

Bodem in de Warmtetransitie

De bodem als thermosfles

De energietransitie is een enorme opgave die direct voortvloeit uit een van de sustainable development goals: 'Affordable and clean energy'. Onderdeel van de opgave is verwarming en koeling van de gebouwde omgeving. Er moeten 7 miljoen woningen, utiliteitsgebouwen en andere objecten worden voorzien van duurzame warmte- en koudebronnen.

Door: Gerda Lenselink en Marco van Schaik, m.m.v. Rob Heijer, Niels Hartog, Ronald Roosjen en Nanne Hoekstra

Over de auteurs:

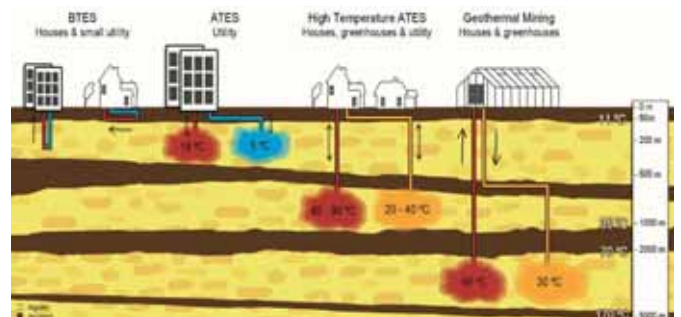
Gerda Lenselink (Deltares) & Marco van Schaik (STOWA, Netwerk Aquathermie) mmv Rob Heijer (Gemeente Utrecht), Niels Hartog (KWR), Ronald Roosjen (Deltares), Nanne Hoekstra (Deltares)

De warmtetransitie in de gebouwde omgeving is een enorme opgave. Fossiele bronnen moeten worden vervangen door diverse, vaak lokale, duurzame warmtebronnen. Naast verwarming is, in toenemende mate bij een opwarming van het klimaat, ook koude nodig voor koeling. De bodem kan warmte en koude leveren. Aardwarmte of geothermie (onttrokken uit bodemlagen dieper dan een halve kilometer) en bodemenergie of WKO (seizoensopslag van warmte en koude in de bodem) groeien de laatste jaren fors en droegen in 2017 met 5,2 PJoule voor 5,2 procent bij aan het eindverbruik van hernieuwbare energie (Bron: Hernieuwbare energie in Nederland 2017; CBS 2018). En er kan meer. Opslagsystemen kunnen worden gevoed en het vermogen vergroot door thermische warmte uit het oppervlaktewater, afvalwater of drinkwater (TEO, TEA en TED) of restwarmte uit bijvoorbeeld datacentra en glastuinbouw. Verdere opschaling kan plaats vinden door de warmte te distribueren in warmtenetten. De laag thermische, aquathermisch gevoede warmtesystemen kunnen worden opgewaardeerd tot hoog thermische warmtesystemen door overschotten aan elektriciteit te gebruiken om de temperatuur te verhogen. De uitdaging is om win-, opslag- en transportsystemen te integreren en alle spelers in de warmteketen hierin te laten samenwerken.

Er zijn diverse manieren om energie uit de bodem te benutten voor klimaatbeheersing van gebouwen (zie figuur 1):

Er zijn diverse manieren om energie uit de bodem te benutten voor klimaatbeheersing van gebouwen (zie figuur 1):

- Geothermische energie maakt gebruik van de met de diepte toenemende temperatuur in de diepe ondergrond. De investeringskosten zijn hoog, afhankelijk van het plaatselijke temperatuurverloop. Door geologische verschillen verschilt dat van plaats tot plaats, ook binnen Nederland.
- Met een gesloten bodemenergiesysteem wordt via een buis of een slang in de bodem met vloeistof de temperatuur van de bodem naar het gebouw getransporteerd. Dit kan relatief goedkoop en daardoor op de schaal van individuele woningen. Het nadeel daarbij is wel dat bodemlagen op veel plaatsen worden geperforeerd, waardoor eventuele verontreinigingen zich kunnen verspreiden.
- Aantrekkelijk zijn daarom de wat grotere open bodemenergie- of WKO-systemen met terugverdientijden van meestal 5 à 7 jaar, en geschikt voor kantoren en woonwijken (met ook een hogetemperatuurvariant, zie verderop).



