

ENERGIE WINNEN OP DE GRENS TUSSEN ZOUT EN ZOET

Stroom uit de Afsluitdijk

De geplande renovatie van de Afsluitdijk is dé gelegenheid om een proefinstallatie te bouwen voor blue energy: elektriciteit die wordt opgewekt op het grensvlak tussen zout en zoet water. Al over zes jaar kan op de dijk een grote centrale verrijzen.

TEKST RENÉ DIDDE FOTOGRAFIE HOLLANDSE HOOGTE ILLUSTRATIES SCHWANDT INFOGRAPHICS



In 2006 draaide op laboratoriumschaal in Wageningen voor het eerst een blue-energy-installatie van het kaliber schoendoos. Die produceerde elektrische stroom waarop amper een ventilatorpje draaide. Het opgewekte vermogen van 0,1 watt werd in 2009 te Harlingen in zoutfabriek Frisia Zout vertienduizendvoudig tot 1 kilowatt (1 kW). Klinkt indrukwekkend, en dat is het ook, maar het is nog steeds niet meer dan het energieniveau van een stofzuiger.

Toch biedt het achterliggende principe uitzicht op een interessante nieuwe elektriciteitsbron, die bovendien uitermate geschikt is voor deltabewoners.

Blue energy is gebaseerd op het verschil tussen het zoutgehalte van zoet en zout water. Door dunne compartimenten zout en zoet water te scheiden met twee verschillende soorten membranen, kan stroom worden opgewekt, vertellen Bert Hamelers en Cees Buisman, watertechnologen bij de sectie Milieutechnologie van Wageningen UR en bij topinstituut Wetsus in Leeuwarden. Zij zijn van meet af aan betrokken bij de wetenschappelijke ontwikkeling van deze groene vorm van energievoorziening.

Elke seconde stroomt er met het water van de rivieren energie in zee. 'Elektrische energie waar we nu nog niets mee doen', aldus Buisman. 'Als we het zoete en zoute water op de juiste wijze met elkaar in contact brengen, scheelt dat zomaar een of twee elektriciteitscentrales.' In 2013 begint de opmaat voor dit echte werk. Dat gebeurt op de Afsluitdijk, de tachtigjarige grand old lady (bouwjaar 1932) van de Deltawerken. Op het voormalige werkeiland Breezanddijk gaat een kleine blue-energy-demonstratiefabriek draaien met enkele modules die samen een vermogen van 50 kW leveren, wat overeenkomt met dat van een Volkswagen Golf. Als na vier jaar onderzoek dit centraletje naar behoren werkt en de kosten binnen de perken blijven, wordt een basismodule van ongeveer 200 kW gebouwd.

KILOMETER LANG

'Daarmee kunnen we stapelen', zegt Pieter Hack. De in Wageningen opgeleide milieuhygiënisch ingenieur is namens Magneto

Special Anodes betrokken bij de proeven met blue energy. 'Met ongeveer duizend units van 200 kW bouwen we een elektriciteitscentrale van 200 duizend kW ofwel 200 megawatt (MW). Over zes jaar zouden we zo een grote centrale kunnen opzetten, van een kilometer lang en vier zeecontainers hoog', aldus Hack. '200 megawatt', aldus Hack, 'is genoeg voor de elektriciteitsbehoefte van alle 500 duizend huishoudens in Noord-Nederland.'

Voor die verdere ontwikkeling is door Wetsus het spin-off-bedrijf Redstack opgezet – 'Red' staat voor reverse electric dialysis (omgekeerde osmose), een 'stack' is een module van dicht op elkaar geplaatste membranen. Redstack is een joint-venture tussen Magneto Special Anodes (waar Pieter Hack werkt), netwerkbedrijf Alliander en A. Hak (fabrikant van pijpen, leidingen, hoogspanningsmasten). Oudere partners zijn vjzelmaker Landustrie en Hubert Stavoren (onder meer microzeven).

