

Auteur

T.A. (Lennert) Evers BSc, S.A.M. (Silvie) Schönen BSc, ing. N.A.J. (Nick) Tenbült, E.M. (Marissa) Vos BSc (Studenten Building Physics and Services, Technische Universiteit Eindhoven) Studievereniging Mollier

Sihwa Lake Tidal Power Plant in Zuid-Korea

Door de gestelde klimaatdoelen voor de komende jaren groeit de noodzaak voor hernieuwbare energie en nieuwe methoden om energie op te wekken. In het algemeen zijn wind- en zonne-energie de meest genoemde bronnen van energie, gevolgd door geothermie en waterkracht. Tot deze laatste categorie behoort ook getijdenenergie, waarbij energie wordt opgewekt door gebruik te maken van de wisselende getijden van de oceaan. De grootste getijdencentrale ter wereld, de Sihwa Lake Tidal Power Plant (TPP), is gelegen nabij Seoul in Zuid-Korea en wordt toegelicht in dit artikel. Vorig jaar mei heeft studievereniging Mollier van de Faculteit Bouwkunde, groep Building Physics and Services, Seoul bezocht.

Een groep van 20 studenten heeft vorig jaar mei de hoofdstad van Zuid-Korea, Seoul, bezocht tijdens de jaarlijkse studiereis. S.v.b.p.s. Mollier is de studievereniging van de groep Building Physics and Services aan de Technische Universiteit Eindhoven. Ieder jaar organiseert de studievereniging een buitenlandse studiereis om ontwikkelingen op het gebied van bouwfysica en installatietechniek in het buitenland te bestuderen. Tijdens de studiereis worden onderzoeken uitgevoerd naar verschillende onderwerpen binnen de genoemde vakgebieden. Het onderwerp dat van toepassing is op dit artikel is hernieuwbare energie. Onderzoek is gedaan naar een in het algemeen vrij onbekende vorm van energieopwekking, namelijk getijdenenergie. Deze vorm van energieopwekking wordt op diverse plaatsen in Zuid-Korea toegepast en vormt een belangrijk onderdeel in de maatregelen om de klimaatdoelstellingen te behalen.

Zuid Korea heeft een energie-intensieve economie. Het land staat 11e op de wereldranglijst wat betreft de hoogste energieverbruik en 9e op de wereldranglijst wat betreft het hoogste oliegebruik. Sinds 1990 is de totale energieverbruik in alle sectoren toegenomen door een sterke economische groei van het land. De totale energieverbruik in Zuid-Korea representeerde in 2010 5,7x10⁶ TJ, een dieptepunt in de geschiedenis van het land door een

stijging van 7% ten opzichte van 2009 en 24% ten opzichte van het jaar 2000. Er wordt verwacht dat de energieverbruik tot 2020 toe zal nemen tot 9,2x10⁶ TJ. Onder de landen die zijn aangesloten bij de International Energy Agency (IEA) scoort Zuid-Korea dan ook zeer laag met de resultaten van energiebesparing in vergelijking tot andere westers georiënteerde landen. [1]

Om het primaire energiegebruik verder te verlagen zijn daarom de laatste jaren verschillende plannen opgesteld. Het overkoepelende Korea Energy Masterplan is een uitgebreid plan dat alle energie-sectoren in Zuid-Korea omvat en alle energieplannen verbindt op een macro schaal. De belangrijkste punten uit dit plan zijn om het primaire energiegebruik met 7,6% te verlagen in 2020 en met 12,4% in 2030. Een van de middelen om deze reductie te behalen is om het gebruik van hernieuwbare energie te verhogen. Momenteel omvat hernieuwbare energie slechts 3,7% van de totale energieproductie, waarvan 80% bestaat uit hydro-energie en energie uit afvalverbranding. [2]

Het aandeel aan hydro-energie wordt hierbij voor het grootste deel geproduceerd door de getijdencentrale gelegen aan het Sihwa meer in Seoul, gebouwd als landherwinningsproject in 1994. Na jaren van vervuiling is besloten het meer in verbinding te leggen met de zee. Tegenwoordig is de centrale gelegen in de betonnen muur die de brug vormt tussen twee natuurparken en is de Sihwa TPP de grootste getijdencentrale ter wereld, weergegeven in afbeelding 1.



