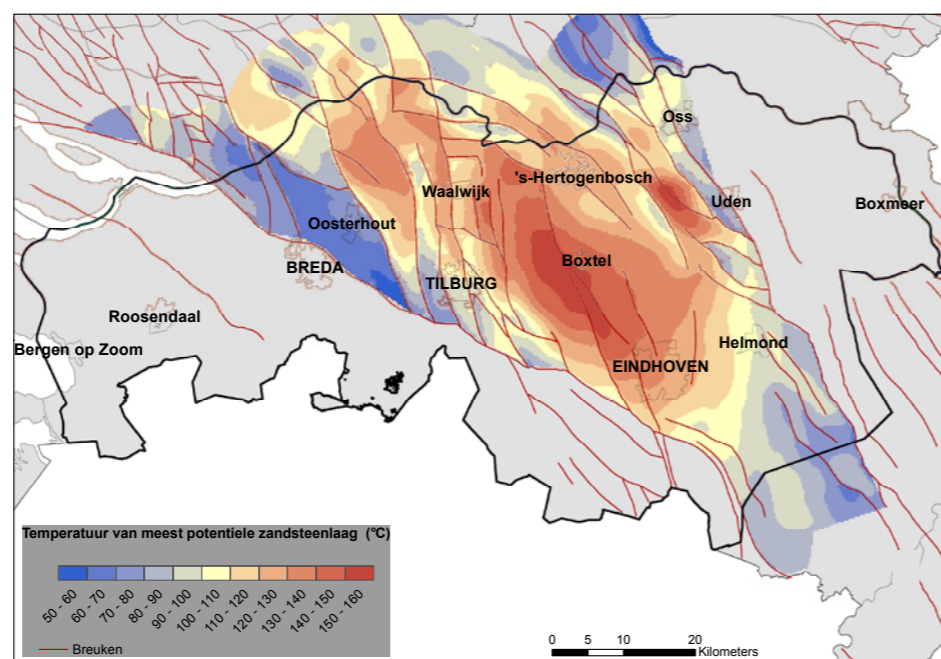
Hoe dieper je in de ondergrond komt, hoe warmer het wordt. In de ondergrond van de provincie Noord-Brabant stijgt de temperatuur met 34°C per kilometer. Dit betekent dat vanaf een diepte van duizend meter de watertemperaturen hoog genoeg zijn voor 'lage temperatuur aardwarmte-winning'. Tenminste, als het watervoerend pakket dik en doorlatend (permeabel) genoeg is. Want die twee factoren bepalen samen met de watertemperatuur het vermogen van een geothermische installatie. Daarom komen in de praktijk alleen dikke en goed doorlatende zandsteenpakketten in aanmerking voor winningsprojecten.

Met een temperatuurgradiënt van 34°C per kilometer kan de temperatuur in lagen die dieper liggen dan 4.500 meter, oplopen tot wel 150°C. Figuren 2 en 3 geven respectievelijk de verwachte temperatuur en diepte weer van het gesteente met ogenschijnlijk de meeste geothermische potentie. Binnen het afgebakende gebied, grofweg de driehoek Geertruidenberg-Oss-Deurne, lenen meerdere aardlagen zich mogelijk voor aardwarmtewinning. Daarbuiten zijn minder aardlagen geschikt of is hun potentie onzeker.

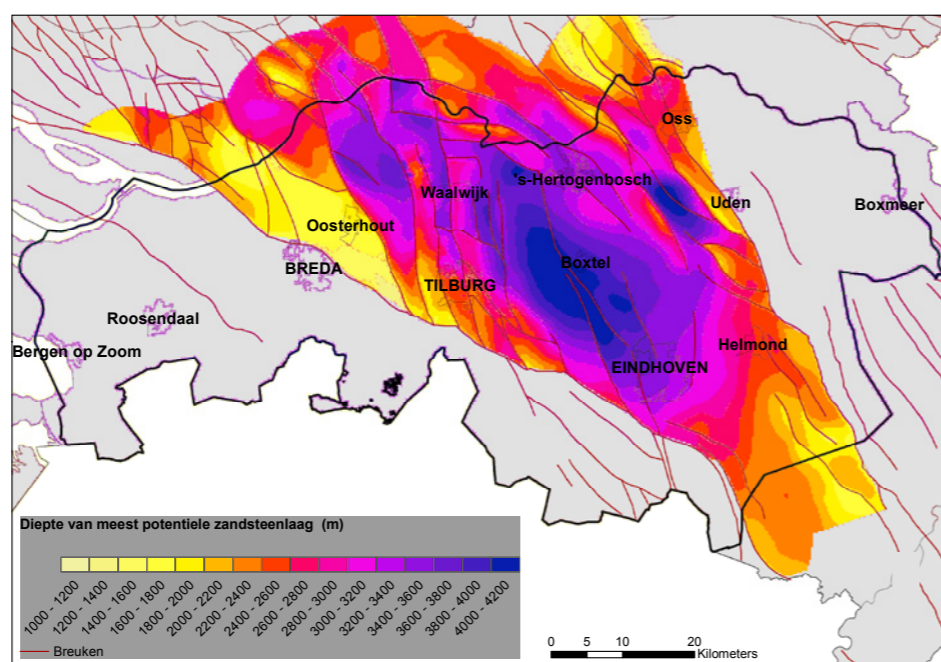
De ondergrond geïnventariseerd...