FLINTERDUNNE MEMBRANEN

De bouw van de 50 kW-proeffabriek op de Afsluitdijk en vooral het onderzoek ernaar kosten naar schatting zeven miljoen euro. De helft daarvan komt van het samenwerkingsverband van de noordelijke provincies (SNN); Redstack levert de andere helft. Het consortium werkt samen met Wetsus in Leeuwarden en Fuji in Tilburg. Dat laatste bedrijf is vooral bekend van de fotorolletjes, maar zag de digitalisering van de fotografie bijtijds aankomen. Fuji schakelde over op de ontwikkeling van flinterdunne membranen. De kwaliteit daarvan is mede bepalend voor het succes van een blue-energy-centrale. Hoe gemakkelijker de natrium- en chloor-

ionen kunnen passeren hoe hoger het rendement van de stack. Ook de zogeheten spacers – kunststofgaasjes om de afstand tussen de membranen te handhaven – spelen een belangrijke rol, vertelt Pieter Hack. 'Daardoor stroomt het water gemakkelijker langs de membranen en daalt de verontreiniging ervan.'

Deze zogeheten fouling van de membranen is nog een punt van zorg. Hack: 'Als de membranen dichtslibben, zoals een koffiefilter, daalt de stroomproductie. We zeven alle microplankton en slibdeeltjes tot vijftig micrometer uit het water, maar het echt fijne spul komt mee.' Door het ompolen van de stacks, waarbij zout en zoet water even de andere kant op stromen, is het mogelijk de membranen schoon te spoelen, verwacht Hamelers. 'Mogelijk kunnen ook luchtballen soelaas bieden of chloreren we de stack zo nu en dan licht met chloor.'

AFSLUITDIJK OP DE SCHOP

Demissionair staatssecretaris van Milieu Joop Atsma (CDA) stelde dit voorjaar bij een werkbezoek aan de Afsluitdijk dat de dijk blue-energy-proof moet zijn. Omstreeks 2015 gaat de Afsluitdijk op de schop en er moet dan ruimte worden gereserveerd voor blue energy, vindt de staatssecretaris. Dat de dijk toe is aan een grote beurt, lijkt geen twijfel. 'Na tachtig jaar begint het beton van de twee sluiscomplexen bij Den Oever en op het Kornwerderzand slijtage te vertonen', vertelt Yolande van der Meulen van Rijkswaterstraat. De van origine Wageningse bioloog is als projectdirecteur Afsluitdijk verantwoordelijk voor de veiligheid. In verband met de stijgende zeespiegel is het, naast de versterking van de sluis- >

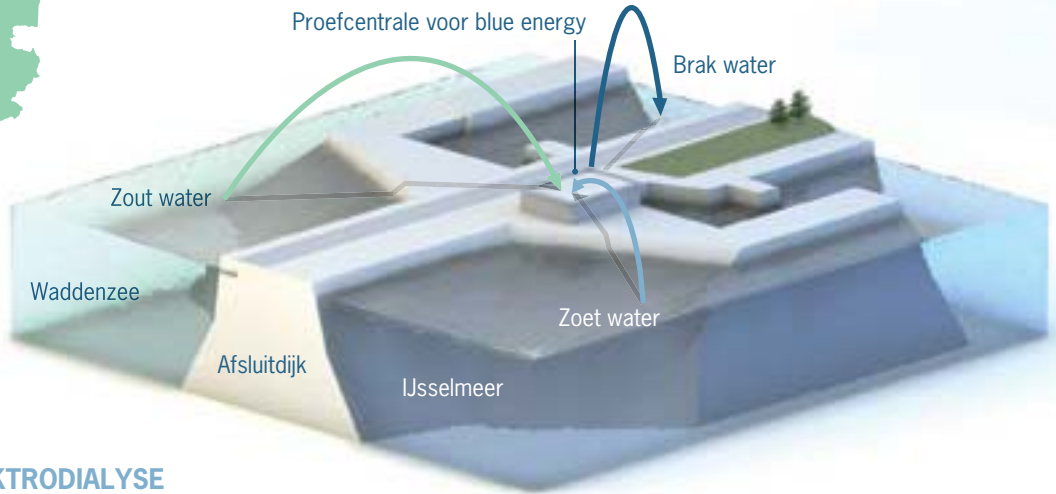
'Als de membranen dichtslibben daalt de stroomproductie'

BLUE ENERGY



Op de Afsluitdijk wordt een energiecentrale gebouwd die stroom gaat opwekken door gebruik te maken van zoet en zout water.