Afbeelding 1: Sihwa Tidal Power Plant in Zuid-Korea

Energieopwekking

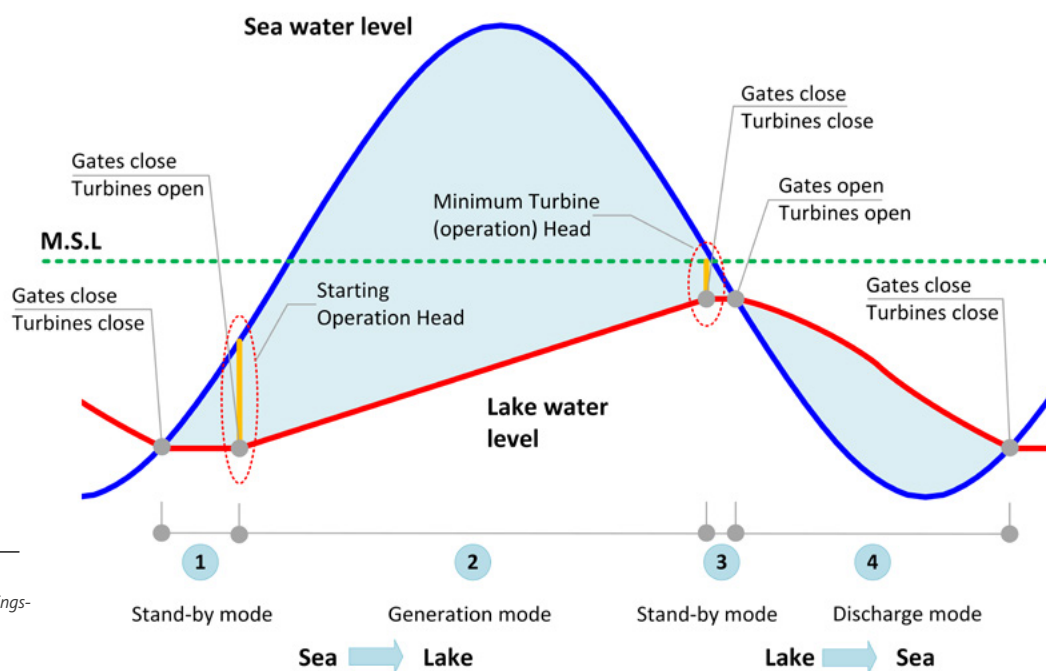
Het opwekken van energie door middel van een verschil in het zeeniveau kan op vier verschillende manieren, namelijk:

1. éénrichting bij eb, enkel bassin;
2. éénrichting bij vloed, enkel bassin;
3. twee richtingen enkel bassin;
4. éénrichting, dubbel bassin.

De eerste twee methoden wekken slechts bij één stromingsrichting energie op. Wanneer het water in de tegengestelde richting van de turbine stroomt, wordt het bassin/meer opgeladen

De Sihwa TPP maakt gebruik van éénrichting bij vloed, wat betekent dat energie wordt opgewekt wanneer water uit de Gele Zee het Sihwa meer instroomt. De toegepaste methode van energieopwekking bij de Sihwa TPP heeft de laagste energieopbrengst in vergelijking met de andere methoden. Toch is voor deze methode gekozen, omdat de Zuid-Koreaanse autoriteiten het landschap zo minimaal mogelijk wilden wijzigen. Tevens was het met deze methode niet noodzakelijk om de bestaande dijk extra te verhogen [3].