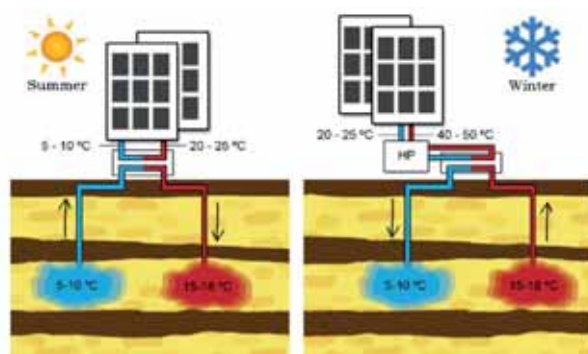
FIGUUR 1: ENERGIE UIT DE BODEM; © MARTIN BLOEMENDAL; TU-DELFT / KWR.

WKO (warmtekoudeopslag) werkt als volgt (zie figuur 2):

- Koeling van gebouwen met een klimaatbeheersingssysteem in de zomer levert warmte die (via een warmtewisselaar) niet wordt afgegeven aan de buitenlucht, zoals bij conventionele airconditioning, maar opgeslagen in een watervoerende laag; grond isoleert en de bodem werkt als een thermosfles.
- Het opgewarmde grondwater kan, met behulp van een warmtepomp, in de winter worden gebruikt voor verwarming van gebouwen. Het water koelt af als het zijn warmte afgeeft.
- De koude die daardoor in de winter vrijkomt, wordt apart opgeslagen en kan in de zomer weer effectief worden benut.



- Door de werking van het systeem ontstaan een koude- en een warme bel in het grondwater, waardoor de energie-efficiëntie wordt verhoogd (vergeleken met de uitgangssituatie).



FIGUUR 2: ZO WERKT WKO; © MARTIN BLOEMENDAL; TU-DELFT / KWR.

Wereldwijd wordt het aantal open WKO-systemen momenteel geschat op circa 2.800, waarvan 85 procent in Nederland, (Bron: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118304933?via%3Dihub>), zie figuur 3.



FIGUUR 3: OPEN WKO'S IN NEDERLAND; BRON: [HTTPS://WKOTOOL.NL/](https://wkotool.nl/).

De ondergrond is in vrijwel heel Nederland geschikt voor WKO, al variëren de toepassingscondities sterk. Voor veel andere landen geldt eveneens dat significante delen geschikt zijn. Door onbekendheid met de technologie en veronderstelde obstakels zoals bodemverontreinigingen en belemmerende regelgeving wordt WKO buiten Nederland nog nauwelijks toegepast. In een Climate-KIC-project is met o.a. pilots gedemonstreerd dat deze barrières kunnen worden overwonnen; WKO kan daarmee ook in andere Europese landen worden toegepast. In Nederland zelf speelt dat er met name in de grote steden zoveel systemen komen dat deze interfereren. Dat kan leiden tot energieverlies door wederzijdse negatieve beïnvloeding van warmte- en koudebronnen. Met behulp van gebiedsregie kan ook positieve interferentie worden bewerkstelligd met WKO's die elkaar versterken via het creëren van warme en koude zones.

DRUKTE IN DE ONDERGROND

Benutting van het potentieel van WKO's vergt een goede ruimtelijke planning van de ondergrond. Dit wordt geïllustreerd met de praktijk van gemeente Utrecht.

In Utrecht is de ondergrond zeer geschikt voor toepassing van bodemenergie. Maar, in grote delen van de stad mag niet dieper dan 50 m onder het maaiveld worden geboord. Dit is om het diepe grondwater te beschermen tegen indringing van erboven gelegen verontreinigingen. Ook is er een grondwaterbeschermingsge-

bied binnen de gemeentegrenzen. Deze beperkingen leggen een druk op de ondergrond om deze optimaal voor WKO's te gebruiken. De druk wordt vergroot doordat de woningbouwopgave geen vertraging mag oplopen.

