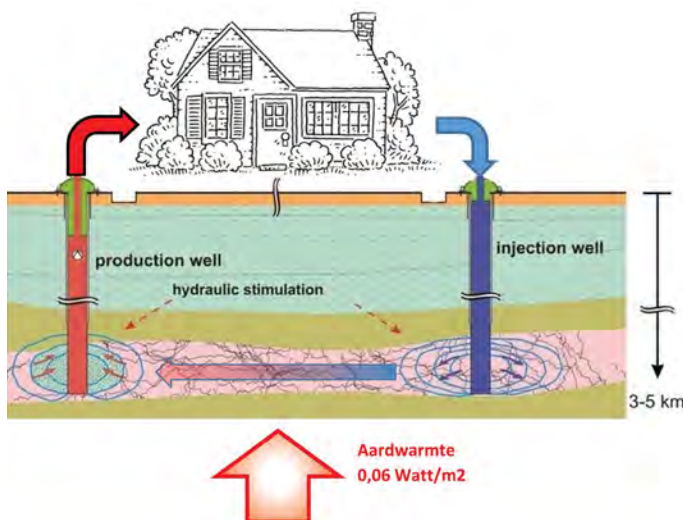


ANTON BARENDREGT, [ANTONBAR@KPNPLANET.NL](mailto:ANTONBAR@KPNPLANET.NL)

Het Klimaatakkoord dat enkele maanden geleden door een ruime meerderheid van politieke partijen in de Tweede Kamer werd gesloten heeft bij gemeentebesturen veel enthousiasme losgemaakt, vooral bij die met een groene inslag. Het streven is een halvering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2030 en een vrijwel totale afschaffing ervan per 2050. Omdat men er blind op vertrouwt dat we de woningverwarming op een andere manier gaan oplossen, worden nieuwe woonwijken voortaan zonder gasaansluiting gebouwd. Als mogelijke alternatieven noemt men dan stads- of wijkverwarming (uit restwarmte van elektriciteitscentrales of fabrieken), warmtepompen (airconditioners die de warme lucht naar binnen blazen) of aardwarmte. De geschatte kosten daarvoor zijn niet gering - meerdere tienduizenden euro's per huishouden - en wie dat gaat betalen wordt vooralsnog in het midden gelaten.

Wat betreft die oplossingsmethoden lijkt bovendien sprake te zijn van overmatig optimisme. Zoals die restwarmte, die moet afkomstig zijn van grote externe warmtebronnen. Fossiele brandstoffen gaan in de ban, dus die warmtebronnen moeten gevoed worden door biobrandstoffen, d.w.z. door verbranding van speciaal voor dat doel gekweekte gewassen. Het is maar de vraag of daarvoor voldoende landbouwareaal beschikbaar is, want we zullen toch ook moeten eten. En als we waterstof als brandstof invoeren worden die gasaansluitingen misschien óók weer nuttig. Dan die warmtepompen. Al die omgekeerde airconditioners op onze daken maken niet alleen een enorme herrie, maar doen ook het elektriciteitsgebruik verdubbelen, daar moeten nieuwe hoogspanningsleidingen voor komen. Bovendien zijn de expansievloeistoffen in die dingen (CFK's, of nu HFK's) duizenden malen zo broeierig als CO<sub>2</sub>!



Dan lijkt aardwarmte, het oppompen van heet water uit onze diepe ondergrond, wellicht een aantrekkelijke optie. In het Westland schijnen tuinders (door minister Wiebes van het Groningen gasnet gewipt) al bezig te zijn met het boren van diepe waterinjectie- en productieputten. Maar ook daar gaat toch een belletje rinkelen. Kan die bodem bij ons dat wel aan? Natuurlijk, in IJsland verwarmen ze bijna het hele land met ondergronds water, maar daar komt de stoom letterlijk de bodem uit. Door scheuren in de oceaانبodem komt gloeiende magma tot vlak onder de oppervlakte. Bij ons zit die magma op 50 km diepte. Dat vraagt om rekenwerk.

