



Benno Drijver, IF Technology

Joost Kappelhof, Kiwa Water Research, thans Waternet

Erik Polman, Kiwa Gas Technology

Boris van Breukelen, Vrije Universiteit Amsterdam

Methaanwinning uit grondwater duurzaam alternatief met economisch perspectief

In het verleden is met behulp van brongasinstallaties op grote schaal methaan uit grondwater gewonnen. Vanwege de komst van aardgas en bezwaren vanuit de waterschappen wordt deze techniek tegenwoordig nog maar weinig toegepast. Juist nu lijkt methaanwinning uit grondwater echter weer interessanter te worden vanwege de steeds verder oplopende energieprijzen en de wens het broeikas effect tegen te gaan. In opdracht van SenterNovem is een onderzoek uitgevoerd naar de haalbaarheid van methaanwinning uit grondwater¹⁾. Uit het onderzoek blijkt dat het economisch haalbaar kan zijn om methaanwinning toe te passen, met name als dit kan worden gecombineerd met winning van grondwater voor een ander doel, zoals drinkwaterwinning of bemaling van polders.

In het ondiepe grondwater van Noord-Holland, Zuid-Holland, Friesland, het grensgebied van Drenthe en Overijssel en het gebied van de centrale slenk (zie kaart) komen relatief hoge methaangehaltes voor (regelmatig tot 30-50 mg/l). De hoogste methaanconcentratie (65 mg/l) is gemeten in de kop van Noord-Holland bij Schagen. Methaan in het ondiepe grondwater is en wordt nog steeds gevormd door langzame biologische afbraak van organisch materiaal onder sterk gereduceerde condities in de ondergrond.

In veel polders in Noord-Holland en in mindere mate in andere provincies wordt dit methaan vanaf het einde van de 19e eeuw gewonnen met behulp van brongasinstallaties en gebruikt voor verwarming en verlichting^{2),3),4)} (zie afbeelding 2). Brongaswinning werd vooral toegepast in diepe polders, zoals de Beemster en de Purmer. Door een put te maken, stroomde het grondwater door de kweldruk vanzelf toe. Bij het opkwellen neemt de druk in het methaanrijke grondwater af, waardoor (methaan)gasbellen ontstaan. Aan de bovenzijde van de put werd een ketel geplaatst waarmee het vrijkomende gas werd opgevangen. Het kwelwater werd geloosd op het oppervlaktewater. Volgens berekeningen uit de gas- en waterlevering komen bij gasbronnen methaangehaltes van 60-90 mg/l voor⁵⁾. In de hoogtijdagen van

de brongaswinning zijn in Noord-Holland vermoedelijk meer dan 4.000 gasbronnen in bedrijf geweest. Tegenwoordig zijn nog maar 150-200 brongasinstallaties in gebruik in deze provincie²⁾. Deze terugloop heeft vooral te maken met de komst van aardgas en het aan banden leggen van brongaswinning door de waterschappen in verband met de kwaliteit van het geloosde water.

