Werkdocument 2.0

marktprognose

Tidal Technology Center Grevelingendam

Nederland

Europa

Mondiaal

Markt notitie t.b.v. Structuurversterking Zeeland

Twin Valleys

7 maart 2017
Opgesteld door
ing. J.C. Holleman MBA
ing. drs. P. Munters

Marktprognose

In Nederland is in 2017 ten minste een capaciteit van 228 MW aan projecten (getijden en rivieren) aanwezig tot 2023. Dit is een conservatieve schatting, gezien o.a. de grote marges in de schattingen Brouwersdam en Oosterscheldekering. Deze bestaat voor 118 MW uit rivierenenergie waarvan ongeveer 37,3 MW [1] aan vervangingsmarkt en 110 MW aan getijdenenergie.

In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** is een overzicht opgenomen van alle potentiele energiedijken in Europa. Het potentieel voor rivierenergie is geprognosticeerd door de Small Hydro Association en UNIDO in 2016 en wordt momenteel geschat op 217 GW[3]. In Annex 4 zijn verschillende Nederlandse regionale rapporten weergegeven.

Een Europees overzicht inclusief investeringen en geprognosticeerde vermogens treft u aan in de tabel hieronder.

EUROPA[2]		
2008 - 2016	**2020**	**2050**
40 MW geïnstalleerd 2018 **0,02%** van energie behoefte 600 miljoen geïnvesteerd in de periode 2008 – 2016	1 miljard investeringen in R&D tot 2020 3 tot 4 miljard deployment tot 2020	100.000 MW / 100 GW in 2050 **15%** in 2050 188.000 MW / 188 GW in 2050

MONDIAAL	
	2050
	337.000 MW / 337 GW geïnstalleerd in 2050

[1] Ministerie van Economische Zaken 2010. Nationaal actieplan voor energie uit hernieuwbare bronnen Richtlijn 2009/28/EG.

[2] **European Commission Joint Research Centre**, institute for Energy and Transport. Ocean Energy Status Report 2015 Technology, market and economic aspects of ocean energy in Europe
European Commission 'Blue Energy Action needed to deliver on the potential of ocean energy in European seas and oceans by 2020 and beyond' (SWD(2014) 12 final, Accompanying the document COM(2014) 8 final).

[3] http://www.smallhydroworld.org/fileadmin/user_upload/pdf/WSHPDR-2016-ES-FPP-2.pdf

Overzicht waterkracht rivieren Nederland

Het potentieel voor rivieren wordt door diverse rapporten onderbouwd. Op basis van deze rapporten wordt het potentieel geschat op ruim 120MW. De onderbouwing van dit vermogen wordt hieronder verder geconcretiseerd.

In Nederland bestaat het potentieel uit het beschikbare vermogen in de grote rivieren en het potentieel van de overige waterstromen, voornamelijk bij stuwen en te realiseren energiedijken.

Marktpotentieel vervangingsmarkt huidige centrales.

In Nederland is in het verleden al geïnvesteerd in waterkracht. Het geïnstalleerd vermogen daarvan is in totaal 40,3 MW (Zie tabel potentieel). De gekozen machines zijn alle van een **visonvriendelijk** type en aangebracht in speciale unieke bouwwerken (centrales). De bouw hiervan is toen mogelijk geweest dankzij subsidies.[4] De huidig opgestelde turbines (37,3 MW) bij de vier grote waterkrachtcentrales moeten de komende jaren vervangen worden; deze turbines hebben een zeer hoge vissterfte (>25%) en voldoen niet aan enige noch de huidige richtlijnen.

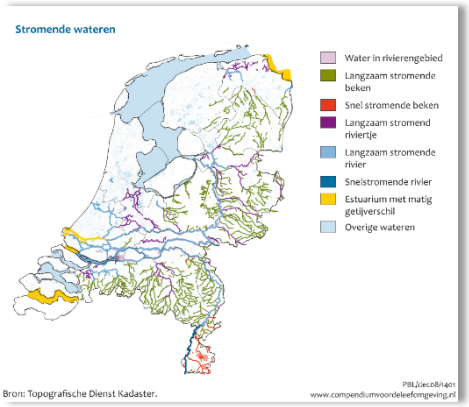
Potentieel grote rivieren

Deltares heeft een verkenning uitgevoerd in 2009 op alle Rijkswateren, gericht op locaties met de mogelijkheid enig vermogen op te wekken. Dat wil zeggen van een paar honderd kW tot enkele MW. Belangrijk is dat een locatie financieel-economisch een kans heeft. Het heeft concreet geleid tot de volgend locaties voor duurzame energie:

- **Grote Stuwen o.a. Maas**: de stuwen bij Borgharen, Roermond, Belfeld, Sambeek en Grave Neder-Rijn: de stuwen bij Driel en Hagestein (48,8 MW). De potentiele projecten zijn gedetailleerd weergegeven in Annex 1
- **Spuisluizen**: De Afsluitdijksluizen, de Haringvlietspuisluis, de Bathse spuisluis, en het sluiscomplex bij Eefde (11,7 MW). De potentiele projecten zijn gedetailleerd weergegeven in Annex 2
- **Schutsluizen met spuifunctie** (of daarmee uit te breiden)(debiet > 5 m3 /s) De sluizen bij Wijk bij Duurstede, Tiel, Bosscherveld, Born en Maasbracht en de in aanbouw zijnde Sluis III in het Prinses Wilheminakanaal (0,3 MW)
- **Bruggen** De bruggen over de Oude Maas, Noord, Dordtse Kil, Noord, Waal, en over de Grensmaas.(4MW)

Potentieel overige rivieren en stromende wateren / Small HYDRO[5]

De overige stromende wateren zijn te verdelen in snelstromende en langzaam stromende wateren. Als de stroomsnelheid meer dan 50 cm/s is, zijn het snelstromende wateren. De stromende wateren worden verdeeld in bovenlopen (smaller dan 3 meter), middenlopen (breedte 3 - 8 meter), benedenlopen (breedte > 8 meter), riviertje (breedte 8 - 25 meter) en rivier (breedte meer dan 25 meter). De rivieren gaan over in estuaria met een (beperkt) getijverschil voordat zij in zee stromen. Veel kleinere rivieren gaan in laag Nederland over in kanalen die een onderdeel zijn van het boezemstelsel. De meeste beken en riviertjes



[4] Potentie duurzame energie bij kunstwerken WINN Energie uit water Deltares 2009
[5] http://www.clo.nl/indicatoren/nl1401-oppervlaktewater-in-nederland

liggen in het vrij afwaterende deel van Nederland boven NAP. Het marktpotentieel qua rivieren (met stuw) met een stroomsnelheid van meer dan 1 m/s en een debiet van > 1 m wordt door de Small Hydro Association[6] geprognosticeerd op 12 MW. Een lijst van potentiele projecten is weergegeven in 0.

Totale prognose energie uit rivieren

Indien we deze twee (Deltares en Small Hydro Association) rapporten combineren ontstaat een onbenut, beschikbaar potentieel van 80,75 MW en een vervangingspotentieel van 37,3 MW. Een totaal potentieel van meer dan 121 MW (zie Tabel 1).

Tabel 1 **Geïnstalleerd en potentieel vermogen in Nederland**

	Geïnstalleerd vermogen in MW	Potentieel vermogen in MW
Huidige WKCs NL	37,3	
Stuwen Maas		48,8
Spuisluizen		11,8
Schutsluizen		0,3
Bruggen		4
Kribben		4
Small Hydro		12
Totaal	40,3	80,75

Er zijn concrete plannen in uitwerking voor de stuwen en er worden momenteel veel lokale initiatieven opgestart zoals Dommelstroom en de waterkrachtcentrale bij Doesburg.

Regionale rapportages

Verschillende provincies zijn momenteel in detail het potentieel van waterkracht in kaart aan het brengen. Gelderland heeft in 2016 als een van de eerste provincies in samenwerking met Royal Haskoning (DHV) het potentieel in kaart gebracht voor zowel de grote rivieren als de stuwen. Een samenvatting is weergegeven in Annex 4.

