

Van beregeningsbron naar open bodemenergiesysteem

Door de energietransitie zijn bedrijven en particulieren op zoek naar een duurzame energieoplossing voor koelen en verwarmen en het liefst ook een kostenbesparing. Bodemenergie is daarbij een energetisch efficiënte methode, maar vraagt om een relatief grote investering. Om de kosten te reduceren wordt waar mogelijk gebruik gemaakt van reeds beschikbare bronnen. Een voorbeeld is het ombouwen van een bestaande beregeningsbron naar een open bodemenergiesysteem ten behoeve van een woning. Dit ontwerp van een dergelijke aanpassing kent andere randvoorwaarden, mogelijkheden en risico's ten opzichte van een nieuw te installeren open bodemenergiesysteem.

In Noord-Brabant heeft CRUX Engineering de bodemzijkant van een open bodemenergiesysteem ontworpen, waarbij een bestaande beregeningsbron diende als uitgangspunt. Groot voordeel is dat de kosten voor de boring in het verleden al gemaakt zijn, wat de investeringskosten sterk reduceert. Nadeel is dat gewerkt moet worden met de kenmerken van de reeds bestaande bron. De beregeningsbron kent enkel een brondiepte van 17 m-mv en een filterlengte van 5 meter. Daarnaast is de afstand tussen de bronnen door de kavelgrenzen maximaal 25 meter.

De eigenschappen van de bestaande bron brengt uitdagingen voor het ontwerp van de energietoepassing:

- Beperkt onttrekkingsdebiet door een klein filteroppervlakte;

- Mogelijk mixen van warmte/koude bron door de korte afstand;
- Veel energieverlies aan de bodem door dispersie als gevolg van het beperkte volume;
- Grote kans op onbalans door het pandtype (woning).

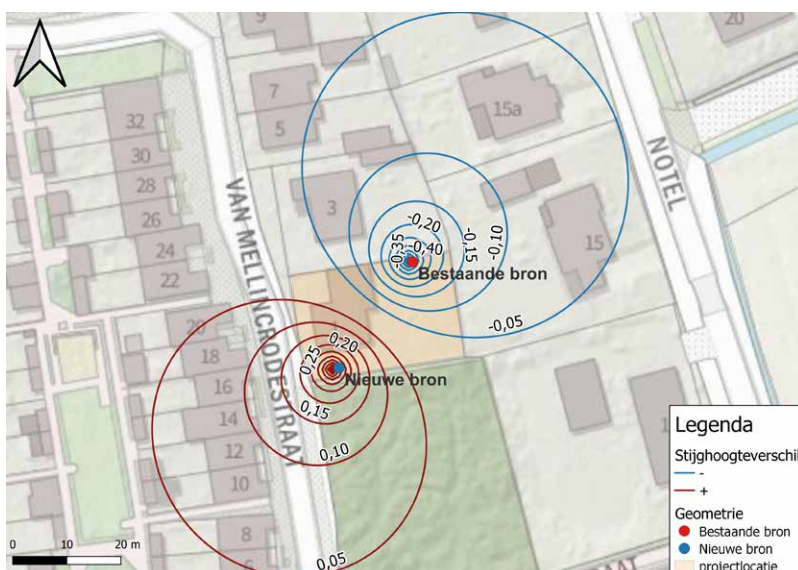
Bronstelsel en geohydrologische eigenschappen

In tegenstelling tot een standaardontwerp voor een bodemenergiesysteem is niet de energievraag van de woning maatgevend, maar de capaciteit van de onttrekkings- en retourbron. De verstopping is berekend volgens de vergelijkingen beschreven in protocol 11001 (BRL 11000) voor een retourbron.