Methaanvoorraad

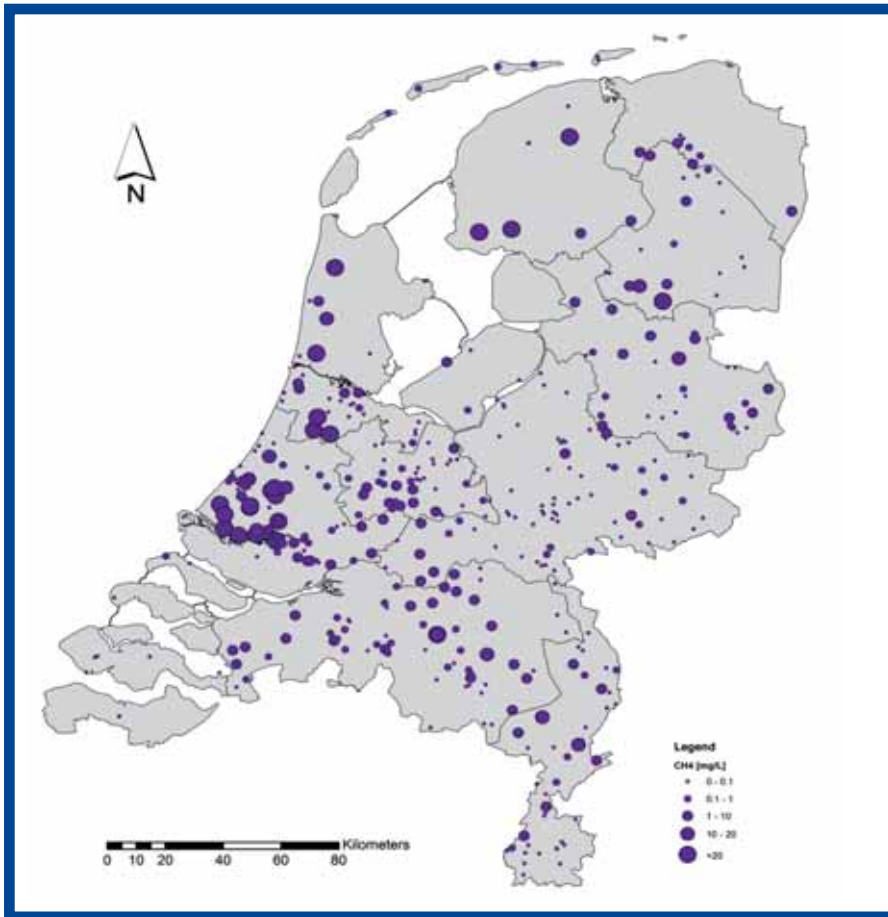
Op basis van de beschikbare metingen is ingeschat dat het gemiddelde methaan-

gehalte in het Nederlandse grondwater 12 mg/l bedraagt. De totale hoeveelheid grondwater tussen maaiveld en de hydrologische basis bedraagt ongeveer 2.000 miljard kubieke meter. De totale geschatte methaanvoorraad in het Nederlandse grondwater komt daarmee op 24.000 kiloton. Qua verbrandingswaarde is dit gelijk aan 42 miljard kubieke meter aardgas, bijna evenveel als de totale jaarlijkse binnenlandse afzet van aardgas in Nederland (tussen 45 en 50 miljard kubieke meter in de periode 1992-2003, cijfers CBS). Dit geeft aan dat

Methaan en het broeikas effect

Na kooldioxide is methaan het belangrijkste gas dat bijdraagt aan de versterking van het broeikas effect door de mens. Methaan is een veel sterker broeikasgas dan kooldioxide. Aangezien methaan in de atmosfeer wordt omgezet in kooldioxide, neemt de invloed op het broeikas effect in de loop van de tijd af. De uitstoot van de broeikasgassen wordt vaak uitgedrukt in CO₂-equivalenten. Internationaal is afgesproken dat hierbij wordt uitgegaan van een periode van 100 jaar. Voor methaan geldt voor die periode een waarde van 21 CO₂-equivalenten. Dat betekent dat één kilo methaan over een periode van 100 jaar 21 maal zoveel bijdraagt aan het broeikas effect als één kilo kooldioxide. Omdat methaan in de eerste jaren nog niet of nauwelijks is afgebroken, is het effect in de eerste jaren het sterkst. Over een periode van 20 jaar geldt voor methaan een waarde van 56 CO₂-equivalenten.

Als bij een grondwateronttrekking het methaan niet wordt afgevoerd naar de atmosfeer maar wordt gewonnen en nuttig ingezet, levert dat naast een energiebesparing ook een beperking op van de emissie van het broeikasgas methaan. Niet alleen de economische haalbaarheid maar ook het milieu kan daarom een belangrijk argument zijn voor methaanwinning.



Afb1.: Gemeten methaangehaltes in het grondwater.

methaanwinning uit grondwater tegenwoordig ook interessant kan zijn voor de energievoorziening. Bijkomend voordeel is dat het sterke broeikasgas methaan in dat geval niet in de atmosfeer terecht komt.