Laten we eens veronderstellen dat u thuis per jaar 2000 m<sup>3</sup> gas verbruikt en 2000 kiloWatt-uur aan elektriciteit. Degenen met een vrijstaand jaren-'30 huis zitten daar waarschijnlijk ver boven, maar de slimmeriken met een modern appartement of tussenwoning zitten er ruim onder en leunen glimlachend achterover. Die getallen op zich zeggen u misschien niet zoveel, dus laten we proberen ze aanschouwelijk te maken. De 2000 m<sup>3</sup> Groningen gas heeft een 'calorische waarde' van 35 miljoen Joules per m<sup>3</sup>, waarbij een Joule een energie- of warmtehoeveelheid is. De verbruikssnelheid van energie wordt gemeten in Joules per seconde en die hoeveelheid kent u beter als een Watt, van de gloeilampen. 60 Watt is (was) een normale gloeilamp, 100 Watt was de grote schemerlamp en 1000 Watt was dat straalkacheltje dat u in uw jonge jaren op uw kamertje had toen u uw schoolwerk deed. Die 2000 m<sup>3</sup> per jaar vertegenwoordigt dan een verbruik van 2200 Joules per seconde oftewel 2200 Watt. Dus het energie-equivalent van twee straalkacheltjes van 1100 Watt, dag en nacht aan, het hele jaar door. U mag het zelf narekenen. En als u nog niet bent afgehaakt kan ik u ook meedelen dat uw elektriciteitsverbruik van 2000 kiloWatt-uur per jaar overeenkomt met 230 Watt, ofwel ongeveer vier gloeilampen van 60 Watt, dag en nacht aan, het hele jaar door.

Waarom deze saaie sommetjes? Allereerst om u te laten zien dat het gas dat wij gebruiken voor onze verwarming ongeveer 10 maal meer energie bevat dan ons elektriciteitsgebruik. Maar, belangrijker, we kunnen onze warmtebehoefte vergelijken met de waarde van de warmtestroom die de ondergrondse aarde ons biedt. Googelen leidt helaas tot ontgoocheling: de warmtestroom vanuit het met hete lava gevulde binnenste van de aarde door de ca. 50 km dikke aardenschil van ons continent is slechts 0,06 Watt per vierkante meter! Ofwel 60 Watt over een oppervlakte van 1000 m<sup>2</sup>. Voor uw 2200 Watt aan warmtebehoefte heeft u dus een ondergrondse warmtegebied nodig met een oppervlakte van 37.000 m<sup>2</sup>, bijna vier hectaren! En elk van uw burens ook! Dat gaat dus niet lukken, zeker niet in een stadsomgeving. Nu zult u wellicht vragen, 'En die tuinders in het Westland, hoe doen die het dan?' Die tuinders pakken het groots aan, ze boren de waterputten scheef, zodat het injectiepunt en het productiepunt ondergronds minstens 1,5 à 2 kilometer uit elkaar liggen. Het 'actieve' warmwater-wingebied heeft daarmee een oppervlakte van ongeveer een miljoen m<sup>2</sup> en dat levert dus 60.000 Watt, equivalent aan 55.000 m<sup>3</sup> gas per jaar. Daar redt die tuinder het misschien net mee, maar z'n collega-buurman moet iets anders gaan verzinnen, want voor nóg een warmwaterreservoir van een vierkante kilometer is geen plaats meer...

Dus als u een verhuizing overweegt van uw energievretende jaren-'30 huis naar een gelikt appartement, u verkocht door een makelaar die jubelt over het energiewonder van de aardwarmte, zou ik toch dat straalkacheltje maar meenemen. Of anders verhuizen naar IJsland... ❗

*PS: Oplettende lezers hebben gezien dat in VN09 mijn spreadsheet-plaatje over die veiligheidsevaluaties is blijven steken in de vorige eeuw. Op het web was een correctie zó gefixed, maar met de slakkenpost ging dat niet meer. Excuses daarvoor.*

## AARDWARMTEPERIKELEN (2)

ANTON BARENDREGT, [ANTONBAR@KPNPLANET.NL](mailto:ANTONBAR@KPNPLANET.NL)

