UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Δ-POWER

Inauguratie van Jacob van Berkel,
Lector Duurzame Energie in de Delta,
HZ University of Applied Sciences
2 november 2017

INHOUD

Inleiding **3**
Delta's: bedreigingen en kansen **4**
Energie in de Delta **5**
Transitie naar duurzame energie in delta's 7
Opslag van duurzame energie in delta's 8
Veranderend deltalandschap 9
Energie en Water **10**
Energie van Water 10
Energie voor Waterveiligheid: "pompen of verzuipen" 12
Energie & Water Symbiose: multifunctionele watercentrales 14
Lectoraat Δ-Power **17**
Voorbeeldproject: Spelen met Stroom(ing) 17
Voorbeeldproject: Ports Energy and Carbon Savings (PECS) 18
Toegepast onderzoek in het Lectoraat Δ-Power 19
Samenvatting in stellingen: **21**
Eindwoord: "HTS revisited" **21**
Referenties: **23**

INLEIDING

Beste mensen;

Hartelijke dank voor het bijwonen van mijn inauguratie als lector aan HZ University of Applied Sciences in Vlissingen. Het is me een genoegen u met deze rede een doorkijkje te geven in het thema energie en water in delta's en de transitie naar een duurzame energievoorziening.
Ik hoop u deze middag mee te geven dat energie en water in rivierdelta's al een eeuwenoud thema is, en ook nu en in de komende jaren zeer actueel. Er liggen grote uitdagingen in deltagebieden. In delta-gebieden komen kansen maar ook problemen samen.
Vanwege de bevolkingsdichtheid en industrie zijn het gebieden met een hoge energievraag en dus een grote opgave voor wat betreft de transitie naar een duurzame energie-voorziening. Anderzijds ondervinden juist ook deltagebieden de gevolgen van de klimaatverandering die wordt veroorzaakt door gebruik van grote hoeveelheden fossiele brandstoffen. Recente voorbeelden van overstromingen laten zien dat met een stijgende zeespiegel juist laaggelegen gebieden het hoofd lastiger boven water kunnen houden.
Maar er liggen ook grote kansen: liggend op de grens van water en land bieden deltagebieden mogelijkheden voor ontwikkeling van "Energie-van-water", waarmee wordt bedoeld energievoorziening die gebruik maakt van de energie in het water zelf, of van de elementen (bijvoorbeeld wind en zon) op het water.
Het is niet toevallig dat dit lectoraat juist in Zeeland "land in zee" is ingericht. Zeeland heeft een oppervlakte/kustlijn-verhouding van 6 km^2/km, hetzelfde als een eiland met een straal van 12 km: de kust is nooit ver weg. Zowel de provincie als het bedrijfsleven heeft bijzondere belangstelling voor energie van water, wat ook blijkt uit de getijenergieprojecten bij de Brouwersdam en de Grevelingendam (Leenaers, 2012).
Na deze inleiding en preciezere omschrijving en afbakening van de kernbegrippen zal ik in deze voordracht ingaan op de ontwikkeling van de energievoorziening in delta's, de energietransitie en de rol van energie-van-water daarin.
Om de thema's concreet te maken zal ik afsluiten met de wijze waarop we het thema "Duurzame Energie in de Delta" uitwerken in onderzoek en onderwijs binnen het lectoraat en HZ University of Applied Sciences.
Ik hoop dat u inzicht krijgt in de bijzondere kansen van delta's, specifiek in de Nederlandse Zuidwestelijke delta.

Jacob van Berkel,
2 november 2017

DELTA'S: BEDREIGINGEN EN KANSEN

Delta's zijn bijzondere regio's. Wikipedia omschrijft delta's als: "stelsel van aftakkingen van een rivier, voordat deze in zee, oceaan of in een groot meer uitmondt". Op de grens van land en water, gevormd door complexe geofysische- en hydrodynamische processen. Tessler (2015) geeft een overzicht van de 33 grootste delta's op aarde, zie figuur 2.

Kenmerken van delta's zijn dat ze grenzen aan betrekkelijk ondiep water en vanwege afzetting van organisch materiaal en ruime aanwezigheid van water vruchtbaar zijn. Vanwege deze aspecten worden delta's multifunctioneel gebruikt voor wonen, landbouw, industrie, visserij en recreatie, en het is daarom niet verwonderlijk dat delta's onder druk staan.
De belangrijkste oorzaken daarvoor zijn:

1. Urbanisatie: Mensen trekken naar (mega) steden, die voor een deel in delta's liggen. Delta's beslaan ongeveer 1 % van het landoppervlak, maar nu al wonen er ongeveer 500 miljoen mensen (IGBP, 2017), ongeveer 7 % van de wereldbevolking. Verwacht wordt dat dit aantal stijgt naar 650 miljoen mensen in 2050 (Meyer, 2016).
2. Delta's zinken. Door inklinken van de bodem, mede als gevolg van grondwateronttrekking (zoals in Jakarta) daalt de bodem in 24 van de grootste delta's. In combinatie met de stijging van de zeespiegel vormt dit een bedreiging. Ook in Nederland treedt dit probleem op en we zien ons genoodzaakt tot het verhogen van dijken en het verhogen van spuicapaciteit (afvoer) van rivierwater.
3. Energievoorziening is ook in delta's nog (lang) niet duurzaam. In het vervolg van deze voordracht zullen we zien dat een duurzame energievoorziening vooral veel ruimte vraagt. Vanwege de drukte in delta's is deze ruimte maar beperkt beschikbaar.

Er liggen ook kansen in de delta, zoals in Nederland. We hebben een lange traditie in waterbouw; waterschappen behoren sinds 1122 tot de oudste instituties van het Nederlandse staatsbestel. En anders dan in bijvoorbeeld de USA zijn in Nederland normen voor waterveiligheid in de wetgeving verankerd (Aerts, 2017). Door de voortdurende strijd tegen het water heeft Nederland een wereldnaam opgebouwd als waterbouwer: Nederlandse baggeraars en offshore bedrijven zijn wereldwijd actief. Nederlandse universiteiten en kennisinstellingen behoren ook wat water betreft tot de beste ter wereld. Sinds de recente overstromingen in de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk koesteren we de oproep "Bring in the Dutch!".
De Nederlandse bedrijven zien de Nederlandse Delta als een proeftuin, als showcase voor demonstratie van waterbouw en energietechniek, gericht op export.

Figuur 2
Delta's in de wereld:
a) wereldwijd overzicht b) delta van Bangladesh

ENERGIE IN DE DELTA

Delta's vragen veel energie, gebruikelijk gedefinieerd als "de mogelijkheid om verandering (arbeid, licht, warmte) te bewerkstelligen". Vanwege de goede verbinding met het achterland (via de rivieren) en de zee zijn delta's een geschikte vestigingsplaats voor grote industrieën. In sommige delta's domineert de industriële energievraag. Dit geldt zeker ook voor de Nederlandse delta: 40% van de totale nationale energievraag (~3300 PJ) komt voor rekening van de industrie (CBS, 2016).
De kunstmestfabriek Yara in Sluiskil (Zeeuws-Vlaanderen) alleen al gebruikt ongeveer 2 miljard m^3 aardgas per jaar (Yara, 2016), wat ongeveer 10 % is van de hoeveelheid die aan het Groningse aardgasveld wordt onttrokken.
De hoge industriële energievraag draagt bij aan een hoge totale energievraag per inwoner. Voor Nederland is dat 188 GJ/(persoon.jaar) (~6 kW-continu), terwijl het wereldgemiddelde op ongeveer 80 GJ/(persoon.jaar) (2,5 kW) ligt. Voor de provincie Zeeland met veel industrie en relatief weinig inwoners ligt het gebruik nog hoger, op 341 GJ/(jaar.inwoner) (~11 kW).
Ter vergelijking: het vermogen dat we zelf kunnen ontwikkelen is aanzienlijk kleiner.
Een fit persoon kan uit spierkracht langdurig ongeveer 200 W leveren. Dit toont onze sterke afhankelijkheid van (externe) energie en de uitdaging waarvoor we staan als we die energie uit duurzame bronnen willen putten.
Een van de oudste vormen van mechanische energieopwekking is getijenergie.
In Nederland zijn ongeveer 22 getijmolens actief geweest, waarvan er 16 stuks in de huidige provincie Zeeland (getijmolens, 2017). De oudste Nederlandse getijmolen dateert van 1220 in