Duurzaamheid winning

In hoeverre methaanwinning uit grondwater op de lange termijn volgehouden kan worden, hangt vooral af van de hoeveelheid methaan die jaarlijks wordt gevormd in de ondergrond. Naar de vormingssnelheid van methaan is nog maar weinig onderzoek gedaan. Op basis van onderzoek door Hanssen e.a.⁶⁾ is de vormingssnelheid voor zandige pakketten in Nederland voorzichtig ingeschat op 0,1 mmol/l/jaar, onder voorwaarde dat geen zuurstof of nitraat aanwezig is en het sulfaatgehalte laag is (< 25 mg/l). Voor klei- en veenlagen zal de vormingssnelheid duidelijk hoger liggen, vanwege een hoger gehalte aan organische stof. Een eerste schatting is dat jaarlijks tussen 160 en 450 kiloton methaan wordt gevormd in het Nederlandse grondwater (komt overeen met 280 tot 790 miljoen kubieke meter aardgas). Tot op zekere hoogte kan hierdoor 'duurzaam' methaan worden gewonnen en kan dit bijdragen aan de energievoorziening. Om de potenties voor langdurige energievoorziening beter te kunnen inschatten, is nader onderzoek naar de werkelijke mate van methaanaanvulling in grondwater noodzakelijk.

Wintechnieken

Voor het winnen van methaan uit grondwater zijn drie technieken beschouwd:

vacuümontgassing, membraanontgassing en via een bellenkolom.

Vacuümontgassing

Een vacuümontgasser is een vat waarin onderdruk wordt gecreëerd met een vacuümpomp. Het te ontgassen water wordt in het vat (meestal een gepakte kolom) verdeeld, zodat een groot uitwisselingsoppervlak ontstaat en de evenwichtssituatie zo veel mogelijk wordt benaderd. Vanwege het vacuüm zal het merendeel van de opgeloste gassen naar de gasfase gaan en via de vacuümpomp worden afgevoerd. Hierbij moet worden gezocht naar het optimum tussen de mate van onderdruk (energieverbruik vacuümpomp) en de extra gasopbrengst.

Tabel 1: Kostenraming mei 2007 (verkooptarieven, in duizend euro).

	Spannenburg		sloot	monobron
	gasnet	gasmotor	micromotor	gasmotor
investeringen	1565	1340	30	157
jaarlijkse kosten				
afschrijvingen	157	134	3,0	15,7
verbruikskosten	125	90	2,9	7,9
jaarlijkse opbrengsten				
elektriciteit (gas)	(778)	423	1,0	10,6
MEP 2,5*	133	133	0,3	3,3
balans	629	332	-4,6	-9,7

* = bij toepassing vergoeding Wkk-installaties (0,022 euro per kWh).

Membraanontgassing

Membraanontgassing wordt gebruikt in de halfgeleiderindustrie waar met deze techniek ultra puur water zuurstofloos wordt gemaakt (zie afbeelding 3). Het water wordt langs membranen geleid die alleen voor gassen doorlaatbaar zijn. Aan de gaszijde van de membranen wordt een onderdruk aangebracht. De installatie heeft een pompfase minder dan vacuümontgassing, omdat de druk in de waterfase niet wordt verlaagd. Het energieverbruik bij membraanontgassing zal daardoor lager zijn dan dat voor vacuümontgassing. De investeringskosten liggen echter hoger. Met de toepassing van membraanontgassing op anaëroob ruw grondwater zijn nog geen ervaringen opgedaan. Leveranciers schrijven een uitgebreide voorbehandeling voor. Wij zijn echter van mening dat de techniek mogelijk zonder vervuiling direct op ruw anaëroob grondwater kan worden toegepast.

Bellenkolom

In een bellenkolom wordt het vrijgekomen gas gerecirculeerd om een groot uitwisselingsoppervlak te creëren. Vooralsnog is aangenomen dat de druk in de bellenkolom gelijk is aan de atmosferische druk. Omdat de gasdruk in methaanrijk grondwater veel hoger is dan de atmosferische druk, zal gas ontwijken uit het grondwater dat door de kolom wordt gevoerd. Het vrijgekomen gas wordt via een gasrecirculatieblower aan de onderzijde van de kolom opnieuw ingebracht. De ingebrachte gasbellen bevorderen de uitwisseling van gassen, waardoor de evenwichtssituatie tussen de vloeistof- en gasfase bij de heersende druk wordt benaderd. De overmaat aan gas wordt afgevoerd.