De dam, die de Gele Zee scheidt van het Sihwa meer, bestaat uit twee delen. Een deel bevat tien turbines met een individueel vermogen van 25,4 MW om energie op te wekken, het andere deel bestaat enkel uit een achttal sluizen om het

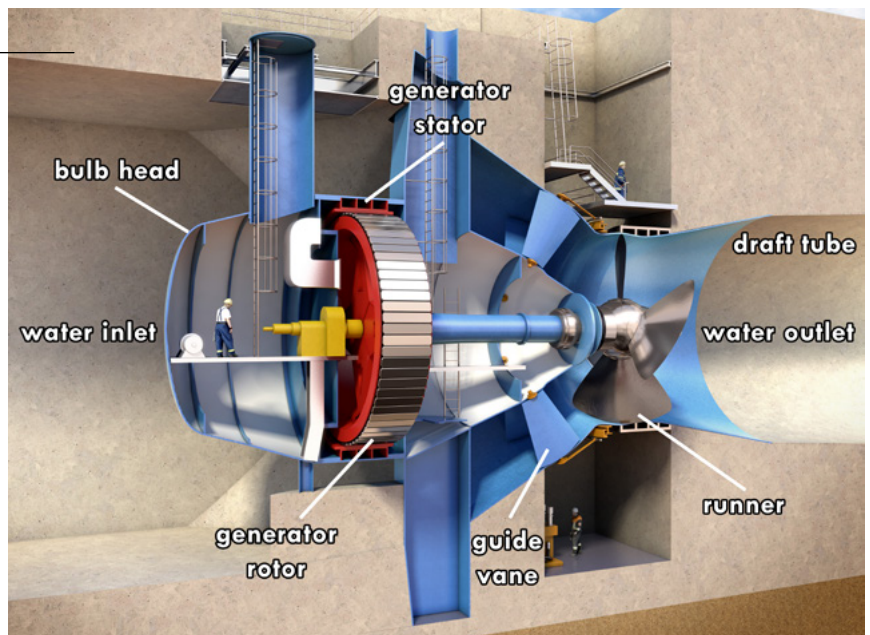


Figuur 1: Werking éénrichtings-centrale bij vloed

(volstromen) of juist ontladen (leegstromen). Methode drie maakt gebruik van speciale turbines, met verstelbare bladen, om ook in de tegengestelde richting energie op te kunnen wekken. Bij methode vier worden twee bassins geplaatst tussen de dijk en het meer. Tussen deze twee bassins zijn de turbines geplaatst, die enkel in één richting energie opwekken. Door middel van de bassins wordt een bufferzone gecreëerd waardoor bij zowel het binnenstromen van water als het uitstromen van water energie kan worden opgewekt met een turbine die slechts één richting opdraait.

water weer terug te laten stromen naar de zee. In figuur 1 is de positie van de turbines en sluizen afgezet tegen het zeewaterniveau. Hierbij wordt het sluisgedeelte aangeduid met 'gates' en het gedeelte met turbines met 'turbines'. In fase 1 zijn beide delen gesloten en wordt een verschil opgebouwd tussen het zeewaterniveau en het waterniveau van het meer. Wanneer het niveauverschil 2 meter bedraagt wordt het gedeelte met de turbines geopend en de energieopwekking gestart, fase 2. Het water stroomt nu vanuit de zee het meer in via de turbines. Nog voordat het waterniveau in het meer de gemiddelde zeespiegel bereikt worden de turbines gesloten en bevindt het systeem zich in stand-by mode, fase 3.

Figuur 2: Doorsnede bulbturbine, een soortgelijke turbine is toegepast bij de Sihwa Tidal Power Plant (bron: <http://www.gepowerconversion.com>)



Dan wordt er gewacht totdat de zeewaterspiegel is gezakt tot het niveau van het meer. Vervolgens worden de sluisen geopend om het waterniveau in het meer weer geleidelijk aan te laten zakken totdat het weer in evenwicht is met de zeewaterspiegel, fase 4. Er wordt in fase 4 echter geen energie opgewekt omdat het hier een éénrichtingscentrale betreft. [4]

De Sihwa TPP maakt gebruik van bulbturbines met een runner (propeller) diameter van 7,5 meter. Dit is ongeveer de maximale afmeting voor een bulbturbine. Een doorsnede van een soortgelijke bulbturbine is weergegeven in figuur 2. De bulbturbines met horizontale as draaien met een snelheid van 64,3 rotaties per minuut. In vergelijking met windturbines zijn de bladen van bulbturbines kleiner en draaien de turbines langzamer. Dit is mogelijk door de hogere dichtheid van water [5].