[6] http://www.unido.org/fileadmin/user_media_upgrade/What_we_do/Topics/Energy_access/WSHPDR_Executive_Summary_2016.pdf

Annex 1. Potentieel grote stuwen

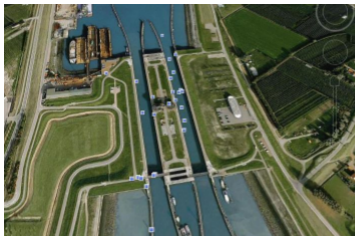
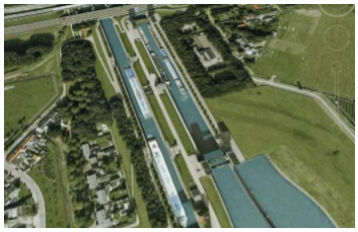
In de tabel hieronder is een gedetailleerde opzet van de potentiele waterkrachtcentrales bij grote stuwen op basis van het Deltares[7] rapport.

Locatie en geprognosticeerd vermogen Deltares		
Maas: Borgharen 11MW	**Maas: Roermond 6,5 MW**	**Maas: Belfeld 5 MW**
Maas: Sambeek 8,5 MW	**Maas: Grave 7,5 MW**	**Neder-Rijn: Hagestein 8MW**
Neder-Rijn: Driel 2,3 MW		

[7] http://www.innoverenmetwater.nl/upload/documents/Potentie%20duurzame%20energie%20bij%20kunstwerken%20(rapport).pdf

Annex 2. Potentieel spuisluizen en schutsluizen

In de tabel hieronder is een gedetailleerde opzet van de potentiele waterkrachtcentrales spuisluizen op basis van het Deltares[8] rapport.

Schutsluis Hansweert 0,2 MW 	**Sluis bij Wijk bij Duurstede (Prinses Irenesluis) 1,5 MW** 	**Nieuwe Stratenzijl 0.2 MW**
Haringvliet 1,5 MW 	**Bathse spuisluis 1,5 MW** 	**IJmuiden spuisluis 0.35 MW**
Twente kanaal sluizencomplex Eefde 0.5 MW 	**Bosscherveld schutsluis0.3 MW** 	**Schutsluiscomplex Born 2 MW Nader Technisch onderzoek noodzakelijk**
Schutsluiscomplex Maasbracht 2 MW **Nader Technisch onderzoek noodzakelijk** 	**Sluis Heel (nabij stuwcomplex Linne) 0,4 MW** 	**Schutsluiscomplex Tiel (Prins Bernhardsluis) 0,5 MW** 

De volgende sluizen zijn bekend, maar niet opgenomen in de berekening van het potentieel.

[8] http://www.innoverenmetwater.nl/upload/documents/Potentie%20duurzame%20energie%20bij%20kunstwerken%20(rapport).pdf

	Sluis bij Weurt (nabij de Waal in het Maas-Waal Kanaal) directioneel onbekend vermogen niet opgenomen in potentieel 	**Sluis bij St. Andries Verval > 1 m onbekend vermogen niet opgenomen in potentieel**
	Afsluitdijk: Den Oever **Reeds in ontwikkeling door Tocardo, niet opgenomen in potentieel** 	**Afsluitdijk: Lorenzsluizen 1.8 MW** **Reeds in ontwikkeling door Tocardo, niet opgenomen in potentieel**

Annex 3. Potentieel small hydro

In de tabel hieronder zijn de potentiele rivier projecten weergegeven bij stuwen.