De centrale voert via pijpleidingen zoet IJsselmeerwater en zout water uit de Waddenzee aan. Brak water wordt geloosd.



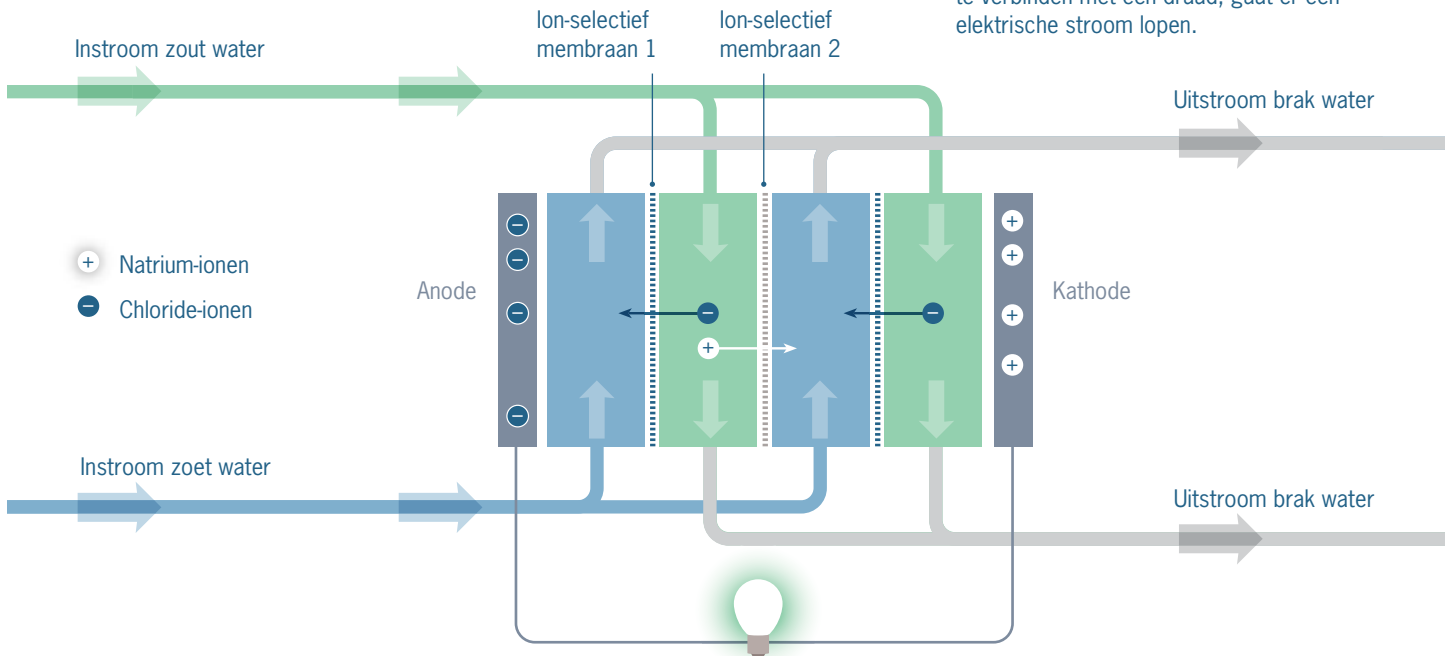
OMGEKEERDE ELEKTRODIALYSE

Blue energy wordt opgewekt door gebruik te maken van omgekeerde elektrolyse.

In gescheiden compartimenten stromen zout water (met daarin natriumchloride) en zoet water langs twee verschillende ion-selectieve membranen.

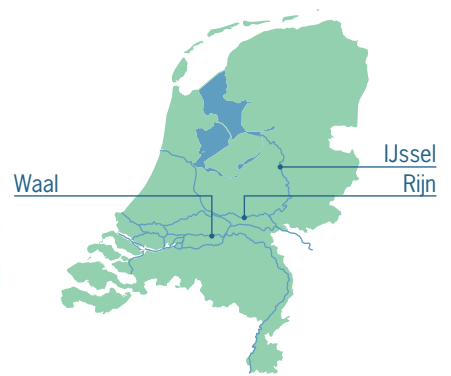
Het ene membraan laat alleen positief geladen deeltjes (natrium-ionen) door, het andere alleen negatieve (chloride-ionen).