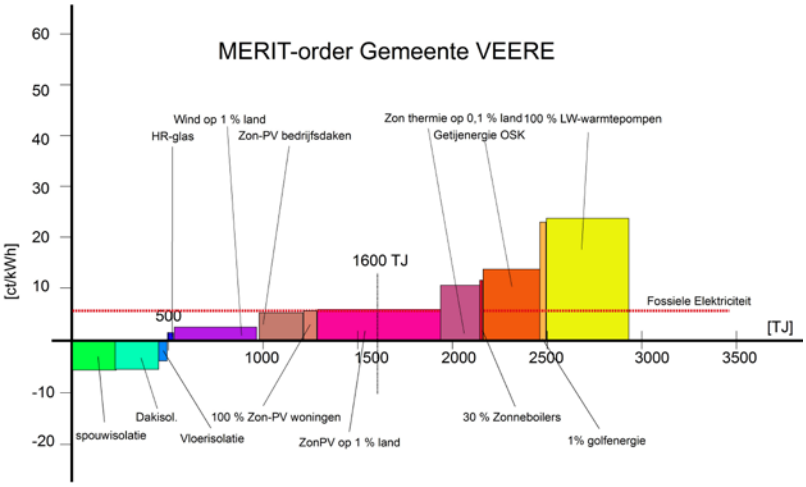
Zierikzee. Dit is ver voor de opkomst van moderne turbines voor groot verval, ontwikkeld aan het begin van de 19e eeuw (Varchmin, 1981). De verschillen in waterstand bij eb en vloed in Zeeland plaatsten dit gebied in een relatief gunstige positie voor het gebruik van de getij-energie als aandrijving.
Door de regelmatige (en goed voorspelbare) getijwerking waren getijmolens goede concurrenten van de windmolens, die afhankelijk zijn van een wisselvalliger wind. Anders dan bij watermolens in rivieren, moest bij getijmolens een watervoorraad (spuikom) worden aangelegd die tijdens de vloedstroom werd gevuld en bij eb werd geleegd. In de sluis die deze kom van de verbinding naar de zee scheidt, werd de getijmolen gebouwd, vaak in havens zodat de spuistroom niet alleen de molen in werking zette, maar tevens meteen de haven schoonspoelde. Met de mechanisatie en modernisatie van baggerwerktuigen verloor de spui z'n functie. Met intrede van fossiele brandstoffen en stoommachines verdwenen ook de molens. Spuistraten en spuikommen zijn veelal nog bewaard gebleven, zoals in Vlissingen en Oostende.Tegenwoordig wordt de benodigde energie meestal niet in de deltagebieden zelf gewonnen, daarvoor zijn ze veelal te klein. Juist de Nederlandse delta met het Groningse gasveld vormt daarop een uitzondering.
Opwekking van elektrische energie vindt op dit moment hoofdzakelijk plaats in elektriciteitscentrales, met geïmporteerde kolen, olie en gas. Vanwege energie- en kostenvoordelen zijn dat grote eenheden (~1000 MW), die vanwege de noodzakelijke koeling en aanvoer van brandstof vaak aan het water (rivieren, zeeën) staan.
Ondanks de relatief grote energievraag, bevolkingsdruk en grondgebruik zijn ook deltalanden gehouden aan de klimaatdoelstelling die is overeengekomen op de COP21-conferentie in Parijs in 2015. Kern van dat akkoord is een beperking van de temperatuurstijging in 2050 (in vergelijking met het pre-industriële tijdperk) tot bij voorkeur 1,5 K. Om dit te bereiken moet de emissie van broeikasgassen (veroorzaakt door verbranding van fossiele brandstoffen) met 80-95 % reduceren ten opzichte van het niveau van 1990 (PBL, 2015).
Het is een spannende vraag of, gezien de druk op de delta's, deze kunnen voldoen aan het klimaatakkoord van Parijs.

Figuur 3
a) Voormalige getijmolen te Middelburg
b) Kerncentrale Borssele

TRANSITIE NAAR DUURZAME ENERGIE IN DELTA'S

Als wordt afgezien van afvang & opslag van geëmitteerde CO_2, zijn de klimaatdoelen alleen te halen door overgang naar duurzame (hernieuwbare) energiebronnen. Wat betreft het begrip "duurzaam" volgen we hier de interpretatie van het Bruntlandrapport "Our Common Future" uit 1986: "Voldoen aan behoeften van de huidige én van de toekomstige generaties". Wat die behoeften zijn is niet helemaal helder, maar duidelijk is dat we een grote behoefte aan energie hebben: per jaar gebruiken we wereldwijd bijna 600 EJ aan energie. Dit is een onvoorstelbaar grote hoeveelheid. Als we het uitdrukken in een hoeveelheid benzine, dan gebruiken we per seconde een hoeveelheid zo groot als het volume van de ruimte waar we ons nu in bevinden. Aldus gebruiken we in decennia de wereldvoorraden aan gas en olie, die in het Carboon (300-360 miljoen jaar geleden) zijn gevormd. Dat dit niet duurzaam is, begrijpen we. Bekende duurzame bronnen zijn energie van zon, wind en water, met als primaire bron de zon, met nog een verwachte levensduur van 5 miljard jaar: deze periode is lang genoeg om zonne-energie als duurzaam te beschouwen.

Merk daarbij op dat zonne-energie een vorm van kernenergie is, met de reactor op veilige afstand en zonder het afvalprobleem dat kernenergie op aarde juist niet duurzaam maakt.
Delta's bieden mogelijkheden, juist voor duurzame energieopwekking. Gelegen aan riviermondingen, estuaria en zeeën en oceanen zijn er opties voor energie uit wind, zon, zoet- en zout water en de bodem.
Gezien de vele mogelijke maatregelen en technieken is het niet eenvoudig om de beste optie te kiezen. Als voorbeeld geef ik het resultaat van een verkenning voor de gemeente Veere (Walcheren) (Berkel, 2017). Deze gemeente wordt gekenmerkt door vrijwel volledige afwezigheid van industrie. Energie voor woningen (vooral verwarming) en mobiliteit zijn de grootste energieposten in de gemeente.
In figuur 4 is op de horizontale as uitgezet het potentieel (in TJ) van duurzame energieopties en op de verticale as de kostprijs van de geleverde (of bespaarde) energie (in €ct/kWh).
Opties met een negatieve kostprijs leveren geld op en het blijkt dat dit de isolatiemaatregelen in de woningbouw zijn. Duidelijk wordt dat wind-op-land, zon-thermische collectorvelden, zon-PV op woningen, bedrijfsdaken en velden kosteneffectieve opties zijn. De kostprijs van de geleverde elektriciteit van deze opties is van

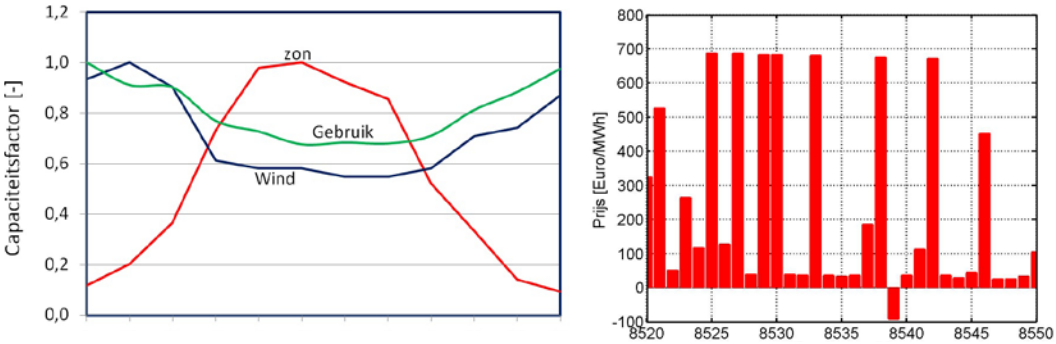


Figuur 4 Potentieel en kosten van duurzame energieopties voor de gemeente Veere.

dezelfde orde als van elektriciteit opgewekt uit fossiele brandstoffen (de rode stippellijn). Elektriciteitopwekking uit golfenergie, getijenergie (Oosterscheldekering) en warmtepompen zijn potentieel interessante, maar op dit moment nog duurdere opties.

OPSLAG VAN DUURZAME ENERGIE IN DELTA'S

Opslag van energie is cruciaal in een systeem met intrinsiek variabele bronnen en gebruikers. Het in evenwicht houden van onze energievoorziening is onderwerp van het lectoren-platform LEVE (Lectorenplatform Energievoorziening in Evenwicht) dat dit jaar is opgericht onder aanvoering van de Hogeschool Arnhem Nijmegen (HAN), waaraan het lectoraat Δ-Power bijdraagt.
De noodzaak van opslag speelt op verschillende tijd- en ruimteschalen: gebruik van energie is vaak afhankelijk van seizoenen, dagen en soms uren. Seizoensopslag wordt daarbij als grootste uitdaging gezien; De benodigde opslagcapaciteit is groot, terwijl de opslag maar 1 keer per jaar wordt gebruikt. In warme (zonnige) perioden is er betrekkelijk weinig behoefte aan licht en verwarming (in sommige streken wel aan koeling), terwijl het aanbod uit zonne-energie groot is. Gelukkig helpt ons windklimaat hier een handje: zoals uit figuur 5a blijkt, is er bijvoorbeeld voor Nederland gelijktijdigheid in het (lang-jaarlijks gemiddelde) aanbod van windenergie en de vraag naar energie.
Dit reduceert de benodigde omvang van seizoensopslag (Croes, 2017).
Opslag op een tijdschaal van minuten en seconden wordt in het elektriciteitsnet gebruikt met het oog op flexibiliteit: het op elkaar afstemmen van vraag en aanbod.
Voor stabilisatie van spanning en frequentie wordt per kwartier elektrisch vermogen in- of afgeschakeld. Ook hier is er marktwerking: bij productieoverschot is de prijs van elektriciteit laag (tot zelfs negatief; de afnemer krijgt geld toe). Bij productie-tekort is de kWh-prijs hoog en wordt betaald voor bijschakelen van elektrisch productievermogen, zie figuur 5b.
Met het naar believen snel opnemen en afgeven van elektriciteit kan geld worden verdiend. Dit is dan ook een aanleiding voor deze hogeschool om met 10 partners onderzoek te doen naar snel-schakelende getijcentrales. Hierop kom ik later terug.