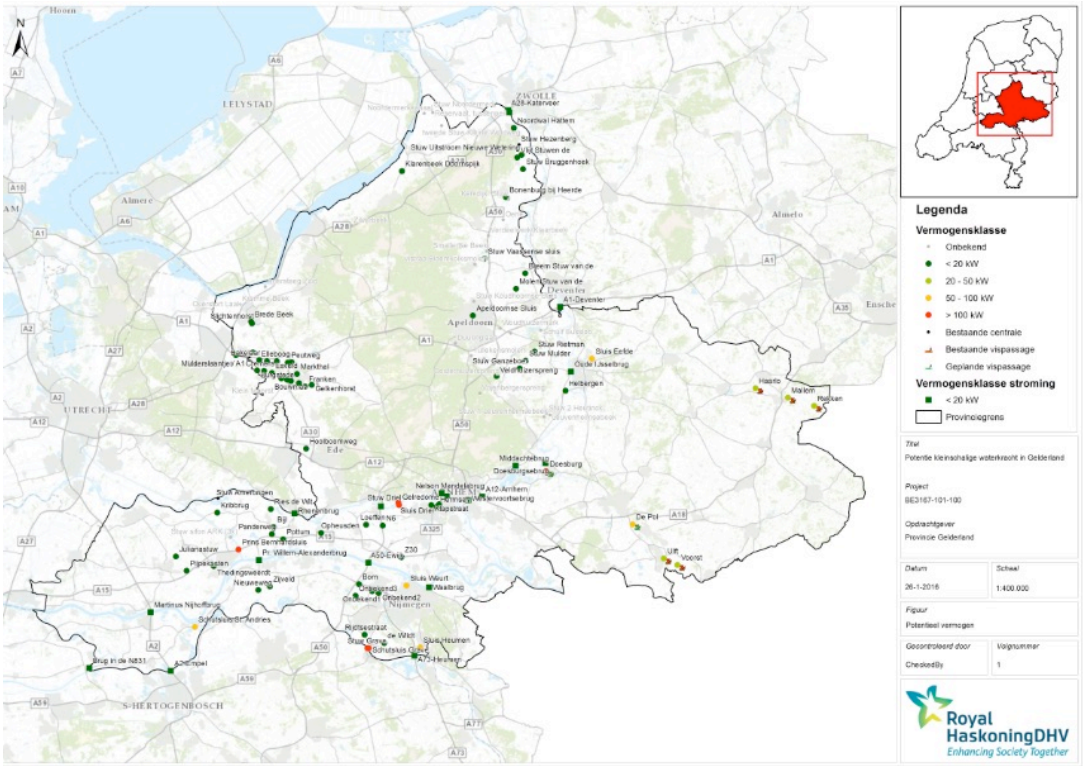
Geul	Stroomgebied [ha]	Q 60% [m3/s]	H [m]
Grondduiker bij Julianakanaal	38.775	2,6 m3/s	--
Stuw Meerssen	37.735	2,5 m3/s	1,0 m
Suw Vroenhof	36.000	2,4 m3/s	--
Valse stuw Eijkendaal	35.000	2,3 m3/s	2,0 m
Geulhemmermolen	35.000	2,3 m3/s	1,6 m
Oude- of Banmolen (Valkenburg)	33.660	2,2 m3/s	--
Molen Wijlre	30.825	2,0 m3/s	--
Molen Overgeul	15.000	1,0 m3/s	--
Molen Hofke	14.000	0,9 m3/s	--
Molen Epe	12.000	0,8 m3/s	--
Molen Cammerig	11.500	0,7 m3/s	--
Jeker	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
Maastricht	43.600	2,0 m3/s	2,5 m
Roer	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
Stuw Groot-Hellegat	223.700	15,8 m3/s	2,5 m
Klein-Hellegat (voorm. ECI-centrale)	of:		
Overlaat Hambeek	of:		
Nieuw kunstwerk (tussen Roermond en grens)?			
Swalm	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
Stuw bij zwembad Swalmen	22.000	1,5 m3/s	2,0 m
Niers	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
geen stuw aanwezig…	134.800	20,0 m3/s	1,4 m
Dommel	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
Eindhoven Zuid	170.000	15,0 m3/s	
Vaste overlaat Vught			
St Michielgestel		6,1 m3/s	0,65 m
Boxtel (bochtafsnijding)		6,1 m3/s	1,0 m
Boxtel (hoofdtak)		kleiner	1,0 m
St Oedenrode	100.000	5,3 m3/s	1,0 m
Hooidonkse molen	90.000	4,7 m3/s	1,0 m
TU Eindhoven	50.000	2,6 m3/s	1,0 m
Waalre		2,0 m3/s	0,4 m
Valkenswaard	20.000	1,6 m3/s	1,0 m
Kleine Dommel	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
Diverse stuwen	27.000	2,0 m3/s	1,0 m
Beerze	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
Grondduiker Wilhelminakanaal	23.625	klein	< 1,0 m
Esschestroom	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
Station Nemelaer	33.000	1,8 m3/s	1,0 m
Aa	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
Berlicum	72.000	4,0 m3/s	1,6 m
Stipdonk (aflaat naar Z-Willemsvaart)		12,0 m3/s	
Oude IJssel	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
Doesburg	12.000	2,5 m3/s	3,4 m
Stuw de Pol (Heuven)	87.000	1,8 m3/s	1,0 m
Ulft	60.740	1,3 m3/s	1,0 m