Toen ik m'n vorige stukje schreef, kon ik mezelf nog geen expert op het gebied van aardwarmte noemen. De fysische principes en de praktische details van het boren waren me natuurlijk wél bekend, maar ik voelde me meer als het gestudeerde jongetje in een groep landverhuizers, bijvoorbeeld in de VS rond het midden van de 19<sup>e</sup> eeuw. 'Go West, young man', prachtig! Die landverhuizers kwamen bij een mooie vlakke vallei, met veel groen gras en een groot, visrijk zoetwatermeer. Dat leek de ideale vestigingsplaats. Bij een verdere verkenning bleek dat het meer gevoed werd door een mooi, helder riviertje, niet al te breed. Het jongetje, ik dus, krabbelde wat met z'n griffel op een leitje, stak z'n vinger op en zei, 'dit riviertje levert per jaar veel minder water aan dan wij in een jaar gaan gebruiken'. Maar, zoals dat gaat met eigenwijze jongetjes, er werd niet naar hem geluisterd, want het was toch duidelijk dat dat meertje veel meer water bevatte dan men in de komende jaren nodig dacht te hebben?

Met die aardwarmte is het dus net zo. Na het inleveren van mijn stukje bij de redactie viel het me op dat er, ook in Nederland, al behoorlijk veel projecten waren, die claimden dat zij met succes aardwarmte toepasten voor ruimteverwarming. Het bleek me ook dat er in ons land al vele concessiegebieden voor warmwaterwinning waren aangevraagd en uitgegeven, zie het kaartje. En toen Voeksnieuws vier dagen vroeger dan gebruikelijk op de mat plofte regende het ook nog eens commentaren van lezers. Laat me daarom proberen het plaatje compleet te maken.

Allereerst: met mijn sommetjes was niets mis. Wie tot aan het einde der dagen aardwarmte wil gebruiken zal een voldoende groot wingebed voor zichzelf moeten reserveren. Wie dat niet kan of niet wil, zal dus vroeg of laat de temperatuur van het gewonnen water zien dalen omdat het poreuze reservoirgesteente wordt afgekoeld door het geïnjecteerde koudere water. Dat komt omdat de minuscule aardwarmtestroom uit de diepte die afkoeling niet kan bijhouden. Voor wie van sommetjes houdt: bedenk dat droog gesteente een warmtecapaciteit heeft (J/m<sup>3</sup>.K), die slechts drie keer zo hoog is als die van water in een poriënruimte van 20%.

Het succes van het project hangt helemaal af van het ondergrondse watervolume ten opzichte van de jaarlijks benodigde hoeveelheid heet water. Dus als uw gemeentebestuur aankondigt dat ze in uw wijk uw gasaansluiting gaan afkoppelen voor een aardwarmteproject, is het zaak om ze indringend te vragen wat het volume van het ondergrondse reservoir en het effectief verplaatste ondergrondse volume zullen zijn (die twee zijn *niet* hetzelfde!), plus het verwachte jaarlijks rond te pompen warmwatervolume. Stuur eventueel die technische schoonzoon op ze af.

Dan is er ook nog de leveringszekerheid van zo'n aardwarmteproject. Het boren van diepe putten (2-5 km diep) is duur en men zal het graag bij twee putten willen laten (het zogenaamde 'doublet', één injectieput en één voor de productie van warm water). Maar die putten kunnen dichtslibben en een putreparatieteam heb je niet onmiddellijk voorhanden. Dus een tweede productieput zou géén luxe zijn. Tenslotte nog een waarschuwing voor gemeenteraadsleden onder u: zorg voor een



goede geoloog én een reservoir engineer als projectbegeleiders, want er doen al verhalen de ronde over mislukte boringen door een slecht permeabel reservoir of, zoals in Venlo, door een aardbeving!