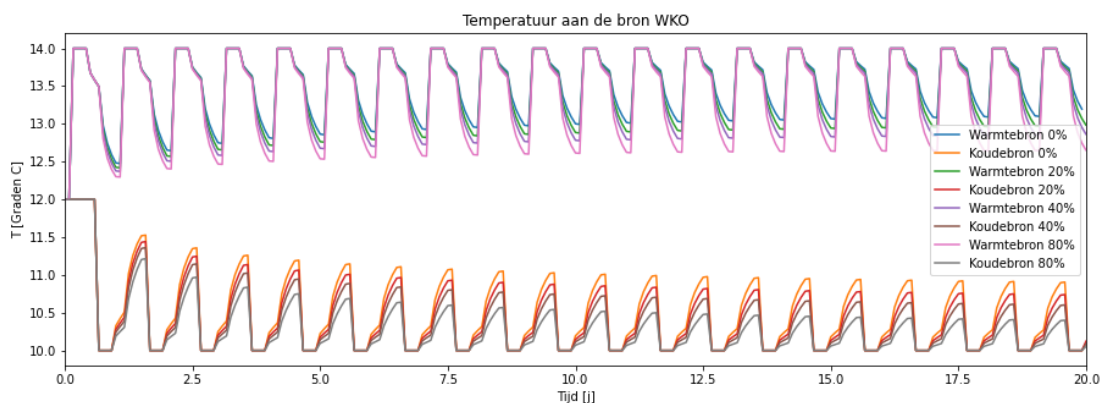
$$v_{inf} = 1000 \left(\frac{k}{150} \right)^{0,6} \sqrt{\frac{v_{verstopping}}{2 MFI u_{eq}}}$$

Op basis van een doorlatendheid van circa 6 m/d (fijne zanden) en 2000 uur vollast kan slechts een debiet van 58 m³/dag worden geïnfiltreerd zonder dat de put door overbenutting verstopt raakt. Ondanks het lage debiet creëert het bodemenergiesysteem toch significante verlagingen en verhogingen van de grondwaterstanden in de omgeving. Figuur 1 geeft de verlaging- en verhogingslijnen weer van het bodemenergiesysteem. Met name de ontwateringsdiepte van 0,70 m wordt op eigen terrein, het terrein van de directe burens en aan de voorliggende straat niet behaald.

Het lage retourdebiet en de hydrologische effecten tonen het belang van kennis over de doorlatendheid. In deze studie wordt uitgegaan van een doorlatendheid van 6 m/d op basis van boorstaten. Bij een onttrekkingsdebiet van 3 m/d neemt het acceptabele debiet af naar 38 m³/d, het aantal vollasturen neemt



Figuur 1: Geohydrologisch invloedsgedebied bodemenergiesysteem



Figuur 2: Verloop temperatuur warmte- en koudebron bij een onbalans van 0, 20, 40 en 80 procent

af naar 950 of een combinatie van beiden. Door de beperkte filterlengte is de doorlatendheid dus kritisch: een kleine afwijking in doorlatendheid kan bepalen of de ombouw naar een open bodemenergiesysteem een goede investering is.

Ondanks het freatische karakter van de watervoerende laag is de bodemsplijting (bezwijken van de bodem onder te hoge injectiedruk) veiligheidshalve bepaald. De bodemsplijting is berekend op een bovengrens van 56 m³/dag. Het bodemenergiesysteem is dan ook zekerheidshalve begrenst op maximaal 56 m³/dag en maximaal 2000 vollasturen.

Energievraag en thermische eigenschappen

Eveneens door het ondiepe karakter van de bronnen en de daarbij behorende invloed van de seizoens-temperatuur is gekozen om een delta T van 4 °C als uitgangspunt toe te passen. Op basis van deze uitgangspunten kan een maximaal vermogen van 10,7 kW behaald worden. De woning heeft echter een vermogen van 11,8 kW nodig op basis van enkel de verwarmingsvraag (oudere vrijstaande woning van 280 m²). Ondanks de hoge efficiëntie per meter boring van een open bodemenergiesysteem ten opzichte van een gesloten bodemenergiesysteem blijft een hybride systeem noodzakelijk.

Een woning kent een grote mate van onbalans in de energievrage, waarbij de warmtevraag veel groter is dan de koude vraag. Om de onbalans te simuleren is in stappen een overschot tot 80 procent van de warmtevraag gesimuleerd. In figuur 2 is het temperatuurverloop weergegeven voor de verschillende warmteoverschotten voor een loopduur van twintig jaar. De warmtebron neemt sterk in temperatuur af resulterend in een verlaging van delta T gedurende de wintermaanden. De koudebron neemt eveneens in temperatuur af, waardoor delta T gedurende de zomermaanden toeneemt. Dit houdt in dat gedurende de loopduur van 20 jaar de efficiëntie van het systeem afneemt in de winter en toeneemt in de zomer.