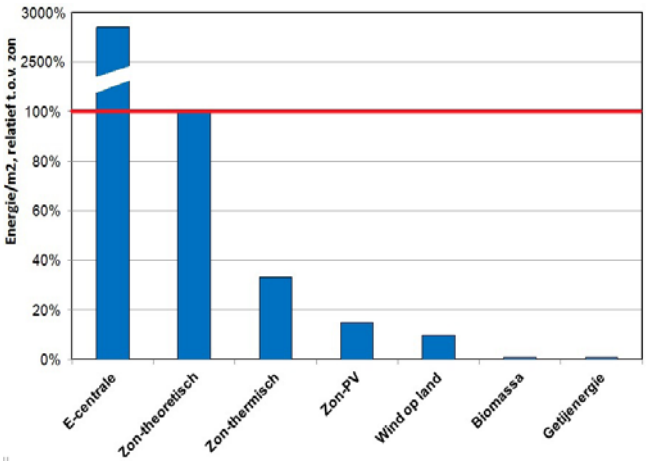


Figuur 5 a) Jaarlijkse variatie van energievraag (CBS) en gemiddeld aanbod van windenergie (bron: ISET) en zonne-energie (NEN5060), b) Prijs per kwartier (voorbeeld 2015)

VERANDEREND DELTALANDSCHAP

Het deltalandschap zal veranderen, niet alleen vanwege de stijgende zeespiegel of het wegzinken van de bodem. Inzet van duurzame energiebronnen vraagt veel ruimte. Figuur 6 geeft de energie-intensiteit van elektriciteits-bronnen, genormeerd met de intensiteit waarmee zonne-energie het aardoppervlak bereikt (in Nederland 1000 kWh/(m^2.jaar). Het wordt duidelijk dat elektriciteitscentrales zoals we die nu kennen (kernenergie- olie en gas) een zeer grote energiedichtheid hebben, daarmee relatief weinig ruimte vragen en slechts lokaal dominant zijn in het landschap. Duurzame technieken met een betrekkelijk lage energiedichtheid vragen daarentegen veel oppervlak. Niettemin leert een eenvoudige rekensom dat ook de delta-provincie Zeeland -in principe- in z'n eigen energiebehoefte zou kunnen voorzien, ondanks de grote industriële energievraag. Het huidige totale provinciale gebruik van 130 PJ zou kunnen worden opgewekt bijvoorbeeld met ongeveer 200 km^2 zonnevelden, of ongeveer 300 km^2 wind op land. Dit is respectievelijk 11- en 17% van het landoppervlak van de provincie. Dit is een groot oppervlak en zou een ingrijpende verandering in het huidige landschap betekenen.

Relevant in dit verband is dat het huidige areaal landbouwgrond van 1369 km^2 in de provincie Zeeland ook energiebouw betreft maar dan voor voedselproductie (deels bedoeld voor export). Als 15-20 % van de landbouwgrond ingezet zou worden voor elektriciteitsproductie, zou Zeeland energieneutraal zijn.
Duurzame energie vraagt een andere kijk op ons landschap. Het is in dat opzicht goed om te realiseren dat vóór de komst van kolen, olie en aardgas we wel gewend waren aan extensieve energiebouw. De verveningen van turf voor de energievoorziening in de 19e eeuw legde ook een groot ruimtebeslag. Alleen al de vervening van de Loosdrechtse en Vinkeveense plassen (hoofdzakelijk voor de stad Amsterdam) beslaat een oppervlak van ongeveer 4600 ha (46 km^2).
Deltagebieden zullen niet alleen op het land veranderen, maar ook op het water. Water is ruim voorhanden in delta's: van de provincie Zeeland is 40 % van het oppervlak water.
En de Noordzee ligt aan de provinciegrens. Vanwege het meervoudig landgebruik in delta's ligt het voor de hand om te kijken naar energie van water. Met "van water" wordt overigens bedoeld uit het water zelf, vanaf- of boven het wateroppervlak. Hoeveel energie is van het water te winnen?



Figuur 6
Intensiteit van energiebronnen

ENERGIE EN WATER

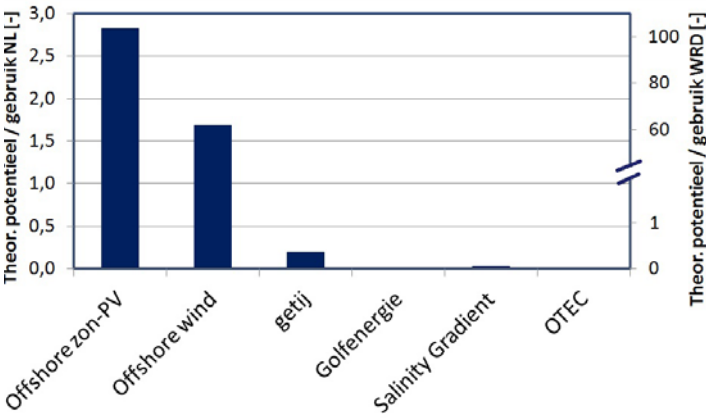
ENERGIE VAN WATER

Op dit moment is energie uit traditionele waterkracht (uit rivieren) al de grootste bron van duurzame elektriciteit. In 2016 werd 3975 TWh (14 EJ) elektriciteit geleverd, wat overeenkomt met 16 % van het wereld elektriciteitsgebruik. Een recent uitgevoerde studie van de Technische Universiteit Delft (Hoes, et al. 2017) laat zien dat het theoretisch potentieel van traditionele waterkracht ongeveer 33 % van het wereld elektriciteitsgebruik bedraagt.

Voor het potentieel voor energie van water (in bredere zin) moeten we kijken naar het totaal beschikbare wateroppervlak op aarde. Zeer theoretisch is een wateroppervlak beschikbaar van 365,5 miljoen km². Voor Nederland liggen toepassingsmogelijkheden voor energie van water vooral offshore, op het Nederlandse deel van de Noordzee, met 59000 km² aan oppervlak, ruim 1,5 keer groter dan het Nederlandse landoppervlak. De Noordzee rekenen we daarbij voor het gemak tot de delta. Zo heel vreemd is dat niet, want nog maar 7000 jaar geleden lag het niveau op zee ongeveer 120 meter lager en was de Noordzee een deltalandschap.

Uiteraard is volledige benutting van het wateroppervlak lang niet haalbaar; zeeën en oceanen kunnen niet volledig worden benut voor energieopwekking. Dit zal in eerste aanleg gebeuren vooral bij de kusten (voor de wereld 1,2 miljoen km lang), in relatief ondiep water, met korte transportlijnen naar het land.
Ter indicatie geeft figuur 7 het theoretische energiepotentieel en technieken voor energie van water voor het totale wateroppervlak, genormeerd met de huidige totale energievraag van de wereld (578 EJ) en Nederland (3300 PJ).
Voor offshore PhotoVoltaïsche zonne-energie (PV) is het theoretisch potentieel zeer groot, bijna 3 keer de huidige energievraag van Nederland en 100 keer het energiegebruik van de wereld. Het theoretisch potentieel voor deze drijvende zonneparken is weliswaar groot, maar de vraag is of een drijvend oppervlak stabiel gehouden kan worden, ook onder extreme weersomstandigheden (Marin, 2017).
Het theoretische potentieel voor offshore windenergie (Lu Xi, 2009) is eveneens groot: globaal 60 keer het huidig energiegebruik en voor Nederland 1,7 keer het energiegebruik.
Op dit moment staat op het Nederlandse deel van Noordzee bijna 1 GW aan windturbines opgesteld, en in 2030 moet dat zijn uitgebreid naar het tienvoudige (Noordzeeloket, 2017).
Om dat windvermogen aan land te krijgen werkt Tennet aan energie-eilanden midden op de Noordzee, waarschijnlijk in de buurt van de Doggersbank. Mede door de proactieve houding van de nationale overheid is de overeengekomen (maar nog niet gerealiseerde) prijs voor Wind op Zee de afgelopen jaren flink gedaald naar 5,9 ct/kWh en verwacht wordt dat de eerst-volgende aanbesteding geen rijkssubsidie nodig zal hebben. Met betrekking tot wind-op-zee is er dus letterlijk werk aan de winkel en er is vraag naar geschoold personeel. Mede in dat licht hebben de HZ University of Applied Sciences en de Noordelijke Hogeschool Leeuwarden het initiatief genomen tot oprichting van het Centre of Expertise "Water en Energie". Doel van het Centre of Expertise (i.o.) is het stimuleren van onderwijs en praktijkgericht onderzoek met betrekking tot het thema Water en Energie, met een specifieke focus op Wind op Zee.