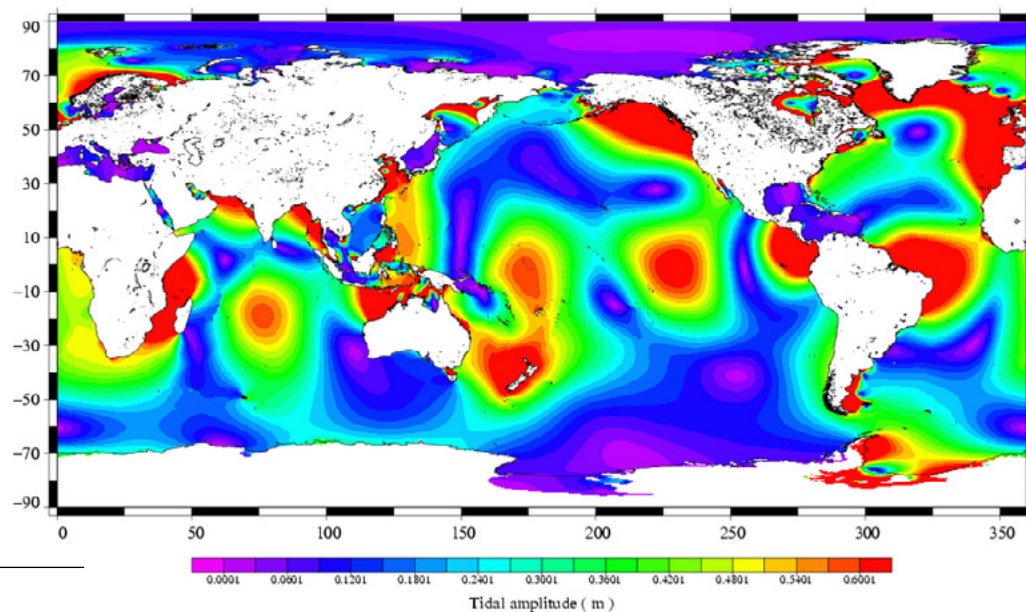
Een bulbturbine is de meest geschikte turbine bij het genereren van getijdenenergie, omdat deze een hoge efficiëntie heeft bij relatief kleine niveauverschillen. Daarnaast zijn de inlaatcondities van het water beter dan in vergelijking met een verticale Kaplan turbine [3]. Het binnenkomende water stroomt om de bulb head en wordt via begeleidende schoepen in de juiste richting gestuurd om de runner aan te drijven. De runner drijft op zijn beurt de generator aan. De bladen van de Sihwa TPP turbines zijn 'vast' gemonteerd waardoor er maar in één richting energie opgewekt kan worden. Op deze manier kan meer energie worden opgewekt [3]. Om de jaarlijkse energieopbrengsten te optimaliseren zijn diverse numerieke modellen gemaakt voor de Sihwa TPP. Indien de turbines te vroeg worden geactiveerd is het niveauverschil kleiner en draait de turbine langzamer, maar wel voor een langere duur. Wanneer de turbines later worden geactiveerd is het niveauverschil groter en draait de turbine sneller, maar nu gedurende een korter tijdsbestek [6].

Voordelen getijdenenergie

- geen CO₂-uitstoot;
- constante en voorspelbare energieopbrengst per maand en jaar;
- geen grote verschillen in energieopbrengst tussen de seizoenen;
- de dijken die benodigd zijn om een bassin/meer te creëren vormen een extra bescherming tegen overstromingen.

Nadelen getijdenenergie

- er wordt slechts gedurende enkele uren per dag energie opgewekt;
- er zijn relatief grote constructies voor benodigd, dit is kostenverhogend;
- zout zeewater resulteert in hogere onderhoudskosten;
- bij kleine niveauverschillen kunnen de turbines niet draaien.