De ionen verzamelen zich in de buitenste twee compartimenten. In het ene ontstaat een tekort aan positieve en in het andere een tekort aan negatieve ionen. Door beide te verbinden met een draad, gaat er een elektrische stroom lopen.




VEEL POTENTIE

Blue energy maakt gebruik van het verschil in ionenconcentraties tussen zoet en zout water, en is daarmee een interessante nieuwe elektriciteitsbron voor Nederland.



Elektrisch vermogen van rivierwater dat in zee stroomt:

 **1 m³** = **1**
rivierwater megawatt

Wateraanvoer van de Rijn, Waal en IJssel per seconde:

2.700 m³

Energiepotentieel van blue energy voor deze Nederlandse rivieren:

3.000
megawatt

Als de proefresultaten van een rendement van 70 procent ook in de praktijk worden gehaald, heeft blue energy in Nederland een energiepotentieel van:

2.000
megawatt

Ter vergelijking: energiepotentieel van een moderne kolencentrale:

900-1.200
megawatt

Ter vergelijking: energiepotentieel Amaliawindpark in de Noordzee:

120
megawatt

Op termijn kan blue energy daarmee in 12 procent van de Nederlandse vraag naar elektriciteit voorzien:



Blue energy leent zich ook voor kleinschaliger centrales. Industriële bedrijven of grote instellingen als havenbedrijven zouden met blue energy in hun eigen behoefte kunnen voorzien.



Toekomstig energiepotentieel proefcentrale Afsluitdijk:

200
kilowatt

Bij goede resultaten wordt over vier jaar een module van ongeveer 200 kW gebouwd. Duizend geschakelde units van 200 kW leveren 200 MW: voldoende voor de elektriciteitsbehoefte van alle huishoudens in Noord-Nederland.

complexen, noodzakelijk om de dijk 'overslagbestendig' te maken. Stormen zullen in toenemende mate water over de dijk zwiepen. 'Ook moet de spuicapaciteit worden vergroot, gezien de verwachte peilverhoging op het IJsselmeer', legt Van der Meulen uit. Blue energy is een van de ambities die nadrukkelijk meeliften met de versterking van de dijk. Aanvankelijk tekenden vier consortia voor spectaculaire plannen, waarin naast veiligheid ook natuur, recreatie, vervoer en wonen veel aandacht kregen. Kwelders aan de Waddenzeezijde zouden bijvoorbeeld de ergste golven breken en tegelijk een buitengewone natuurambitie realiseren. Alle vier de plannen boden ook ruimte voor een blue-energy-centrale, maar vanwege bezuinigingen schopte geen van de plannen het verder dan schetsen en artist impressions.

Voor de verbetering van de veiligheid is 600 miljoen euro uitgetrokken, aldus Van der Meulen. 'Die gaat voor de helft op aan overslagbestendig maken van de IJsselmeerszijde van de dijk en de andere helft besteden we aan versterking van de kunstwerken, zoals de sluisen.' Daarnaast is 20 miljoen euro beschikbaar gesteld voor 'regionale ambities'. De regio zelf zal ook 20 miljoen inbrengen. Van der Meulen ziet mede hierdoor kansen om de mooiste pareltjes uit de eerdere plannen te realiseren. 'Blue energy hoort daar zeker bij, maar eerst moeten de onderzoekers aantonen dat alles werkt onder praktijkomstandigheden. Onder andere het gehalte aan zeer fijne sedimentdeeltjes die met het zoete IJsselmeerwater in de installatie komen, is nog onderwerp van onderzoek', zegt ze. Blue energy past, samen met een project voor zonnepanelen, in de ambitie voor 'de energieneutrale dijk', aldus de projectleider. Een opgeschaalde vorm van de proeffabriek kan de benodigde stroom leveren voor de verlichting langs de dijk en voor sluisen en gebouwen.