Het theoretisch potentieel voor getijenergie is bescheiden. Op dit moment zijn twee grote commerciële getijcentrales in bedrijf (La Rance, FR en Shiwa, KR). Samen met kleinere



Figuur 7 Potentieel van energie van water

getijenergieprojecten bedraagt het totaal geïnstalleerd vermogen ongeveer 500 MW. Het nog onbenut potentieel van getijenergie is veel groter dan wat nu is geïnstalleerd, maar ligt uiteraard (ruim) onder de huidige energiedissipatie die plaatsvindt in de wereldzeeën en die naar schatting 4TW (126 EJ/jaar) bedraagt. Volgens de Implementing Agreement Ocean Energy Systemen van het Internationaal Energy Association bedraagt wereldwijd het potentieel uit getijden en stromingen meer dan 1100 TWh (4 EJ). Ten opzichte van het wereldenergiegebruik is het praktisch potentieel bescheiden, maar het voordeel is dat deze energiebron zeer goed voorspelbaar is.

Een bijzonder en nieuw concept voor getijenergie op de Noordzee is DTP: Dynamic Tidal Power, dat bestaat uit een lange (30-50 km) dam dwars op de kust. De werking berust op botsing van de langs de kust lopende getijgolf op de dam, waardoor aan weerszijde van de dam een 2-3 meter verschil in waterhoogte ontstaat, dat met turbines in de dam benut kan worden voor opwekken van elektriciteit. Het concept is ontwikkeld door een Nederlands consortium en uitgewerkt voor toepassing in Nederland, en ook China (DTP-group). Dit concept is groots, en vraagt groot denken. Er zijn nog grote onderzoeksvragen, bijvoorbeeld met betrekking tot het effect op getijstroming, morfologie, flora en fauna op de Noordzee.
Het realistisch potentieel van golvenenergie wordt geschat 7-1,8 EJ/jaar (WEC, 2016), De soms extreme condities op het wateroppervlak (stormgolven) stellen hoge eisen aan de techniek en tot commercialisatie is het nog niet gekomen.
Salinity Gradient is een techniek die elektrische energie onttrekt uit het elektrochemisch potentiaalverschil tussen zoet rivierwater en zout zeewater: om zoutionen uit zout zeewater te verwijderen is energie nodig. Deze zelfde hoeveelheid energie (in theorie 0,6 kWh/m^3) komt vrij bij het mengen van zout en zoet water. Merk op dat het qua energiedichtheid dit overeen komt met een waterval van ruim 200 meter hoogte.

Nederland loopt voorop in de ontwikkeling van de techniek waarbij de zoutionen (Chloor en Natrium) door semipermeabele membranen worden gescheiden en een elektrisch potentiaalverschil ontstaat. Op de afsluitdijk staat een test-installatie en de techniek is in 2016 door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland aangemerkt als nationaal icoonproject. De verwachting is dat na doorontwikkeling per m^3/s zoet en zout water een vermogen is op te wekken van 1 MW (Post 2009). Het potentieel van deze techniek wordt gevormd door al het zoete water dat de zee instroomt. Wereldwijd is dat gemiddeld 1,2 miljoen m^3/s en voor Nederland ongeveer 3000 m^3/s.
OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) maakt met een thermodynamische cyclus en elektrische generator gebruik van de temperatuurverschillen tussen betrekkelijk warm oppervlakte water en kouder dieper water. Omdat het rendement sterk afhangt van het temperatuurverschil (liefst > 20 K) wordt deze techniek vooral in (diepe) wateren rond de evenaar toepasbaar. Het potentieel wordt geschat op 300 EJ/jaar (Irena, 2014). Ook deze techniek is in ontwikkeling.

Al met al is de bijdrage van energie van deltawater op dit moment nog bescheiden, maar het potentieel is aanzienlijk. De schaalgrootte om volledig in duurzame energie te voorzien is zeer groot en beslaat een groot gedeelte van ons water- en landoppervlak.
Het potentieel van getijenergie is weliswaar kleiner dan voor zonne- en windenergie, maar het vermogen is met het tij goed voorspelbaar. Een nieuwe toepassing wordt in deze rede voorgesteld: zet getijcentrales naast elektriciteitsproductie in voor waterveiligheid, een andere grote uitdaging in deltagebieden.

ENERGIE VOOR WATERVEILIGHEID: "POMPEN OF VERZUIPEN"

Het belang van waterveiligheid is evident; Waterafvoer in delta's wordt lastiger, terwijl daar onder invloed van verhoogde neerslag, stijgende zeespiegel en inklinkende bodem een grotere behoefte aan is. Recente overstromingen zoals zich in Houston voordeed na de orkaan Harvey in augustus 2017 en in landen als Nepal en Bangladesh laten zien dat waterveiligheid uiterst actueel is.
In een gemiddeld scenario wordt een zeespiegelstijging van 80 cm verwacht in 2100 (Ligtvoet, 2015). Door oppompen van grondwater en inklinken door ontwatering daalt de bodem in sommige grote steden in delta's met een snelheid die nog veel groter is dan dat de zeespiegel stijgt. In Jakarta bijvoorbeeld is de afgelopen decennia een bodemdaling van 4 meter opgetreden en Jakarta zal tegen 2100 nog 4-5 meter gezakt zijn als hier niets aan gedaan wordt.

Technische middelen (watergemalen) worden ingezet om water uit laaggelegen delta's te pompen. In Nederland zijn we al eeuwen bekend met dit type geo-engineering; Vanaf omstreeks 1450 zijn in Nederland schepraderen aangedreven door windmolens, later door stoom-, diesel en elektriciteit.
Ook de schepradaren zelf zijn doorontwikkeld, eerst naar vijzels en later als centrifugaalpompen (Rijn, 2010). Een prachtig voorbeeld van een vroeg stoomgemaal is de Cruquius die in het midden van de 19e eeuw, samen met 2 andere gemalen de Haarlemmermeer droog legde, met techniek die overigens uit Engeland (Cornwall) is geïmporteerd.

Op dit moment telt Nederland in het totaal 4500 gemalen (gemalenstichting 2017). Gemalen zijn overal te vinden, bijvoorbeeld als Werelderfgoed het Woudagemaal in Lemmer, Nederlands grootste gemaal in IJmuiden en kleinere gemalen zoals in de Middelpolder (1891, -470 cm NAP), mijn geboortegrond onder de rook van Amsterdam, zie figuur 8. 's Werelds grootste watergemaal staat in Amerika. Het is na de storm Katrina (2005) gebouwd om met een debiet van 542 m^3/s (ruim tweemaal het gemiddeld debiet van de Maas) de stad New Orleans en omliggend land droog te houden, tegen hoogwater in.
De hoeveelheid energie die nodig is voor bemaling is overigens bescheiden: als voor Nederland wordt uitgegaan van een neerslagoverschot van 500 mm/jaar op een oppervlak ter grootte van ¼ van Nederland (zeg 10000 km^2), dat 4 meter moet worden opgevoerd is eenvoudig te berekenen dat dit in theorie 0,2 PJ vraagt. Vergelijking met onze totale vraag van 3300 PJ laat zien dat althans vanuit energieperspectief er in de Nederlandse delta geen knelpunt is ten aanzien van waterhuishouding.

Technische maatregelen voor afvoer van overtollig water worden steeds actueler. Na de afronding van het Deltaplan uit 1957 wordt op dit moment in Nederland gewerkt aan een 2e Deltaplan, dat volgt uit het advies van de commissie Veerman (Vlieger, 2017). Een breed scala van maatregelen wordt overwogen om ook in de toekomst onze delta bestendig te maken: dijken worden verhoogd en rivieren verruimd. Voor De Nieuwe Afsluitdijk (DNA) wordt gewerkt aan pompen in de sluizen bij Den Oever, omdat vanwege de stijgende zeespiegel vanuit het IJsselmeer onvoldoende spuicapaciteit kan worden bereikt. Daarbij kan worden opgemerkt dat aan de andere zijde van de afsluitdijk, bij Kornwerderzand, wordt gedacht aan een getijcentrale die energie uit water opwekt.
De vraag doet zich voor of beide bouwwerken gecombineerd hadden kunnen worden.

Figuur 8 a) Polder en riviergemalen: Gemaal Middelpolder, Amstelveen, b) West Closure Complex, USA

ENERGIE & WATER SYMBIOSE: MULTIFUNCTIONELE WATERCENTRALES

We hebben gezien dat water een duurzame bron van energie is en dat energie nodig is voor waterveiligheid. Ook drinkwatervoorziening (een andere grote uitdaging) is sterk gerelateerd aan energie.