Figuur 3: Hoogte van de getijden-amplitude wereldwijd (bron: <https://sites.google.com/site/ee535test/ian-furlong>)

Ecologische impact

De Sihwa TPP is voortgekomen uit een oplossing voor een ecologisch probleem: vervuiling van het Sihwa Lake door afvalwater afkomstig van omliggende industrie. Het bassin was oorspronkelijk bedoeld voor landbouw- en irrigatiedoelinden, maar door het ontbreken van een stroming en daarmee gepaard gaande verversing van het water, raakte het reservoir zwaar vervuild [7]. Hiermee verdween de functie van het kunstmatig aangelegde meer, alsook de aanwezige flora en fauna. De Koreaanse overheid besloot het bassin weer aan te sluiten op zeewater door de dam nu en dan te openen voor circulatie. Uiteindelijk werd er gekozen voor een getijdencentrale.

De aanwezigheid van een getijdencentrale betekent dat grote rotorbladen het water doorklieven en de eb- en vloedcycli in zekere mate ontregeld wordt. De impact hiervan op de lokale ecologie is een weinig onderzocht onderwerp, maar de IEA-OES (Ocean Energy Systems) benoemt drie mogelijke aspecten om rekening mee te houden, namelijk fysiek contact tussen dieren en rotor-

bladen, verstoring van de leefomgeving van zeeorganismen door geluidsontwikkeling, en het weghalen van energie uit de getijdewisseling [8]. Dit laatste aspect heeft vooral invloed op het ecosysteem van de zeebodem, waar een verandering plaatsvindt in waterstromingen en soorten sediment. Hierdoor zouden zeeorganismen ontregeld kunnen raken. Een andere oorzaak hiervoor is het geluid dat de rotorbladen onder water voortbrengen. Voor verwondingen van grotere zeedieren zoals dolfijnen door de bewegende rotorbladen is nog geen bewijs gevonden [9].

Over het algemeen wordt aangenomen dat de impact van een getijdencentrale op de omgeving klein is in vergelijking met andere methoden voor energieopwekking uit de oceaan. Er zijn zelfs positieve effecten te noemen, zoals het ontstaan van verbeterde leefomgevingen voor zeevogels door de opbloei van het gebied rond het waterbassin [9].

Potentieel voor Nederland en andere delen in de wereld

Wereldwijd is de potentie voor getijdenbronnen aanzienlijk. In theorie kan viermaal het in Nederland opgestelde vermogen aan elektriciteitscentrales uit getijdenenergie opgewekt worden. Dit komt neer op 3 miljard kW die continu beschikbaar is. Echter kan hiervan maar 2% daadwerkelijk benut worden door geografische beperkingen. Toch kan wereldwijd nog altijd zestigduizend MW worden opgewekt door middel van getijdenenergie.

Om een goede indicatie te kunnen geven van de daadwerkelijk aanwezige bronnen is het noodzakelijk om de details per gebied of land weer te geven. De vorm van de kust is ook bepalend voor het getijdenbereik. Het verschil tussen hoog en laag tij kan oplopen tot 17

meter. Landen met een groot getijdenbereik zijn Argentinië, Australië, Canada, Chili, China, Colombia, Frankrijk, Japan, Rusland, Zuid-Korea, Spanje, Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten (Maine/Alaska). Ook de kust van Oost-Afrika heeft een hoog getijdenbereik en daardoor potentie voor een TPP, zie figuur 3.

Vooralsnog is er slechts voor een beperkt aantal landen onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor het plaatsen van een TPP. Voor landen als Frankrijk, Ierland, Noorwegen, Verenigd Koninkrijk, Verenigde Staten en delen van de kust van China en Canada is al onderzoek gedaan. Landen als Australië, Afrika, India en Spanje hebben ook potentie, maar hier is pas weinig tot geen onderzoek gedaan.

Naast de getijdenamplitude en de vorm van de kust is ook de snelheid van de stroom van het water van belang. Deze dient minimaal 1.5 tot 2 meter per seconde te zijn (m/s). In Europa zou minstens 12.000 MW aan energie opgewekt kunnen worden met TPP's [5].

Getijdeninstallatie in Oosterschelde stormvloedkering

In 2015 zijn vijf naast elkaar gelegen getijdenturbines geplaatst in de Oosterschelde stormvloedkering voor opwekken van schone energie. Dit is momenteel het grootste project voor getijdenstroom in Nederland. Met het aanbrengen van de turbines krijgt de Oosterscheldekering nu een dubbele functie, namelijk het beschermen van Nederland tegen water en het opwekken van energie. Anders dan in Zuid-Korea zijn deze getijdenturbines niet in bassis geplaatst. project dient vooral als pilot om de potentie van getijdenenergie in Nederland te laten zien [10].