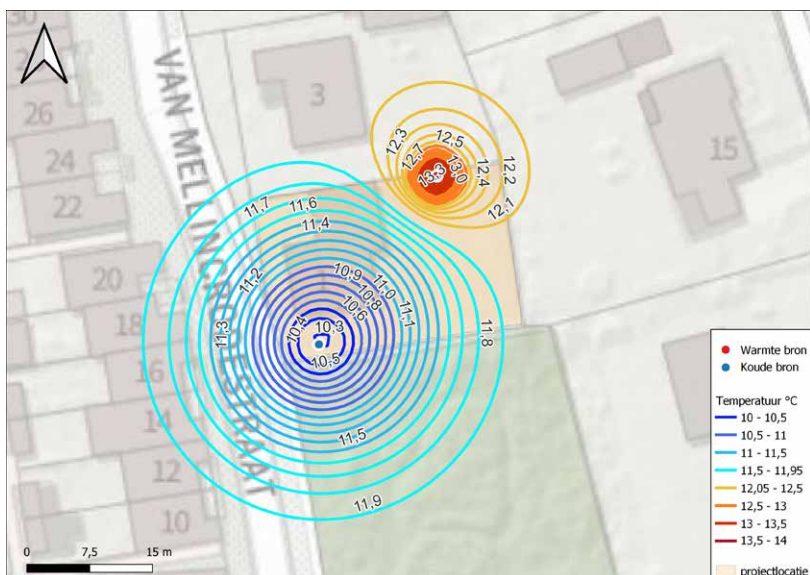
De simulaties zijn uitgevoerd met een vaste injectie-temperatuur en dus een toename van de energielevering van een ander systeem zoals een gasketel.

Een andere optie is om het temperatuurverschil in de warmtepomp gelijk te houden (delta T behouden op 4 °C). Echter zal dat een sterker temperatuurverschil opleveren tussen koude- en warmtebron met een grotere interferentie van de warmte- en koudebron tot gevolg. Het effect van de onbalans is goed zichtbaar in de thermische straal van de warmte- en koudebron bij de simulatie van 80 procent overschot aan warmtevraag in figuur 3. In het geval dat de koudevraag afwezig is of delta T op 4 °C wordt gehouden zal de warmtebron eveneens onder de natuurlijke achtergrond temperatuur dalen.

Efficiëntie bodemenergiesysteem

De efficiëntie van het systeem is gedefinieerd als het verschil tussen de geïnfilterde en onttrokken energie per kubieke meter water en weergegeven in figuur 4. In deze berekening is geen rekening gehouden met de energie die de warmtepomp zelf gebruikt of de pompenergie voor watercirculatie. De efficiëntie is zelfs bij een bodemsysteem in balans geen 100 procent. Dit energieverlies kent twee oorzaken: 1) de natuurlijke stroming en 2) het bodemenergiesysteem kent een relatief hoge ratio van oppervlak-volume, waardoor er veel verlies is van warmte en koude aan het grondwater (dispersie). Daarnaast is de energie-efficiëntie van de koude- en warmtebron ook niet gelijk door de anisotropie van de bodem en spelen uitwisselingsnelheden van energie tussen bodem en water een rol. De trendmatige afname van de energielevering van de warmtebron is berekend op gemiddeld 2,5 procent, terwijl de toename van de koudebron is berekend op gemiddeld 3,5 procent.

De mate van afname in efficiëntie wordt duidelijker als gekeken wordt naar de opgepompte temperatuur aan het einde van het seizoen. Aan het einde van de winter wordt in plaats van water met een temperatuur van 13,1 °C, een temperatuur van 12,6 °C opgepompt.



Figuur 3: Thermische straal bodemenergiesysteem bij onbalans van 80 procent

Een reductie van 0,5 °C. Op basis van een temperatuurverschil van 3,1 °C is dit een afname van circa 15 procent na 20 jaar. Tabel 1 toont de temperatuur van de koude- en warmtebron aan het einde van de seizoenen bij een systeem in balans en een systeem met een overschot aan warmtevraag van 80 procent.