De symbiose tussen energie en water (Berkel, 2009) blijkt generiek en betreft bijvoorbeeld op wereldschaal de hydrologische kringloop van water in de atmosfeer. Op heel kleine schaal komt de symbiose tot uiting in de celbiologie. In dit deel van de rede wil ik, juist vanwege het multifunctionele karakter, de aandacht richten op technische systemen die water gebruiken voor energieopwekking en tevens omgekeerd energie gebruiken voor waterfuncties.
Ik stel voor om drie vitale deltafuncties:
1) waterbeheer, 2) energieopwekking en 3) opslag te combineren in multifunctionele installaties. Dergelijke "pompende waterkracht- of getijcentrales", kortweg "watercentrales" bestaan nog niet, maar in deltagebieden zijn veel nuttige toepassingen denkbaar. Twee concrete voorbeelden wil ik geven.

Op dit moment wordt in Born (Limburg) gewerkt aan de ombouw van een pompgemaal naar een watercentrale die ook kan worden ingezet voor productie van duurzame elektriciteit. Als pompgemaal bestaat de installatie al sinds de jaren '30 van de vorige eeuw. In tijden van droogte (vooral aan het einde van de zomer) wordt het gemaal gebruikt om water -tegen de stroming in- omhoog te pompen en zo het Julianakanaal en de Grensmaas over een afstand van 36 km van water te voorzien. Het grootste gedeelte (80%) van het jaar staan de gemalen stil, en in 2008 is het idee opgepakt om de gemalen te gebruiken als waterkrachtcentrales. Bij volledige ombouw kunnen de twee watergemalen elk 800 kW elektriciteit leveren, voldoende voor het gebruik van 3700 huishoudens. Rijkswaterstaat voorziet daarmee in het streven om met eigen kunstwerken duurzame energie op te wekken. Na een succesvolle demonstratie als waterkrachtcentrale in 2009 wordt nu gewerkt aan de realisatie. Naast technische aanpassingen ligt de uitdaging vooral in het voorkomen dat vissen in de turbine worden gezogen.

Figuur 9 Gemaal Born, Julianakanaal

Het punt van visveiligheid is een belangrijk thema bij gemalen en waterkrachtcentrales. De overheid stelt strenge eisen en de mate waarin kan worden voldaan bepaalt op dit moment het al dan niet doorgaan van waterkrachtcentrales en pompgemalen in Nederland. Het thema is vooral van belang voor een deltaland (daar waar alle migrerende vissen passeren) en daar om wordt de bepalingsmethode voor visveiligheid nu in een Nederlandse norm vastgelegd (NEN, 2017).

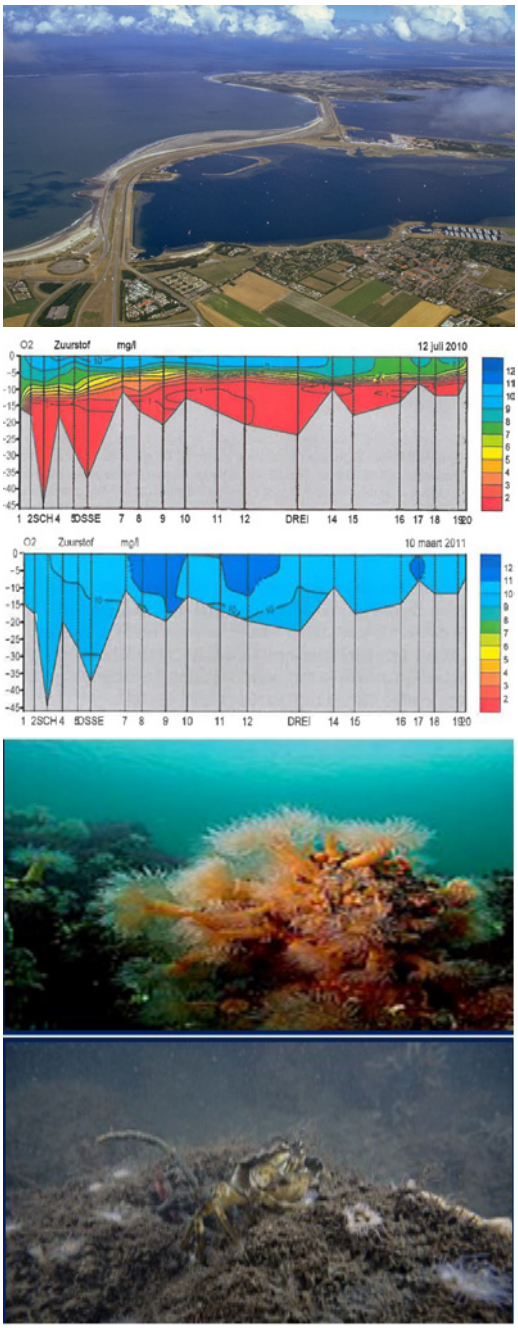
Met betrekking tot de uitvoering van het project Born valt u misschien op dat er nogal wat jaren zitten tussen idee (2008) en eerste uitvoering (2017). Dit is (helaas) niet ongewoon, en het is veelal niet de techniek die dat tempo bepaalt.

Projecten met veel belanghebbenden vragen veel tijd, vooral in grotere organisaties. Die dynamiek (of juist vooral het ontbreken daarvan) vormt een interessante uitdaging, zeker voor een kleine ondernemer uit het MKB waarin "niet lullen maar poetsen" de mores is.

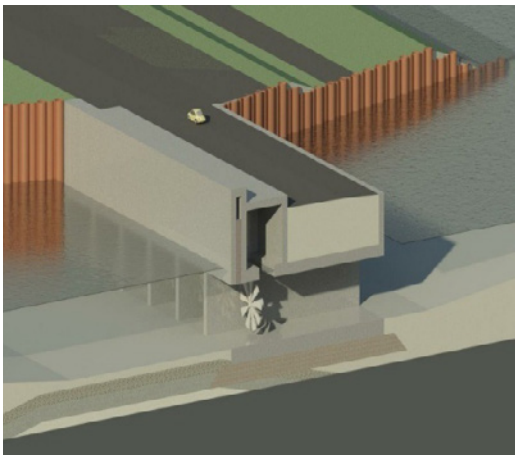
Een ander aansprekend integraal delta-project is de getijcentrale Brouwersdam. Verderop in deze rede zult u zien dat dit de aanleiding is dat wij allen hier aanwezig zijn. De Brouwersdam sluit sinds 1971 het Grevelingenmeer af van de Noordzee en beschermt daarmee het achterland voor hoog water op zee. Keerzijde van die medaille is dat het Grevelingenmeer nog maar nauwelijks onderhevig is aan getijstroming. Vooral in de zomer bij weinig wind en golven staat de waterkolom stil en bereikt zuurstof vanuit de atmosfeer nauwelijks de dieper gelegen delen van het meer, met als gevolg dat het leven in die delen afsterft en de gebieden op een ander (zuurstof-arm) microklimaat worden ingesteld.

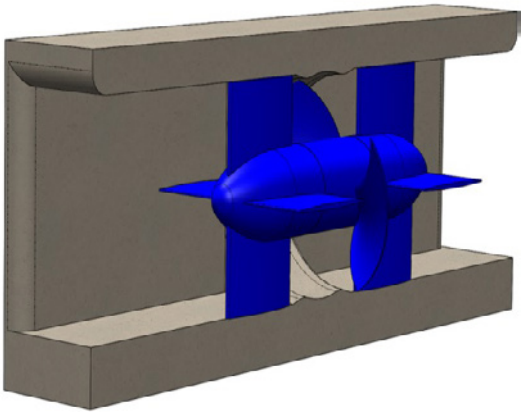
Modelberekeningen geven aan dat terugbrengen van het getij de meest effectieve manier is om de zuurstofloosheid van de diepere delen tegen te gaan en al sinds de jaren '80 van de vorige eeuw zijn er plannen om de Brouwersdam te heropenen en mogelijk die spui-inrichting uit te voeren als getijcentrale.

Vanwege Europese wet & regelgeving (Kaderrichtlijn Water) ligt er nu een verplichting om de waterkwaliteit van het Grevelingenmeer te verbeteren. Begin dit jaar heeft Rijkswaterstaat de Flakkeese spuisluis in de Grevelingendam (aan de oostzijde van het meer) weer in gebruik genomen om daar lokaal de waterkwaliteit te verbeteren. In diezelfde Flakkeese spuisluis zal volgend jaar op publiek-privaat initiatief het Tidal Technology Centre



Figuur 10
Grevelingenmeer:
a) Brouwersdam
b) Stratificatie
c) Onderwaternatuur op ondiepe en diepe delen van het meer





Figuur 11 Getijcentrale Brouwersdam (referentieontwerp) a) civiele constructie, b) turbine

worden ingericht, waar onder praktijkomstandigheden getijturbines worden beproefd die mogelijk later in de Brouwersdam kunnen worden toegepast.
In het licht van verhoogde waterafvoer en stijgende zeespiegel kan de getijcentrale Brouwersdam een aanvullende functie krijgen als watergemaal. Op dit moment is dat nog niet nodig; water uit de grote rivieren (o.a. Waal) wordt met name naar zee afgevoerd door het Haringvliet. Studies laten zien dat op termijn (mogelijk vanaf 2030) wel aanvullende maatregelen nodig zijn. Een van de opties is dan om water uit de grote rivieren via de Krammer-sluizen en de Grevelingen met de getijcentrale Brouwersdam naar zee te pompen.