De gemeente zoekt de oplossing op verschillende vlakken. Via participatie in kennisprojecten wordt onderzocht of de wettelijk voorgeschreven afstand tussen bronnen kan worden verdicht. Bij gebiedsontwikkelingen stimuleert de gemeente om zoveel mogelijk systemen te koppelen en het beheer te optimaliseren. Daarnaast vindt onderzoek plaats naar alternatieven voor de beperkte beschikbare capaciteit voor bodemenergiesystemen: wat is de potentie voor geothermie? En onder welke voorwaarde kan bodemenergie in het dieper watervoerende pakket worden opgeslagen?

De grootste uitdaging waar de gemeente voor staat is deze opgave samen met de markt te realiseren. Hierbij is een optimale balans nodig tussen korte en lange termijnbelangen. Een vraag die hier onder ligt is de zoektocht naar de flexibiliteit en de meest optimale vorm om systemen te koppelen.

Daarnaast wordt steeds duidelijker dat bodemenergiesystemen niet de enige functie is die we in de ondergrond stoppen. Zo zijn er wensen om vanuit klimaatadaptatie regenwater te infiltreren of nemen we met de woningbouwopgave steeds meer fysieke ruimte in. Al deze ingrepen hebben effecten op de ondergrondse eigenschappen en de functies die daar gebruik van maken. De uitdaging is om al deze soms tegenstrijdige claims te managen. Hierbij hoort een tijdshorizon die verder gaat dan de periode waarin een bodemenergiesysteem operationeel is.

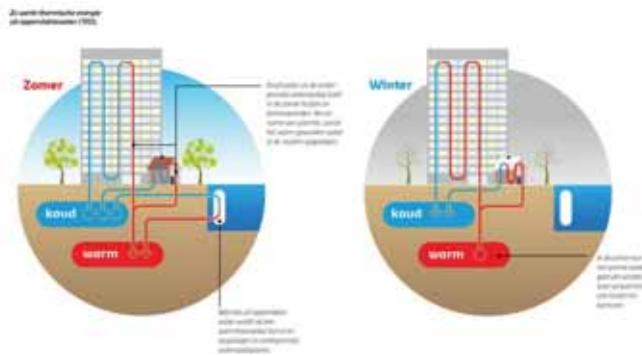
AQUATHERMIE

Aquathermie heeft de potentie om in ongeveer de helft van de Nederlandse warmtevraag te voorzien. Gedurende de zomer warmt de zon het oppervlaktewater op. Deze thermische energie (warmte) kun je aftappen met behulp van een warmtewisselaar en opslaan in het grondwater en in de winter gebruiken om ge-

Onder welke voorwaarde kan bodemenergie in het dieper watervoerende pakket worden opgeslagen?

bouwen te verwarmen via een warmtepomp. Dit is efficiënter dan luchtwarmtepompen die de warmte uit koude winterlucht moeten winnen. In figuur 4 staat uitgelegd hoe het systeem werkt. Aquathermie kan laag thermische opslagsystemen voeden en WKO's optimaliseren. Verbonden aan opslag en distributie heeft het grote potentie.





FIGUUR 4: PRINCIPE WERKING VAN THERMISCHE ENERGIE UIT OPPERVLAKEWATER MET WKO.

Het is een uitdaging om aquathermie goed mee te nemen in de warmtetransitieplannen en de Regionale Energie Strategieën die in 2021 gereed moeten zijn, en daarna zullen worden uitge-

Het overbruggen van periodes met een lage warmtevraag, is een belangrijke meerwaarde van warmteopslag

voerd. Hiervoor is nog een aantal technische, ecologische, juridische, economische en bestuurlijke vraagstukken te beantwoorden.