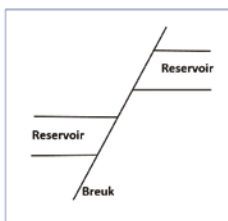
Met al deze doemverhalen heb ik u waarschijnlijk de stuipen op het lijf gejaagd, vooral diegenen onder u die naar een fris, nieuw appartementencomplex denken te gaan verhuizen, en die geloof hechten aan die makelaar die zo lyrisch doet over dat nieuwe aardwarmtesysteem. Dan heb ik waarschijnlijk goed nieuws voor u. De ene aardwarmte is de andere niet. Er zijn namelijk veel kleinschalige projecten in opkomst (typisch op de schaal van één appartementencomplex) die wel claimen op 'aardwarmte' te werken maar dat helemaal niet doen. Die projecten halen namelijk géén warmte uit de diepe bodem (de putten zouden veel te duur zijn), maar slaan via een seizoencyclus warmte (of koude) op in de ondiepe bodem, tot bv. 100 meter diep. Zo'n systeem koelt je huis in de zomer met een airconditioner en verwarmt het in de winter via een warmtepomp. De airconditioner kent u, de warmtepomp blaast juist wármte naar binnen en kóude naar buiten. Bovendien worden die naar buiten gerichte warmte- en koudestromen opgevangen en via een gesloten vloeistof-slangensysteem afgevoerd naar de ondiepe ondergrond, die aldus 's zomers wordt opgewarmd en 's winters weer wordt afgekoeld. Die grondwarmte en -koude sijn weliswaar langzaam weg, maar er blijft genoeg over om bij de erop volgende winter c.q. zomer weer een energetisch 'opstapje' te geven. Je ziet het pas als je het doorhebt, inderdaad. Maar het biedt u het jaar rond een aangenaam leefklimaat en échte aardwarmte komt er niet aan te pas.

Toch is het ook hier oppassen voordat u de sprong waagt. Mij bereikte een bericht van zo'n flatbewoner dat hij het, in weerwil van dit mooie systeem, afgelopen zomer toch wel erg heet had. Dat zou kunnen betekenen dat men om zuinigheidsredenen de airconditioner uit het systeem heeft geschrapt (of verkeerd ontworpen), terwijl die juist nodig is om 's zomers de ondergrond op te warmen voor dat 'opstapje' in de winter. Dan praat je eigenlijk over een doodgewone warmtepomp alleen voor de winter, waarbij dat gedoe met die buizen in de grond vrijwel nutteloos wordt. Blijf dus vragen! **!**

In m'n vorige twee stukjes heb ik uiteengezet dat het zo bejubelde gebruik van aardwarmte als CO<sub>2</sub>-vrije bron van industrie- en woningverwarming door voetangels en klemmen is omgeven. Ik heb ook verteld dat de veelbelovende kleinschalige oplossing van seizoensopslag van warmte en koude (bv. voor appartementsgebouwen) daar geheel los van staat. Tezamen vormden die twee stukjes een weliswaar summier, maar toch redelijk overzicht van de mogelijkheden en beperkingen van deze methodes.

Dat dácht ik tenminste. Naast lof kreeg ik namelijk ook de wind van voren van lezers die vonden dat ik veel te pessimistisch was. Eén van hen wees mij erop dat Nederland, met zijn 41.500 km<sup>2</sup> oppervlakte voldoende mogelijkheden bood om ruim 2 miljoen Nederlandse woningen van warmte te voorzien, met inachtneming van die aardwarmtestroom van 0,06 Watt/m<sup>2</sup> (zie VN10). Mits die woningen zodanig waren geïsoleerd dat hun huidig gasgebruik per jaar niet meer dan 1000 m<sup>3</sup> bedroeg! Ook als we die lastige beperking van 0,06 Watt/m<sup>2</sup> zouden negeren ('vaarwel, duurzame economie'), zou heel Nederland zich nog jarenlang in warme weelde kunnen wentelen. Tja...

Op papier is tegen die sommetjes niets in te brengen. Maar als wij één ding geleerd hebben in onze actieve techneutenloopbaan, dan is het wel dat we altijd met onzekerheden rekening moeten houden. Het leek me daarom nuttig om die eens nader te beschouwen.