De aanvullende gemaalfunctie kan technisch goed worden gecombineerd met de energie-opwek- en spuifunctie van de getijcentrale. Moderne getijcentrales benutten de pompfunctie overigens al door met een klein waterstandverschil water op te pompen, dat dan bij een groter waterstandverschil wordt benut voor energieopwekking. In geval van de pompende getijcentrale moet water tegen stormvloed op zee kunnen worden gepompt. De sterk verschillende condities tussen pompen en turbineren stelt bijzondere eisen aan het ontwerp van de installatie.
Naast de techniek zijn ook de effecten op de omgeving van groot belang. Te denken valt vooral aan effecten op de bathymetrie (morfologie: erosie, sedimentatie) en op flora en fauna. Met het oog op visveiligheid is onderzoek gedaan in het kader van het EU-project Pro-Tide, onder aanvoering van de Provincie Zeeland.

In het Pro-Tide project is door veldproeven op schaal aangetoond dat de (grote) turbines in de Brouwersdam kunnen voldoen aan de strenge eisen t.a.v. visveiligheid. Tevens is een ontwerp gemaakt van de getijcentrale Brouwersdam, dat mede input is geweest in het RWS-project (www.projectgetijcentraleBrouwersdam.nl).
Op dit moment wordt een geïnstalleerd vermogen voorzien van 25 MWe, voldoende voor de energievoorziening van ruim 20.000 huishoudens. De kosten voor de getijdencentrale

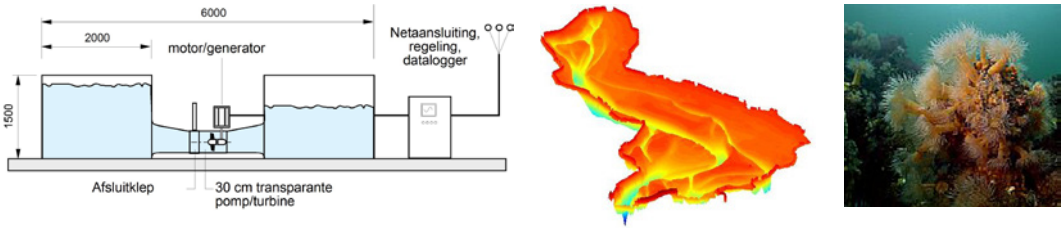
zijn geraamd op 163 tot 350 miljoen euro en het is aan de Nationale overheid, regio en private partijen om te besluiten over de uitvoering van dit project.
Met deze twee concrete voorbeelden laat ik zien dat multifunctionele watercentrales nuttige toepassing kunnen hebben in delta's, vooral als daar strengere eisen worden gesteld aan duurzame energievoorziening én waterveiligheid. Bescherming van wereldsteden (zoals Jakarta) zou al veel vragen van deze multifunctionele watercentrales. De schaal is gigantisch; bij hoogwater moeten grote rivieren van de zee kunnen worden afgesloten en het rivierwater moet, tegen een niveauverschil in, naar zee kunnen worden gepompt. Ik meen dat het technisch kan en energetisch geen probleem is. Realisatie is een uitdaging die veel engineering vraagt, een grote investering en bewustwording.

LECTORAAT Δ-POWER

Zoals geschetst ligt er een groot potentieel voor duurzame energieopwekking uit zon- en wind-kracht, en een bijzondere rol voor energie uit water in combinatie met waterveiligheid. Mijn lectoraat zal zich op deze onderwerpen toeleggen. Ik wil dit concreter maken aan de hand van twee projecten die op dit moment in uitvoering zijn.

VOORBEELDPROJECT: SPELEN MET STROOM(ING)

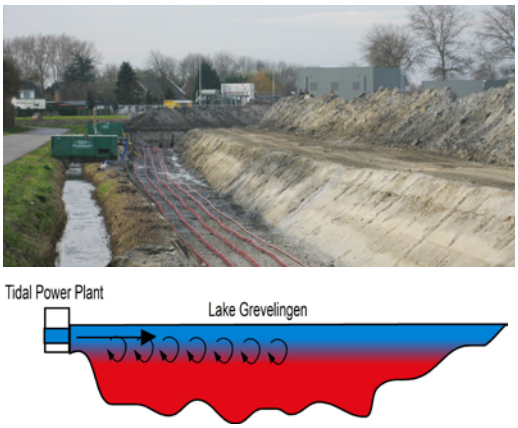
Het eerste project staat bekend onder "Spelen met Stroom(ing)" (of: SmS) en duidt op een snelle, wispelturige interactie tussen stroming van water en elektriciteit, in een nog te ontwikkelen getijcentrale. Het sluit aan op het thema van de multifunctionele "watercentrale". Het project komt voort uit het deltaplatform (Deltaplatform, 2017) en is geïnitieerd door mijn lectoraat hier op de HZ. Drijfveer voor dit project is dat met een SmS-centrale elektrische energie kan worden opgewekt, of juist kan worden afgenomen en gespaard voor later gebruik (als de prijs weer hoog is). Tevens kan het lokale elektriciteitsnet op momenten van piek- vraag of opwekking worden ontlast door snelle en gerichte inzet van een SMS-Centrale. Derde drijfveer voor dit onderzoek is dat een gepulste getijcentrale voordelig effect kan hebben op de destratificatie en morfologie van het bassin waarin de getijcentrale is opgenomen.



Figuur 12 Project "Spelen met Stroom(ing)": a) Laboratorium proefopstelling, b) Bathymetrie van het Grevelingenmeer en c) Onderwaternatuur.

We grijpen hier terug op de techniek van spuikommen in havens die met het getij werden gevuld en abrupt werden gespuid om sediment uit havens te verwijderen. Naar verwachting geldt een dergelijk positief effect ook ten aanzien van ongewenst stratificatie en sedimentatie. Dit speelt bijvoorbeeld bij het getijbassin van 's werelds grootste getijcentrale in zuid-Korea (Bae, 2010), en ook bij het Grevelingenmeer.

In het project Spelen met Stroom(ing) wordt samengewerkt door 11 partijen. Naast de HZ, die als penvoerder fungeert, zijn ook overheden, onderzoeksinstellingen, technologie- en energiebedrijven en adviesbureaus betrokken. Centraal in het project staat het Tidal Technology Centre in de Grevelingendam (Flakkeese spuisluis). In het project wordt praktijkgericht onderzoek verricht naar de techniek (turbines, betonconstructie, elektriciteitsnet), economie (financiën) en ecologie (effecten op natuur en milieu).
In de eerste fase van het project zal het onderzoek vooral plaatsvinden in het laboratorium bij de onderzoeksinstellingen.



Figuur 13 Project "Spelen met Stroom(ing)":
a) Ter stabilisering van het elektriciteitsnet en
b) Ter verbetering van de hydrologie

Na gereedkomen van het testcentrum in de Grevelingendam zullen ook in de praktijk experimenten plaatsvinden.
Het 4-jarige project "Spelen met Stroom(ing)" is 15 september 2017 gestart en is voor het lectoraat een goede basis om het thema "Duurzame Energie in de Delta" uit te bouwen. Het project laat goed zien waarom het lectoraat is ondergebracht bij twee academies op de HZ: het verbindt Academie voor Techniek en Innovatie (AvTI) en Delta Academy (DA) en hierin werk ik samen met mijn HZ-collega prof. Tjeerd Bouma.

VOORBEELDPROJECT: PORTS ENERGY AND CARBON SAVINGS (PECS)

Het tweede concrete project waar we aan werken is het EU-project "PECS", dat gericht is op verduurzaming van havens. Havenlocaties in dit project zijn: Oostende, Portsmouth, Duinkerken, Hellevoetsluis en IJmond.
Ze worden in de afweging van duurzame opties (besparing, opwekking, opslag en gebruik) ondersteund door de kennispartners HZ, Universiteit van Gent, University of Southampton en het Franse onderzoeksinstituut Cerema.
In havens komen de knelpunten met betrekking tot duurzaamheid samen: er is weinig ruimte beschikbaar, terwijl we hebben gezien dat voor opwekking van duurzame energie juist veel ruimte nodig is. Daarnaast staan havens onder druk vanwege tijdige en vlotte verwerking van scheepvaartverkeer en goederen.

In het project worden duurzame opties voor energie van water meegenomen: Zon-PV, Thermische zonne-energie, windenergie en energie uit golven en getijden, alsmede efficiencyverbetering van een grote industriële partner in Duinkerken.