Aastrang	Stroomgebied [ha]	Q 60% [m3/s]	H [m]
Voorst	45.000	0,7 m3/s	1,7 m
Berkel	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
Stuw Beekvliet	50.825	2,1 m3/s	1,3 m
Stuw Elbrink	50.555	2,1 m3/s	1,0 m
Stuw Hoge Brug	45.330	1,9 m3/s	2,0 m
Stuw Haarlo	44.580	1,9 m3/s	2,2 m
Stuw Stokkersbrug	44.580	1,9 m3/s	1,3 m
Stuw Mallem	39.770	1,6 m3/s	2,5 m
Overlaat Kuipersbrug		1,6 m3/s	1,3 m
Overlaat Rekken		1,6 m3/s	1,5 m
Overijsselse Vecht	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
Stuw De Haandrik	371.000	5,9 m3/s	2,0 m
Stuw Hardenberg		6,5 m3/s	1,5 m
Stuw Marienberg		7,0 m3/s	1,0 m
Stuw Junne		7,6 m3/s	1,1 m
Stuw Vilsteren		9,6 m3/s	1,0 m
Stuw Vechterweerd		11,4 m3/s	1,0 m
Regge	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
Stuw Zuna	81.766	2,0 m3/s	1,0 m
Stuw Hellendoorn		2,2 m3/s	1,0 m
Overijssels kanaal (grondduiker)		2,2 m3/s	1,0 m
Stuw nabij Linderbeek		2,3 m3/s	1,5 m
Linderbeek	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
Stuw Linde		2,5 m3/s	0,3 m
Stuw den Ham		2,6 m3/s	1,0 m
Dinkel	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
Stuw Beversborgbrug	63.700	2,1 m3/s	0,3 m
Watermolen Singraven		1,1 m3/s	2,4 m
Grondduiker Almelo-Nordhorn		1,0 m3/s	1,4 m
Stuw Lattrop		2,5 m3/s	1,2 m
Afwaterigen/kanalen	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
Electra	28.800		
Eemskanaal	30.890	2,0 m3/s	1,0 m
2e pand Winschoterdiep	7.875		
Westerwoldse A	20.000		1,0 m
Vollehove	14.000	1,0 m3/s	
Meppelerdiep (Zwartsluis)	115.500		weinig
Paradijssluis			0,3 m
Ericasluis		0,2 m3/s	2,0 m
Nieuwe Brugsluis		0,2 m3/s	6,3 m
Overijsselse Vecht	**Stroomgebied [ha]**	**Q 60% [m3/s]**	**H [m]**
Stieltjeskanaalsluis		1,0 m3/s	3,9 m

Annex 4. Potentieel Gelderland, Zeeland en Noord-Brabant

Verschillende provincies zijn momenteel het potentieel van waterkracht in detail in kaart aan het brengen. Gelderland heeft in 2016 als een van de eerste provincies in samenwerking met Royal Haskoning DHV het potentieel in kaart gebracht voor zowel de grote rivieren als de stuwen.

Figuur 1 **Potentie kaart Waterkracht Gelderland**



Ook Zeeland heeft deze potentie voor Energie uit water in kaart gebracht.

Figuur 2 **Potentiele waterkracht projecten Zeeland**

Gedurende 2008 heeft Noord-Brabant via de scenario studie naar de energievoorziening van Noord-Brabant dit in 2040 in kaart gebracht[9]. De hoeveelheid waterkracht in Noord-Brabant is beperkt, vooral vanwege de geringe hoogteverschillen van de rivieren. De Maas is de belangrijkste bron van waterkracht, maar ook de Merwede en de kleinere rivieren Mark en Dommel zijn in de berekening meegenomen. Voor waterkracht komt dit op een totale stromingsenergie van 1,4 PJ (Tabel 2)

Tabel 2 **Theoretische potentieel waterkracht vier Brabantse rivieren**

Rivier	Debiet(m3/s)	Hoogteverschil	Energie (PJ)
Maas	320	10.5	1.05
Merwede	1470	0.6	0.28
Dommel	5	27	0.04
Mark	5	10	0.02
Totaal			1.39

Bij waterkracht wordt onderscheidt gemaakt in kleinere (<10 MW) en grotere (>10 MW) waterkrachtcentrales. Voor Nederland wordt het potentieel van kleine centrales geschat op 19MW, en voor grote centrales op 35 MW. Echter, dit 35 MW potentieel is reeds volledig benut.