Om de waarde van het methaanrijke gas te benutten en om emissie van broeikasgas naar de atmosfeer te voorkomen, zijn drie gangbare technieken geëvalueerd: opwerking naar aardgas- en gasmotorkwaliteit en verbranding in een fakkelininstallatie.

Om het methaan te mogen leveren aan het gasnet, moet worden voldaan aan de eisen van de Gasunie en de leveringbedrijven. Die gaan echter niet over aardgasvreemde componenten. Wel wordt op Europees

niveau gewerkt aan uniforme kwaliteitseisen voor biogas. Op basis hiervan zijn specificaties opgesteld die een goede indicatie geven voor de gewenste gaskwaliteit.

In een gasmotor kan de energetische waarde van het methaan worden benut voor het opwekken van elektriciteit. Bij gebruik van het gas in een gasmotor kan ook voorzui- vering nodig zijn, om bijvoorbeeld corrosie of neerslag van siliciumverbindingen in de gasstraat te voorkomen.

Door het methaanhoudende gas in een fakkelin- stallatie te verbranden, wordt het sterke broeikasgas methaan omgezet naar het veel minder schadelijke kooldioxide. Een belangrijke beperking van deze optie is dat de energetische waarde van het methaan niet wordt benut.

Concepten

Oriënterende berekeningen geven aan dat het inrichten van een grondwateront- trekking met als enige doel methaan- winning, voorlopig niet haalbaar zal zijn. Daarom is gezocht naar concepten waarbij het grondwater op een andere manier beschikbaar komt en de eventuele kosten van onttrekking niet hoeven worden meegewogen bij de methaanwinning.

Methaanwinning + grondwateronttrekking

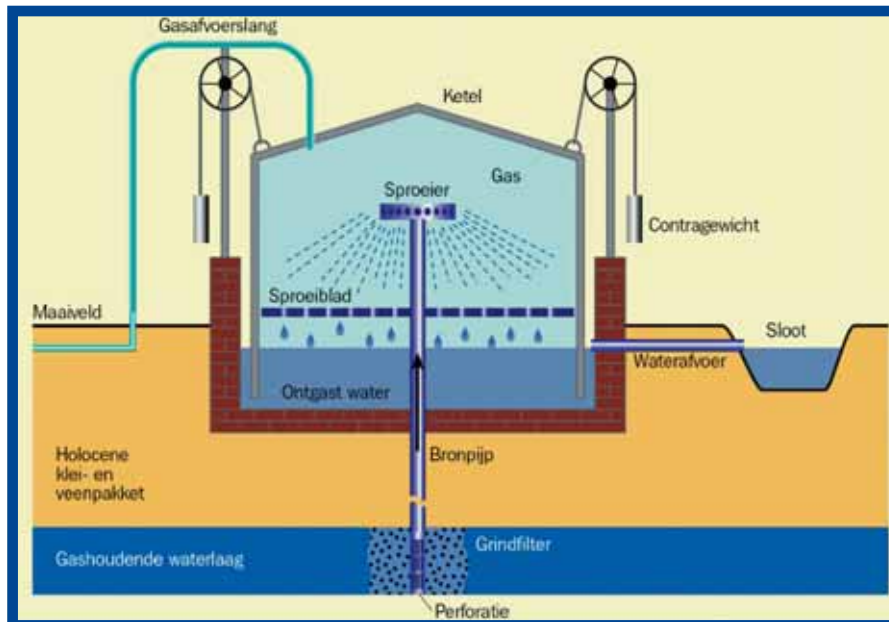
Spannenburg is een bestaande grondwa- terwinning van Vitens in Friesland met een totale grondwateronttrekking van 4.000 kubieke meter per uur en een methaan- gehalte in het grondwater van 45 mg/l. De meest interessante wintechniek blijkt hier membraanontgassing te zijn. Bij membraan- ontgassing tot 0,1 bar absoluut ontstaat een gasstroom van 450 kubieke meter per uur die voor 60 procent uit methaan bestaat. Voor de inzet van het gas is gekeken naar levering aan het gasnet en omzetting in elektriciteit via een gasmotor.