Om te berekenen in hoeverre watervoerende pakketten in de diepe Noord-Brabantse ondergrond geschikt zijn om warmte uit te winnen voor woningen en glastuinbouw is een inventarisatiestudie uitgevoerd. De onderzoekers gingen ervan uit dat circa een derde van de warmte in de ondergrond daadwerkelijk kan worden onttrokken. Een ander uitgangspunt was dat water met een

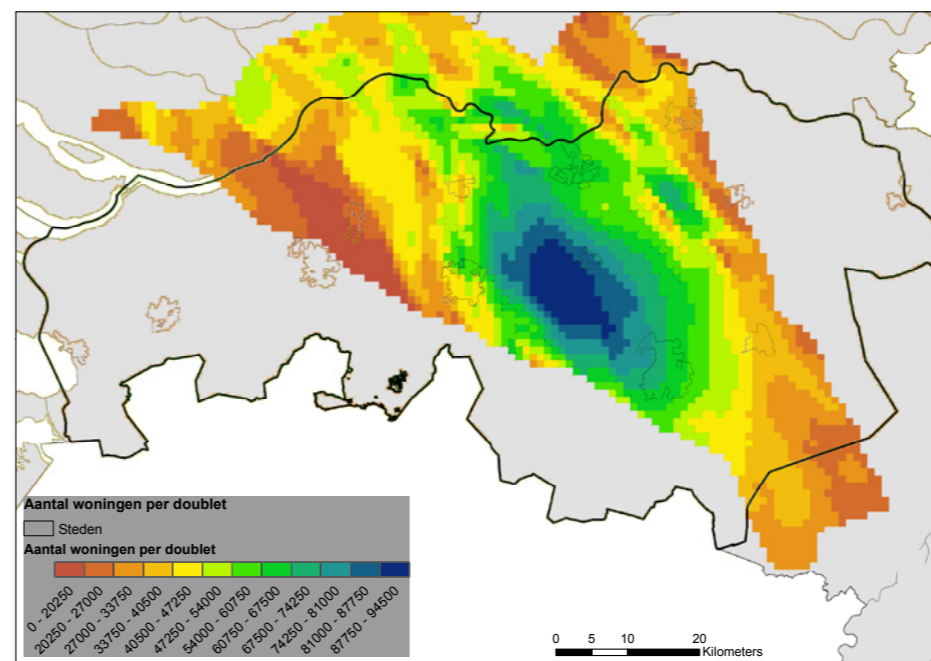
temperatuur van minder dan 40°C terug de ondergrond in gaat. Figuren 4 en 5 laten zien hoeveel woningen en hectare glastuinbouw theoretisch van aardwarmte kunnen worden voorzien op basis van uitnutting over 100 jaar. De berekeningen gaan ervan uit dat de doorlatendheid van de aquifer geen beperkingen oplevert om de warmte via putten te winnen. In de praktijk zijn hier wel beperkingen te verwachten, maar omdat het ontbreekt aan concrete gegevens daarover, zijn deze niet meegenomen in de berekening.