Om te beginnen is er het reservoirgesteente dat als warmwaterbron moet gaan dienen. De temperatuur van onze ondergrond neemt toe met ca. 30°C per kilometer diepte. Op 2 km diepte is het ongeveer 70°C en op 3 km diepte 100°C. Voor woningverwarming is dat al genoeg (mits de huizen niet te ver van de put liggen), maar de ware gelovigen willen méér en denken aan 5 km diepte (160°C). Het gesteente dat men als warmwaterbron wilt gebruiken, moet met zorg gekozen worden. Er moet sprake zijn van een goede doorlaatbaarheid (permeabiliteit) zodat het geïnjecteerde koude water goed naar de productieput kan stromen. Bovendien mogen geen grote breuken voorkomen die de ondergrondse waterstroom zouden onderbreken (zie schets). Tot ca. 3 km diepte zijn vaak boorresultaten van oliemaatschappijen beschikbaar. Die kunnen helpen bij het selecteren van geschikte gesteentelagen. Maar voor grotere diepten moet de geoloog het zelf uitzoeken; als hij geluk heeft zijn er misschien bruikbare seismische gegevens. Bovendien, hoe dieper de lagen, hoe slechter de permeabiliteit. Bedacht moet ook worden dat vergissingen duur zijn: een put van 3 km diep kost minimaal een miljoen euro. Een van 5 km veel meer.

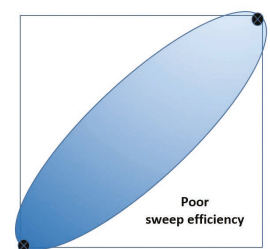
Verder zijn lang niet alle gebieden in Nederland geschikt voor booractiviteiten. Oost-Brabant en Zuid-Limburg liggen bovenop

de Roerslenk, een bekend seismisch gebied met frequente, diepe en stevige aardbevingen als gevolg van nog steeds doorgaande tektonische activiteit. In een dergelijke omgeving wil je geen waterinjectie die eventuele onder spanning staande breuken zouden kunnen doen slippen en 'afgaan'. Een aardwarmteboring bij Venlo moest worden stilgelegd omdat die een kleine aardbeving veroorzaakte. Daarnaast willen veel mensen niet graag een boortoren bij hun erf zien verschijnen. Ook al heeft de boring niets met gaswinning te maken, de angst voor aardbevingen of gas met modder in het drinkwater, zit in veel gebieden gewoon te diep

Maar laten we aannemen dat we een mooi concessiegebied toegewezen hebben gekregen, waarin we met succes het 'doublet' van waterinjector en -productieput geboord hebben naar een diepte van 3 km, dus ca. 100°C. Bij een vierkant concessiegebied zullen we die twee putten bij voorkeur in twee tegenover elkaar liggende hoekpunten willen plaatsen. Het is wél oppassen dat de buurman van de concessie ernaast niet hetzelfde idee heeft, want dan hebben we een probleem. Daarom moet een brede marge tussen concessies onbenut blijven.

Als onze twee putten bv. 2,8 km van elkaar staan, op de hoekpunten van een vierkant van 2x2 km<sup>2</sup> dan bestrijken we een gebied van 4 miljoen m<sup>2</sup>, genoeg voor een ecologisch verantwoorde warmtevoorziening van 240.000 Watt (denk aan die 0,06 Watt/m<sup>2</sup>!), of 220 energiezuinige woningen van 1000 m<sup>3</sup> gas per jaar. Dat is een kleine woonwijk.

Tot zover dus een veelbelovend perspectief. Maar ook hier dreigen complicaties. Het koude injectiewater verdringt het hete water niet over een breed, gelijkmatig front in het reservoir. Het volgt bij voorkeur de route met de hoogste drukgradiënt, d.w.z. langs de diagonaal van injector naar productieput. 'Poor sweep efficiency' noemden we dit in de olie-industrie. De kans is groot dat de temperatuur van het geproduceerde hete water al begint te zakken als nog maar 50% van het oorspronkelijk aanwezige hete water geproduceerd is. Onderwijl komen we tot de ontdekking dat de gemeente, aangemoedigd door al dat gratis warme water, al begonnen is met de bouw van nog eens 150 huizen in de wijk... Het enige wat ons dan nog kan redden is stug blijven doorpompen. De temperatuurdaling van het hete water zal slechts geleidelijk gaan omdat er nog veel warmte in het reservoirgesteente zelf zit (denk aan die landverhuizers en dat meertje, zie VN11-12). Afhankelijk van de dikte van de gesteentelaag kan het misschien nog 10 of 20 jaar goed gaan. Maar daarna? Toch maar weer die kernenergie? Het leven is vol verrassingen!



De moraal van het verhaal: neem de tijd om onzekerheden grondig te evalueren en hoed je voor overmatig optimisme. **NI**

Verticale Doorsnede DGMdiep v4.0