Voor de 19MW van de kleine centrales is de toedeling naar Noord-Brabant lastig. Via de verhouding van de oppervlakte van de Rijn en Maas is voor Noord-Brabant een totale capaciteit van 4,6 MW geschat. De totale opgewekte energie kan worden bepaald met behulp van load-factoren, en komt uit op 0,05 PJ (Tabel 3).

Dit komt ongeveer overeen met de huidig opgewekte waterkracht van 0,1 PJ in de centrale bij Lith, als rekening wordt gehouden met een ‘eigendomsfactor’ van 50% (de Maas is een grensrivier tussen Noord-Brabant en Gelderland).

Tabel 3 **Potentieel van Waterkracht**

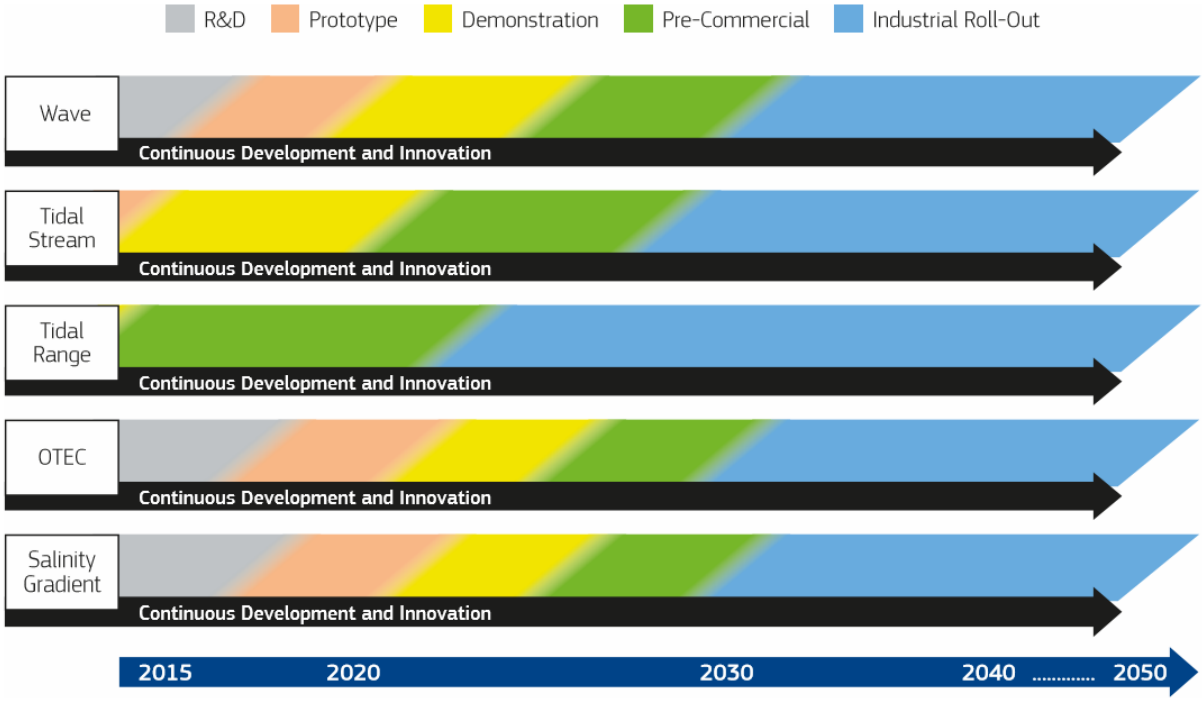
Rivier	Nederland		Noord-Brabant
Schaal (MW)	<10	>10	
Oppervlakte Rijn en Maas (ha)	96420		8216
Potentieel (MW)	19	35	4.6
Load-factor	39.6%	29.5%	
Energie (PJ)	0.24	0.33	0.05