Westerschelde

Ook voor de Westerschelde is er onderzoek gedaan naar het potentieel voor energieopwekking uit getijden. Om in aanmerking te komen moeten de gebieden in de Westerschelde voldoen aan de volgende drie eisen: de stroomsnelheid moet groter dan 1 m/s zijn, het gebied mag niet in de vaargeul

liggen en moet dieper zijn dan 10 meter. Een groot deel van de Westerschelde voldoet niet aan deze eisen. De meeste locaties die geschikt zouden zijn, bevinden zich in de vaargeul. Slechts drie locaties lijken geschikt te zijn, en aangezien een van deze locaties slechts 6 meter diep is, is die locatie alleen geschikt voor een drijvende constructie. De drie locaties zouden per jaar 19,5 GWh aan getijdenenergie kunnen opleveren [11].

Conclusie

De Sihwa TPP heeft een belangrijk aandeel in het behalen van de Zuid-Koreaanse energiedoelen voor 2020 en 2035. De huidige vorm van energieopwekking is desondanks nog niet ideaal en er zullen grote vooruitgangen moeten worden geboekt om het rendement van TPP's te verhogen en de kosten te verlagen. De potentie om getijdenenergie een onderdeel van de wereldwijde hernieuwbare energiebronnen te maken lijkt steeds groter te worden. Echter is er op dit moment te weinig onderzoek gedaan in landen met een groot getijdenbereik. In Nederland is de eerste getijdencentrale als pilot geplaatst in de Oosterschelde stormvloedkering om de potentie van de energieopwekking te onderzoeken. Door het kleinere niveauverschil tussen de getijden in Nederland is de potentiële opbrengst kleiner dan bijvoorbeeld in Zuid-Korea. Echter achten wij het land dat bekend is geworden om zijn deltawerken in staat om deze manier van energieopwekking op een kleinschalige en efficiënte manier te benutten.

Verwijzingen

1. "Energy policies of IEA Countries: The republic of Korea," IEA, Parijs, 2012.
2. "Korea energy masterplan, outlook & policies to 2035," MOTIE, Ministry of Trade, Industry and Energy Korea, 2014.
3. H. Swane, "Tidal power plant in Saemangeum," TU Delft, Utrecht, 2007.
4. Y. H. Bae, K. O. Kim and B. H. Choi, "Lake Sihwa tidal power plant project," Ocean Engineering, pp. 454-463, 2010.
5. IRENA, "Tidal Energy, Technology Brief," IRENA, 2014.
6. M. Schneeberger, L. Losbichler, J. Jagersberger, G. Thaler, W. Harb and E. Schlemmer, "Tidal Power Development," 9 Januari 2007. [Online]. Available: <http://www.waterpowermagazine.com/features/featuretidal-turbine-development/>. [Accessed 30 Mei 2017].
7. N. Park, Sihwa Tidal Power Plant: A Success Of Environment And Energy Policy in Korea, 2007.
8. A. Copping, L. Hanna, J. Whiting, S. Geerlofs, M. Grear, K. Blake and H. Battey, "Environmental effects of marine energy development around the world. Annex IV Final report (No. PNNL--22176)," IEA Ocean Energy Systems Initiative,, Richland, USA, 2013.
9. A. Uihlein and D. Magagna, "Wave and tidal current energy - a review of the current state of research beyond technology," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 58, pp. 1070-1081, 2016.
10. Strukton, "Getijdeninstallatie in Oosterschelde stormvloedkering," 25 september 2015. [Online]. Available: <http://www.strukton.nl/nieuws/2015/getijdeninstallatie-in-oosterschelde-stormvloedkering-geinstalleerd/>. [Accessed 15 juni 2017].
11. B. Ledeboer, "Potentieel voor energieopwekking uit getijden in de Westerschelde," Altran Technologies Netherlands BV, 2004.