	Balans		80% verhoogde warmtevraag	
	Zomer	Winter	Zomer	Winter
Warmte °C	13,1	14	12,6	14
Koude °C	10	10,9	10	10,4
Minimaal vermogen [kW]	8,3	8,3	7,1	9,6

Tabel 1: temperatuur warmte- koudebron aan het einde van het seizoen

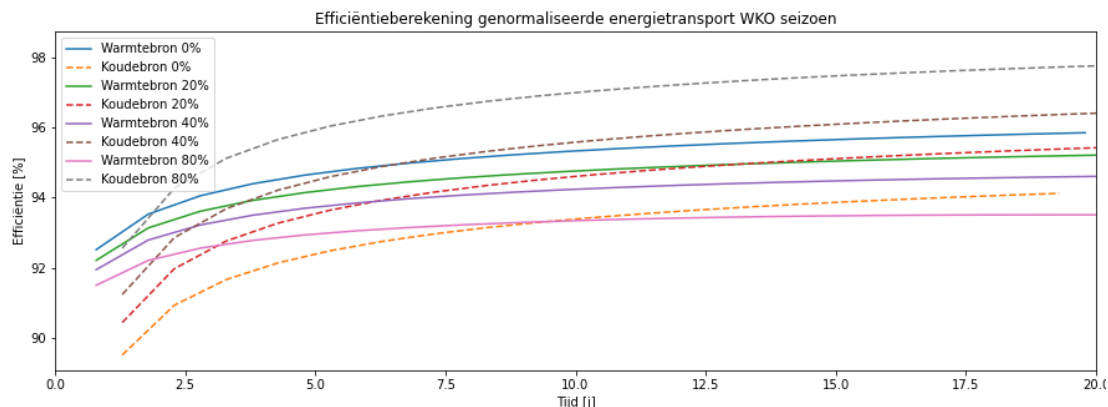
(On)balans en aandachtspunten

De onbalans kan theoretisch gemitigeerd worden door ingrepen te verrichten aan het ondergrondse deel van het bodemenergiesysteem. Een voorbeeld hiervan is om warm rivierwater in de zomermaanden in de bodem te infiltreren. Dit is echter zeer onverstandig omdat het de chemische grondwatersamenstelling verandert wat resulteert in verstopping van de bronnen. Het mitigeren van de onbalans moet altijd gezocht worden aan de woningzijde van het bodemenergiesysteem. Met andere woorden het ombouwen van beregeningsbronnen naar een open bodemenergiesysteem vereist een verhoging van de koudevraag van de woning in de zomer waardoor warmte wordt geladen in de bodem. Dit kan door middel van koeling van de woning, maar ook met behulp van warmte laden door bijvoorbeeld de toepassing van een zonneboiler op het dak waarmee warmte in de zomer kan worden opgeslagen in de bodem.

Deze studie toont aan dat een beregeningsbron kan worden omgebouwd tot een open bodemenergiesysteem, echter dient hier voorzichtig mee omgegaan te worden en aan de volgende eisen te worden voldaan:

- Geotechnisch onderzoek is nodig om zettingen van omliggende panden te voorkomen;
- Geohydrologisch onderzoek is noodzakelijk om omgevingseffecten tegen te gaan en om het risico op putverstopping te vermijden;
- Oudere woningen moeten rekening houden met een hybride systeem en/of een sterke toename van de isolatie van de woning;
- Toename van de warmte opslag in de bodem in de zomermaanden. Dat kan bijvoorbeeld door de woning te koelen in de zomer. Zonder warmte op te slaan neemt de efficiëntie van het systeem sterk af of zal de bodem afkoelen omdat het herstellend vermogen van de bodem minder is dan de warmtevraag van de woning.

Roel Brugman, Senior Adviseur Geohydrologie,
Thomas Sweijen, Senior Adviseur Geohydrologie,
Wout Hanckmann, Junior Adviseur Geohydrologie,
CRUX Engineering BV



Figuur 4: Efficiëntie bodemenergiesysteem warmte en koude bron bij een onbalans van 0, 20, 40 en 80 procent