Enkele belangrijke zijn:

- Welke partij heeft welke bevoegdheden en welke mogelijkheden in de keten van bron naar eindgebruiker? Welke samenwerkingsvormen zijn hierbij nodig?
- Hoe kan het proces om aquathermie in te zetten als alternatief voor aardgas worden gestroomlijnd, rekening houdend met de capaciteit en competenties van de hierbij te betrekken partijen?
- Hoe kan de sociaal-economische haalbaarheid worden verbeterd? Hoe maken we goede business cases en realiseren we kostenefficiënte toegang tot warmte voor iedereen? Zijn er meekoppelingskansen?

KOPPELING VAN ONDERGRONDSE WARMTEOPSLAG MET WARMTENETTEN

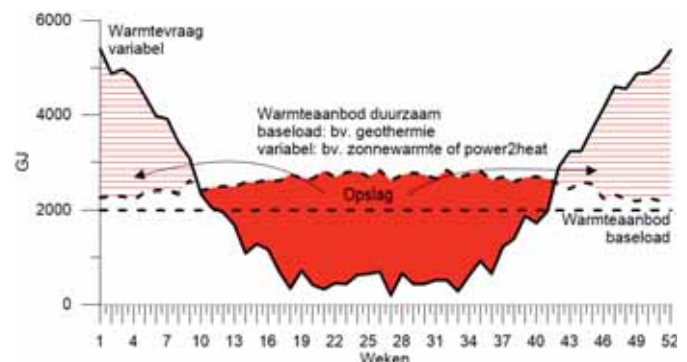
De ondergrondse opslag van warmte in bodemenergiesystemen

gebeurt vooralsnog vooral bij temperaturen beneden 25 °C. Ondergrondse warmte opslag bij hogere temperaturen (HTO) kent belangrijke technische en beleidsmatige uitdagingen, maar ook voordelen voor de energietransitie.

Warmtenetten verzorgen de koppe-

ling tussen warmteaanbod en -vraag. Bij veel warmtenetten is de levering van warmte relatief constant. De warmtevraag varieert echter sterk in de loop van het seizoen. Het overbruggen van deze temporele mismatch is een belangrijke meerwaarde van warmteopslag.

Waar met geothermiebronnen een redelijk constant warmteaanbod gehandhaafd kan worden, zullen andere duurzame warmtebronnen zoals uit zonnewarmtecollectoren, overschotten uit de glastuinbouw en eventueel power-2-heat (P2H) zorgen voor een variabel warmteaanbod. Hierdoor zal de temporele mismatch tussen warmteaanbod en -vraag verder vergroot worden. Een groter deel van de beschikbare warmte zal immers geproduceerd worden in de maanden wanneer de vraag laag is. Voor robuuste warmtelevering en -afname draagt deze ontwikkeling verder bij aan de noodzaak van ondergrondse warmteopslag. De interesse voor de toepassing van dit soort systemen groeit samen met de huidige aandacht voor de ontwikkeling van warmtenetten en geothermiesystemen. Kennis van de werking en optimalisatie van ondergrondse warmteopslag bij hogere temperaturen kan voor een effectieve en verantwoorde versnelling van de Nederlandse energietransitie zorgen.



WARMTEOPSLAG EN DE SDG'S

In het klimaatakkoord wordt geschetst dat de warmtetransitie in de bebouwde omgeving vorm krijgt door inzet van geothermie, aquathermie, restwarmte en duurzaam gas. Opslag van warmte speelt bij vrijwel al deze warmtebronnen een belangrijke rol. De omschakeling naar duurzame bronnen draagt direct bij aan SDG 7 'Affordable and clean energy'. Aanleg van warmtenetten en toepassing van aquathermie kan ook goed worden meegekoppeld met het realiseren van klimaatadaptatie-doelen. Dan is ook SDG 13 'Climate action' aan de orde. Als we goed omgaan met voorzorgsprincipes en als er geen verslechtering optreedt in bodem en water, dan is er ook een relatie met SDG 14 'Life in water' en SDG 15 'Life on land'.