BRAK WATER

De blue-energy-centrale sluit ook aan bij een ander interessant idee: combineer de renovatie van de Afsluitdijk met de aanleg van een zogeheten vismigratierivier. Nadat de membranen het verschil in zoutcon-

'Vissen moeten in zee de rivier al kunnen ruiken'

centratie tussen zout en zoet water hebben benut, moet een forse partij brak water worden gespuid en dat zou een rol kunnen spelen bij de overgang tussen de zoute Waddenzee en zoete IJsselmeerwater. Momenteel kunnen vissen twee keer per dag gedurende korte tijd, vlak na het openen en vlak voor het sluiten van de sluisdeuren, van de Waddenzee naar IJsselmeer en vice versa migreren. Ze moeten dan in één keer een zoute of zoete 'shock' ondergaan. Een permanente opening kan dat makkelijker maken, bijvoorbeeld in de vorm van een estuariumstrook dwars door de dijk, met een geleidelijk overgang tussen zout en zoet. Die moet aansluiten op een diepe geul in de Waddenzee, de Doove Balg, en moet zo worden aangelegd dat er geen zout water in het IJsselmeer komt.

Wetsus-wetenschappers Hamelers en Buisman opperen dat het geproduceerde brakke water door de blue-energy-centrale mogelijk als lokstroom en overgang kan fungeren voor vissen die op weg zijn van zout naar zoet. De Waddenzee lijkt daarvoor de meest aangewezen plek, maar ook een locatie in de vismigratierivier zou een optie kunnen zijn.

LOKSTROOM VOOR VISSEN

Dat klinkt aantrekkelijk maar er zullen nog belangrijke vragen moeten worden beantwoord, klinkt het bij zee-onderzoeksinstituut IMARES Wageningen UR op Texel, een van de initiatiefnemers van de vismigratierivier. 'We moeten eerst meer weten over de kwaliteit van het te spuien brak water, zegt onderzoeker Martin Baptist, tevens lector aan Hogeschool Van Hall Larenstein, onderdeel van Wageningen UR. Om te fungeren als lokstroom voor paaiende vissen moet dit water niet door filters van alle

leven zijn ontdaan. 'Vissen als de zalm en de Atlantische steur, die de grote rivieren nodig hebben om te paaien, moeten in zee de rivier al kunnen 'ruiken'', aldus Baptist. 'Ik ben voorstander van blue energy, maar het proces vergt veel voorzuivering. Zitten er nog wel dierlijk en plantaardig plankton en voedingsstoffen in het brakke water? En als ik hoor dat ze de membranen mogelijk met chloor gaan schoonspolven, wil ik toch eerst meer informatie hebben.'

Verder wijst de IMARES-onderzoeker op de enorme waterstroom van 400 kubieke meter water die per seconde door een 200 MW-centrale wordt gespuid. 'Dat is meer dan de gemiddelde afvoer van de IJssel', aldus Baptist. Mogelijk past die enorme plas niet in het 'bouwen met de natuur'-concept dat de ontwerpers van de vismigratierivier voor ogen staat.

Bij Wetsus erkennen Cees Buisman en Bert Hamelers dat op het punt van de ecologie nog vragen te beantwoorden zijn. Misschien moet het brakke water eerst worden gemengd met onbehandeld zout en zoet water, waardoor er bijvoorbeeld meer sedimentdeeltjes en mineralen worden geloosd in de Waddenzee', zegt Buisman. Ook Pieter Hack van Redstack meent dat de voordelen of nadelen voor de natuur nog nader moeten worden onderzocht. Ook met het oog op toekomstige exportkansen kunnen slimme synergetische effecten tussen blue energy en natuur een voordeel vormen. 'In Zuid-Korea wordt gestudeerd op de bouw van een hele rij 'afsluitdijken', aldus Hack. 'Wat is er dan mooier dan dat er tegelijkertijd blue-energy-centrales worden gebouwd, de veiligheid wordt verbeterd én ook de natuur profiteert. Er liggen daar grote kansen voor de Nederlandse universiteiten, ingenieursbureaus en baggeraars.' ■