Als voorbeeld van de mogelijkheden geldt de haven van Oostende, de penvoerder van dit project. Voor wat betreft duurzame opwekking bestaat het voornemen om in de haven een middelgrote windturbine te plaatsen. Daarnaast zal onderzoek worden verricht naar het potentieel uit golven en getijde aan de kust. Mogelijk interessante optie is om gebruik te maken van de oude spuikom van 6,6 km^2 in de haven. Als we uitgaan van een gemiddelde getijslag voor de kust van Oostende van 4 meter, dan zou de spuikom een theoretisch potentieel bevatten van bijna 24 MW-continu (4 W/m^2). Uiteraard is het praktisch potentieel kleiner, maar wellicht nog substantieel. Het zou een interessante en misschien nuttige toepassing zijn van de oude spuikom in Oostende en wellicht een voorbeeld voor andere havens?

TOEGEPAST ONDERZOEK IN HET LECTORAAT Δ-POWER

Naar ik hoop heeft u met deze rede een indruk gekregen van de kansen van duurzame energie in de delta en de bijzondere band met het water. Het lectoraat verbindt de technische opleidingen met de omgevingsgerichte opleidingen. Concrete projecten zullen de kern vormen. Twee heb ik nader toegelicht en we denken aan uitbreiding vooral in de richting van wind op zee en drijvende zonnecentrales. We richten ons daarbij op elektriciteit: Δ-Power.

Het doel is het lectoraat in een paar jaar te laten groeien naar een herkenbare onderzoeksgroep. Docenten van verschillende academies doen in deeltijd onderzoek. Ze worden docentonderzoeker en nemen ook de onderzoeksvaardigheden mee naar het onderwijs en de studenten. Deze combinatie van onderzoek- en onderwijsvaardigheden is overigens niet vanzelfsprekend en stelt

Figuur 14 Haven van Oostende, met rechtsonder de spuikom

specifieke eisen aan de docentonderzoekers. Studenten zijn al actief in de projecten; in afstuderen, minors en stages. We zien belangstelling bij hen voor energie en water. Inmiddels werken we ook met studenten van andere hogescholen en universiteiten in binnen- en buitenland.
Als lector vind ik het een genoegen en ook een uitdaging om studenten en docentonderzoekers te stimuleren in het kritisch zoeken naar nieuwe mogelijkheden voor duurzame energie in de delta.
Het thema energie en water krijgt vanzelfsprekend een centrale rol in het lectoraat: in theorievorming, computersimulaties en experimenten. Volgend schooljaar verhuizen onderdelen van HZ naar een nieuwe locatie aan Het Groene Woud in Middelburg. We krijgen de kans om met een Joint Research Centre nieuwe onderzoeksfaciliteiten te ontwikkelen, zoals een te bouwen getij-opstelling voor het project 'Spelen met Stroom(ing)'. Ook het laboratorium voor elektrische omzetting en transport zal een nieuwe impuls krijgen.
Energie van water biedt naar mijn smaak kansen voor toegepast onderzoek en onderwijs op de HZ. Daarmee werken we aan versteviging van de kennisinfrastructuur in deze delta, samen met het University College Rooseveld (UCR), met de in ontwikkeling zijnde beta-opleidingen die vorm krijgen in locatie

Middelburg en met andere kennisinstituten. Anderzijds leiden we professionals op die gaan werken aan de duurzame energie uit zon, wind en water in de delta, en de effecten op de omgeving. Partners hierin zijn de bedrijven, overheden (provincie, gemeenten), Waterschappen en Rijkswaterstaat. Duurzame energie en deltatechnologie zijn aan elkaar verbonden en samen gaan we een mooie toekomst tegemoet.

Figuur 15 Studenten en docentonderzoekers

SAMENVATTING IN STELLINGEN:

Kort en bondig zou ik de belangrijkste punten van deze rede willen samenvatten als:

1. Delta's staan onder druk van bevolking, landbouw, industrie, klimaatverandering en energietransitie. Er is een groot ruimtebeslag voor bevolking en landbouw, potentiële onveiligheid door klimaatverandering en energietransitie en het is een uitdaging om duurzaamheiddoelstellingen in delta's te halen. Belangen zijn groot en veelal tegenstrijdig. Dit komt bijvoorbeeld tot uiting bij landgebruik: voor duurzame energie is veel oppervlak nodig, maar in delta's is land juist beperkt beschikbaar.

2. Delta's bieden juist kansen, bijvoorbeeld voor duurzame energie van water. Gelegen aan het water zijn er grote mogelijkheden voor energie van water, door offshore wind en zonne-energie. Vanwege de koppeling met waterveiligheid zijn waterkracht- en getijcentrales voor delta's interessante opties. Ook de Nederlandse delta vraagt verdere ontwikkeling en er zijn volop mogelijkheden: we hebben een goede positie met betrekking tot kennis en ervaring. Doel is kennis uit te breiden en die te exporteren, met Nederland als proeftuin voor demonstratie.

3. Energie en water zijn, vooral in delta's, aan elkaar verbonden: samengebracht in watercentrales bieden gecombineerde energieopwekking en pompen mogelijkheden voor duurzame energie én bescherming tegen extreme klimaat- en weersinvloeden.
   Met betrekking tot beide functies moeten we oog hebben voor de impact op de omgeving; Morfologie en ecologie (flora en fauna).

4. HZ University of Applied Sciences wil bijdragen aan verdere uitbouw van bovengenoemde thema's, door toegepast onderzoek en onderwijs in de regio waar water in het DNA van de samenleving zit. Als lectoraat zoeken we daarbij ook een maatschappelijke rol in het verkennen en voorlichten van mogelijkheden voor verduurzaming.

EINDWOORD: "HTS REVISITED"

Met genoegen aanvaard ik met deze rede de positie van lector aan de HZ; een mooie plek tussen wetenschap en praktijk.

In een lange aanloop vanaf de Mavo heb ik altijd genoten van opleiding en studie (en moest ik stoppen toen het echt niet meer verder kon).
Na een periode van onderzoeker/ondernemer in m'n bedrijf Entry Technology ben ik in deeltijd weer terug op de HTS, en nu als lector.
In 1980 geïnspireerd geraakt door het boekje "Energiebronnen van de toekomst" (Ruiter, 1979), mag ik nu de kennis en ervaring overdragen aan docenten en studenten van de HZ.
De vraag dringt zich op wat er is veranderd in de ruim 30 jaar die ligt tussen het afstuderen op de HTS "Amsterdam" en de aanstelling als lector aan de HZ.

Figuur 16 a) HTS "Amsterdam", b) HZ-Vlissingen en c) In het waterlaboratorium aan de HZ.

In ieder geval lijken de gebouwen op elkaar, zij het dat de HTS-A inmiddels plaats heeft gemaakt voor hoogbouw nabij de Amsterdamse Zuidas en delen van de HZ nog dit jaar verhuizen naar Middelburg.
Maar hoe is het onderwijs veranderd? Inhoudelijk zijn er natuurlijk overeenkomsten. Nog steeds gelden de fundamentele wetten voor behoud van massa, impuls en energie, maar de ontwikkeling van elektronica heeft een grote invloed, in elektrische vermogensomzetting, en ook informatietechnologie (ICT) en computertechniek.
Het komt me voor dat het onderwijs persoonlijker is geworden: minder op de kennis en getallen, meer op competenties en portefeuilles. Of dat een verbetering is weet ik niet. Mijn persoonlijke indruk is dat ik althans de persoonlijke aanpak niet heb gemist, en dat ik het soms vind afleiden van de inhoudelijke vaardigheden. Ik zie het als een uitdaging om een bijdrage te leveren aan relevant onderzoek en onderwijs en m'n enthousiasme voor duurzame energie in de delta over te dragen op anderen.

Dat ik in deze positie terecht ben gekomen, heb ik mede aan een aantal mensen te danken, waarvan ik er een paar in chronologische volgorde wil noemen. Als eerste het ouderlijk gezin; als boerenzoon ondersteund in de gekozen opleidingen, met op de boerderij volop gelegenheid tot knutselen. Ik koester de boeren nuchterheid die me overigens nu helpt om met boeren te spreken over ander landgebruik voor duurzame energie en die me heeft geholpen in het ondernemerschap. Dat ik in de wetenschap terecht ben gekomen heb ik mede te danken aan mijn oom Jan Slof en mijn afstudeer- en promotie mentoren Chris van Koppen en Anton van Steenhoven.
Het pad naar hier is feitelijk gelegd door Paul Paulus van RWS die me 2009 vroeg of ik interesse had om als projectleider getijenergie te komen werken in het projectteam getijcentrale Brouwersdam. Vervolgens was het Leo van de Klip van de Provincie Zeeland die me heeft aangesteld in het EU-project Pro-Tide.
De opstap naar de HZ is aangeboden door Peter van Tilburg van de HZ en de directeuren van Delta Academy en Academie voor Techniek en Innovatie, en het HZ college van Bestuur en de medewerkers van deze instelling.
Natuurlijk heb ik veel te danken aan Jitty en onze kinderen Annemiek, Jelle en Lucas. Werk is voor mij een hobby en dat hebben ze ondersteund, en maar zelden bekritiseerd.
Deze mensen en nog veel meer die ik niet met naam heb genoemd bedank ik voor hun vertrouwen in mij.
Met veel plezier en genoegen zet ik me in voor het tot een succes maken van het lectoraat Δ-Power aan de HZ University of Applied Sciences in Vlissingen en hoop zo een kleine bijdrage te leveren aan een betere wereld. We zien de kans en ook het enthousiasme om het aan te pakken; het getij is gunstig.