Methaanwinning + beperking verzilting en eutrofiëring

Uitgangspunt voor dit concept is dat de oppervlaktewaterbeheerder in een polder in west-Nederland een monobron aanlegt (één boorgat waarin twee bronfilters worden aangebracht op verschillende diepte: één voor de onttrekking en één voor infiltratie) en exploiteert om de brakke of zoute, eutrofe en methaanhoudende kwel af te vangen en op grote diepte te retourneren. De investerings- en exploitatiekosten voor het verpompen van het grondwater komen niet voor rekening van de methaanwinning. Er is dus alleen gekeken naar de haalbaarheid van methaanwinning uit grondwater dat toch al wordt verpompt voor een ander doel. Uitgangspunt is een monobron van 100 kubieke meter per uur en een methaange- halte in het grondwater van 40 mg/l. Het onttrokken grondwater wordt ontgast tot 0,1 bar absoluut via membraanontgassing (conform Spannenburg), waarbij elf kubieke meter gas per uur vrijkomt met 60 procent methaan. Het gas wordt met een gasmotor omgezet in elektriciteit.

Afvangen van methaan

Het water dat in de polders in west-Ne- derland opkwelt, kan veel methaan bevatten.



Afb 2.: Schematische weergave van een brongasinstallatie.

Door in de bodem van een kwelsloot een membraanslang aan te brengen (waar het kwelwater langs wordt geleid) en hierop een onderdruk aan te brengen, kunnen de opgeloste gassen worden gewonnen. Bij een kwel van 10 cm/d en een methaanconcentratie van 40 mg/l in het kwelwater, is bij een twee meter brede sloot van een kilometer lengte, een gaswinning van circa 0,8 kubieke meter per uur mogelijk met een methaanfractie van 60 procent. Het gas wordt gebruikt voor de opwekking van elektriciteit met behulp van een micro-gasmotor.

Kostenramingen

Voor de concepten is ten tijde van de studie een raming gemaakt van de kosten en de opbrengsten. Bij de opbrengsten is de geproduceerde warmte in de gasmotor niet meegenomen. Wel is rekening gehouden met subsidie vanuit de MEP-regeling (tarief na 1/7/2006). Omdat de tarieven voor elektriciteit en gas inmiddels hoger liggen, is de kostenraming nogmaals uitgevoerd voor dit jaar (mei 2007) (zie tabel 1). Door de sterk gestegen gasprijs (elf eurocent per kubieke meter in 2005 en 23 eurocent

nu) zijn de opbrengsten van het concept met levering aan het gasnet aanzienlijk hoger. Het effect van de prijsstijging van elektriciteit (zes eurocent per kWh in 2005 en zeven eurocent nu) is veel kleiner, waardoor levering aan het gasnet op dit moment gunstiger is dan het opwekken van elektriciteit. Dit geeft de gevoeligheid voor de tarieven aan.

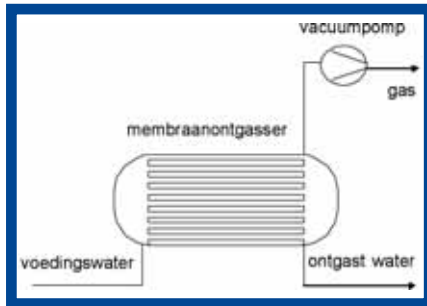
Het gehanteerde tarief geldt voor levering aan het gas-/elektriciteitsnet. Wanneer gas of elektriciteit moet worden ingekocht, liggen de tarieven aanzienlijk hoger (50 eurocent per kubieke meter en twaalf eurocent per kWh). Als wordt aangenomen dat de opbrengst aan gas of elektriciteit voor eigen gebruik kan worden ingezet, wordt afname voorkomen en zijn de opbrengsten veel hoger (zie tabel 2). Ook zou in dat geval het gewonnen gas direct ingezet kunnen worden voor verwarming.

Bij de monobron zijn de kosten ook in dit geval nog iets hoger dan de opbrengsten. Aanvullend is voor de monobron nog een berekening gedaan voor de situatie dat het gewonnen gas met behulp van een (speciale) gasketel wordt omgezet in warmte. Veiligheidshalve is aangenomen dat de

Tabel 2: Kostenraming mei 2007 (inkooptarieven).