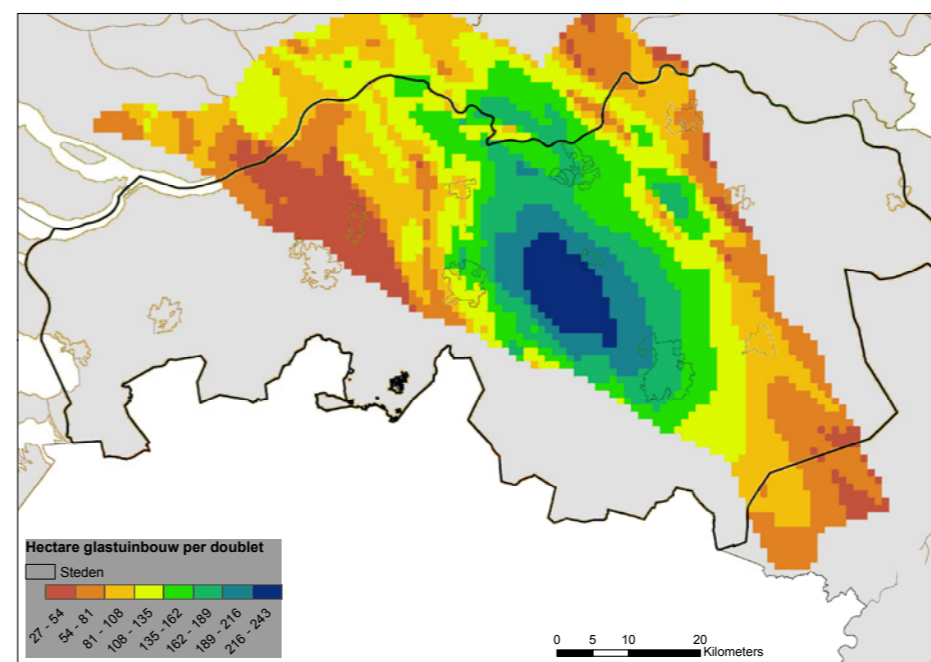
Figuur 2. Temperatuurkaart van de aardlaag met de meeste potentie voor aardwarmtewinning in Noord-Brabant.



Figuur 3. Diepte van in de meest belovende waterhoudende laag in Noord-Brabant.



Figuur 4. Aardwarmtepotentie van de meest belovende waterhoudende laag, omgerekend naar het aantal woningen dat theoretisch honderd jaar lang kan worden voorzien van warmte.



Figuur 5. Aardwarmtepotentie van de meest belovende waterhoudende laag, omgerekend naar het aantal hectare glastuinbouw dat theoretisch honderd jaar lang kan worden voorzien van warmte.

...en gedetailleerd in kaart

Voordat het mogelijk is een geothermisch doublet te realiseren, moet de ondergrond voor een locatie eerst gedetailleerd in kaart worden gebracht. Vooral de eigenschappen van het watervoerend pakket zijn in zo'n detailstudie van belang: is het permeabel,

porous en dik genoeg om er voldoende water aan te kunnen onttrekken? Interpretatie van putinformatie uit de omgeving moet die vragen beantwoorden.

Van plan tot productie

Wie een geothermisch doublet wil realiseren, moet in een onderzoekstraject een aantal stappen doorlopen. Figuur 6 geeft dit stappenplan schematisch weer. Het doel van dit onderzoekstraject is tweeledig. Het moet in de eerste plaats uitwijzen of het gewenste vermogen voor een bepaalde locatie te realiseren is. Daarnaast minimaliseren de onderzoeken het risico op een tegenvallend debiet en dus vermogen. Het gewenste vermogen hangt onder andere af van de toepassing van de gewonnen warmte. Voor glastuinbouw is een temperatuur vanaf ongeveer 40°C al rendabel, terwijl voor (nieuw-bouw)woningen een temperatuur vanaf ongeveer 75°C pas geschikt is. De temperatuur neemt toe met de diepte, maar dat geldt ook voor de kosten van het boren van de putten. Die nemen verreweg het grootste deel van de investeringen voor hun rekening: 1.000 tot 1.500 euro per geboorde meter. Bij ieder project moet dus een afweging worden gemaakt: hoe diep kan er worden geboord om het project rendabel te maken? Als de temperatuur in een relatief ondiepe laag al voldoende vermogen kan leveren, is het niet nodig om een diepere, warme laag aan te boren.

Stappenplan

U wilt als woningcorporatie, gemeente of glastuinbouwer op duurzame wijze energie opwekken. Hoe pakt u dat aan? Onderstaand stappenplan beschrijft het onderzoekstraject dat u moet doorlopen (zie ook figuur 6).

1. Het is van belang om eerst na te gaan hoeveel warmte u nodig heeft. Met andere woorden: hoeveel vermogen moet u uit de ondergrond onttrekken? Ruwweg kunnen we stellen dat een warmtevraag van 100.000 GJ per jaar het minimum is voor een rendabele toepassing. Om na te gaan of de ondergrond op uw locatie daarvoor voldoende potentie heeft, kunt u een inventarisatierapport aanvragen bij de provincie. Let wel, de kaarten in deze folder en inventarisatierapport brengen de meeste waarschijnlijke regio's met potentie voor geothermie in beeld. Buiten deze regio's liggen wellicht ook gebieden