Jacob van Berkel
Vlissingen, 2 november 2017

REFERENTIES:

- Aerts, J, NOS-Journaal n.a.v. overstroming Houston na orkaan Harvey, 28 augustus 2017
- Bae, Y. H., Lake Sihwa Tidal Power Plant Project, Ocean Engineering, Volume 37, Issues 5–6, Pages 454-463, April 2010.
- Berkel van, J., Energieadvies aan de Gemeente Veere, Entry Technology Support BV, 2017
- Berkel, J. van, "New Technologies for Water and Power", presentation to the Renewable Energy Unit, IEA, Parijs, 23 maart 2009.
- Boonman, B., Getijmolens, de watermolen van Goes, Pitman BV, Goes, 1986
- CBS, Energieverbruik per bedrijfstak, 2011-2015, http://www.clo.nl/indicatoren/nl0052-energieverbruik-per-sector?i=6-40, 2016
- Croes, A, Future North Sea Infrastructure, KIVI-lezing Energy NL2050 Utrecht, 9 februari 2017
- De Nederlandse Gemalenstichting, http://www.gemalen.nl, geraadpleegd op 29 augustus 2017
- Deltaplatform, https://www.deltaplatform.nl/nl, geraadpleegd op 29 augustus 2017.
- Deltares, https://www.deltares.nl/nl/nieuws/bodemdaling-megasteden-groter-dan-zeespiegelstijging/, geraadpleegd op 12 september 2017
- Durstewitz, M., Average Monthly Capacity Factor of WTs in the WMEP, The energy production data, from WTs included in the WMEP, ISET Institut für Solare Energieversorgungstechnik e.V.(EAWE), 2005
- Fekete, B.M. en C.J. Vörösmarty, The current status of global river discharge monitoring and potential new technologies complementing traditional discharge measurements, Proceedings of the PUB Kick-off meeting held in Brasilia, 20–22 November 2002. IAHS Publ. 309, 2007 (http://iahs.info/uploads/dms/309015.pdf)
- GWEC, Global Wind Statistics 2015. Global Wind Energy Council, april 2017, https://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC-PRstats-2015_LR.pdf
- Hoes, O.A.C., L.J.J. Meijer, R.J. van der Ent, N.C. van der Giesen, Systematic High Resolution Assesment of Global Hydropower Potential, Delft Technical University, februari 2017.
- IGBP, http://www.igbp.net/multimedia/multimedia/delta-satrisk.5.62dc35801456 272b46d351.html, geraadpleegd op 12 september 2017
- International Hydropower Association, Hydropower Status Report 2016, International Hydropower Association, 2016
- Irena, IRENA Ocean Energy Technology Brief, June 2014 www.irena.org
- Leenaers, H., De Bosatlas van de Energie, Noordhoff Atlasproducties, ISBN 978 9001 120009, 2012
- Leenaers, H., De Bosatlas van Nederland Waterland, Noordhoff Atlasproducties, ISBN 978 9001 120931, 2010
- Ligtvoet, W. en B. Bregman (redactie), Klimaatverandering Samenvatting van het vijfde IPCC-assessment en een vertaling naar Nederland, http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL_KNMI_2015_Klimaatverandering_Samenvatting%20van%20het%20vijfde%20 IPCC-assessment_1405.pdf, PBL en KNMI, 2015
- Lu, Xi, M.B. McElroy and J. Kiviluoma. Global Potential for Wind-Generated Electricity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 106(27): 10933-10938, 2009.
- MacKay, D.J.C., Sustainable Energy - without the hot air, UIT Cambridge Ltd, 2009, http://www.inference.org.uk/sustainable/book/tex/sewtha.pdf
- Meyer, H. en R. Peters, Urbanizing Deltas, Delta Alliance / TU Delft, januari 2016.
- Nolte, A.J. en L.V. Basch, Onderzoek naar witte Beggiatoa matten in het Grevelingenmeer Rapport Deltares 1201650-000-ZKS-0038, 2012
- Post, J., Blue Energy Electricity production from salinity gradients by reverse electro dialysis, PhD Thesis, Wageningen Universiteit, 2009
- Rijn, van, D. en R. Polderman, Het Water de Baas, Geschiedenis van de mechanische bemaling in Nederland, De Nederlandse Gemalenstichting, Uitgeverij Verloren, 2010.
- Ruiter, J.P. en F. Schurink, Energiebronnen van de Toekomst, een overzicht van alternatieven voor fossiele en nucleaire energiebronnen, N.V. KEMA, Anrhem, 1979.
- Solarmagazine, China plaatst in één maand 10,52 gigawattpiek zonnepanelen, 24 augustus 2017
- Stremke, S. en A. van den Dobbelsteen. Sustainable Energy Landscapes, isbn 978-1-4398-9404-0,
- Tessler Z. D. en C. J. Vörösmarty, M. Grossberg, I. Gladkova, H. Aizenman, J. P. M. Syvitski, E. Foufoula-Georgiou, Profiling risk and sustainability in coastal deltas of the world, Science Vol. 349, Issue 6248, pp. 638-643, DOI: 10.1126/science.aab3574, 07 Aug 2015,
- Van der Vleur, W. Th. en E. van Wijk, De getijmolens van Middelburg, Tijdschrift voor Waterstaatsgeschiedenis 8(1999); webversie 2006.
- Varchmin, J. en J. Radkau, Kraft, Energie und Arbeit, Energie und Gesellshaft, Deutches Museum, Kulturgeschichte der Naturwissenschaften und der Technik, 1981.
- Vlieger, de, B., De Nieuwe Delta, De Rijn-Maas-Schelde Delta in Verandering, Magrid, ISBN 987-94-90322-73-1, 2017
- WEC, World Energy Resources Marine Energy World Energy Council, 2016
- Yara, Kijk op Yara, voortdurend in ontwikkeling, Duurzaamheidsverslag 2016, Yara Sluiskil, afdeling ERC, 2016

Afbeeldingen

Voorzijde:	Foto Brouwerdam: Beeldbank Rijkswaterstaat
Fig. 1	Foto inleiding: HZ University of Applied Sciences
Fig. 2a	Overzicht van delta's: Tessler, 2015
Fig. 2b	Delta van Bangladesh: Google Earth, 171008
Fig. 3a	Getijmolen Middelburg: foto G. Wattez, Middelburg
Fig. 3b	Centrales Borssele: Beeldbank RWS
Fig. 4	DE-opties merit order: Gemeente Veere
Fig. 5a	Vraag en aanbod van energie: J. van Berkel
Fig. 5a	Elektriciteitsprijzen: J. van Berkel
Fig. 6	Energie-intensiteit: J. van Berkel
Fig. 7	Energie van water: J. van Berkel
Fig. 8a	Foto Middelpolder: S. Brusche
Fig. 8b	Foto Gemaal US: Google Earth
Fig. 9	Pompgemaal Born: Rijkswaterstaat Limburg
Fig. 10a	Foto Brouwerdam: Beeldbank Rijkswaterstaat
Fig. 10b	Stratificatie Grevelingenmeer: Nolte, 2012
Fig. 10c	Onderwaternatuur: MIRT verkenning Grevelingen
Fig. 11a	Getijcentrale Brouwersdam, civiele constructie: EU-project Pro-Tide.
Fig. 11b	Getijcentrale Brouwersdam, turbines: EU-project Pro-Tide.
Fig. 12a	Netwerk: Enduris
Fig. 12b	Hydrologie: J. van Berkel
Fig. 13a	Proefopstelling: J. van Berkel
Fig. 13b	Bathymetrie: J. van Berkel
Fig. 13c	Ecologie: MIRT verkenning Grevelingen
Fig. 14	Haven van Oostende: Google Earth
Fig. 15a	Foto lectoraat Δ-Power: HZ University of Applied Sciences
Fig. 15b	Studenten Oosterscheldekering: HZ University of Applied Sciences
Fig. 16a	Foto HTS"A": Beeldbank Stadsarchief Amsterdam
Fig. 16b	Foto HZ: J. van Berkel
Fig. 16c	Foto lab: Omroep Zeeland

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Edisonweg 4
4382 NW Vlissingen
Postbus 364 / P.O. Box 364
4380 AJ Vlissingen
Nederland / The Netherlands

T +31 118 - 489 000
F +31 118 - 489 200
E info@hz.nl

E study@hz.nl
I www.hz.nl