	Spannenburg		sloot	monobron
	gasnet	gasmotor	micromotor	gasmotor
investerings	1565	1340	30	157
jaarlijkse kosten				
afschrijvingen	157	134	3,0	15,7
verbruikskosten	125	90	2,9	7,9
jaarlijkse opbrengsten				
elektriciteit (gas)	(1691)	725	1,7	18,2
MEP 2,5*	133	133	0,3	3,3
balans	1542	634	-3,9	-2,1

* = verwachte vergoeding Wkk-installaties (0,022 euro per kWh).



Afb 3.: Schematische weergave van membraanontgassing.

afschrijvingen en verbruikskosten gelijk zijn aan die van de combinatie monobron/gasmotor. Uitgaande van de huidige inkoop-tarieven voor gas zijn de totale opbrengsten in dat geval 45.600 euro per joule en is deze combinatie economisch haalbaar (balans 22.000 euro per joule).

De methaanuitstoot die wordt voorkomen, zou nog kunnen worden omgerekend in kooldioxide-equivalenten en vervolgens gekapitaliseerd via de prijs voor kooldioxide-emissierechten. Uitgaande van een tarief van 20 euro per ton kooldioxide-equivalent gaat het om forse bedragen. Omdat methaan-emissie geen stelsel van emissierechten kent, kunnen deze baten echter niet worden

geïncasseerd. Wel heeft de voorkomen methaanemissie een zekere waarde. Projecten op dit gebied kunnen daarom waarschijnlijk in aanmerking komen voor subsidie.

Conclusie

De casus van drinkwaterwinning Spannenburg valt positief uit vanwege de grote hoeveelheid grondwater die wordt gewonnen, het hoge methaangehalte en het feit dat sprake is van een permanente onttrekking. Belangrijk aspect is ook dat het grondwater toch al wordt onttrokken, zodat de investerings- en exploitatiekosten voor het onttrekken van grondwater niet voor rekening van de methaanwinning komen. Ook bij andere grootschalige permanente grondwateronttrekkingen, waarbij sprake is van een hoog methaangehalte, kan het interessant zijn het methaan te gaan winnen. Bij lagere methaangehaltes en/of kleinere onttrokken hoeveelheden neemt de winst af en kan de haalbaarheid in het geding komen. De monobron in combinatie met de opwekking van elektriciteit pakt daardoor bij de huidige tarieven negatief uit. De monobron in combinatie met de productie van gas voor eigen gebruik is wel haalbaar.

Bij het concept met membranen in de slootbodem zijn de kosten bijna vijf keer zo

hoog als de opbrengsten. Dit concept lijkt daarom voorlopig niet realistisch.

Ten opzichte van anderhalf jaar geleden hebben de stijgende energieprijzen de haalbaarheid van methaanwinning uit grondwater sterk verbeterd, vooral bij levering aan het gasnet. De verwachting is dat methaanwinning uit grondwater in de toekomst ook voor minder grootschalige onttrekkingen haalbaar wordt.

LITERATUUR

- 1) SenterNovem (2006). Methaanwinning uit grondwater om methaanemissie te voorkomen, haalbaarheidsstudie. Kiwa Water Research, Vrije Universiteit en IF Technology.
- 2) Bartstra D. (2003) Gasbronnen in Noord-Holland van 1895 tot heden. Drukkerij Keizer en van Straten.
- 3) Stuurman R. (2001). Brongaswinning op traditionele wijze. TNO-NITG.
- 4) Obdam A. en P. Cleveringa (2001). Gas in de ondiepe ondergrond. Stromingen nr. 2, pag. 35-46.
- 5) Stuyfzand P., F. Lüers en G. Reijnen (1994). Geohydrochemische aspecten van methaan in grondwater in Nederland. H₂O nr. 17, pag. 500-506.
- 6) Hansen L., R. Jakobsen en D. Postma (2001). Methanogenesis in a shallow sandy aquifer, Romo, Denmark. Geochimica et Cosmochimica Acta nr. 65, pag. 2925-2935.