[9] Telos Brabants Centrum voor duurzame ontwikkeling

Annex 5. Potentieel energiedijken Nederland

Ocean Energy Europe heeft een tijdslijn[10] opgesteld waarlangs de verschillende technologieën op het gebied van energie uit water zich naar verwachting zullen ontwikkelen. Figuur 3 hieronder geeft weer dat energiedijken (*tidal ranges*) anno 2016 in de pre-commerciële fase zitten. Technieken zoals golf en *tidal stream*, OTEC en *salinity gradient* technologie bevinden zich nog in een vroege fase van ontwikkeling, deze zijn derhalve niet meegenomen in het potentieel.

Figuur 3 **Verwachte ontwikkeling van verschillende waterkracht technologieën**

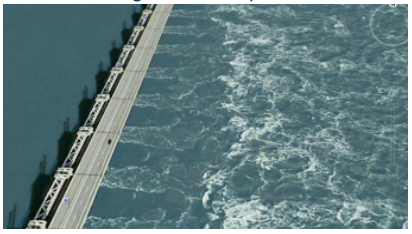


Nederland heeft een aantal grote projecten in de planfase, de Brouwersdam met een vermogen van 60 MW[11] en de Oosterscheldekering van 50MW. Het momenteel opgestelde vermogen getijdenenergie in Nederland bestaat alleen uit de Oosterscheldekering (1MW). Verder zijn er een aantal kleinere projecten in ontwikkeling. Het betreft vooral projecten in Zeeland (zie Annex 4), zoals het tweede deel van de Oosterscheldekering (1 a 2 MW), Westerschelde (3MW) tezamen met een aantal kleinere projecten. Deze projecten zijn uitermate geschikt voor toepassing van de Water2Energy technologie. Het totale potentieel in Nederland bedraagt 110 MW.

Figuur 4 **Het potentieel van de Oosterscheldekering.**

Oosterscheldekering deel 1, 1 MW. Reeds ontwikkeld door Tocardo, niet meegenomen in potentieel berekening.

Oosterscheldekering deel 2, 1MW. In ontwikkeling door Tocardo, niet meegenomen in potentieel berekening

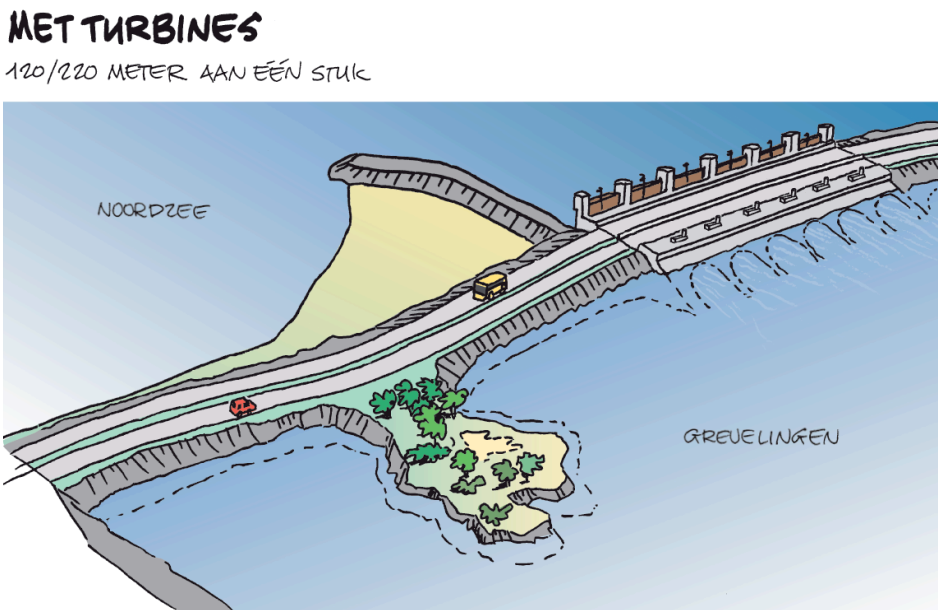


[10] Ocean Energy Strategic Roadmap. Building Ocean Energy for Europe 2015. Ocean Energy Forum
[11] ECN beleidsstudie Energie uit Water, 21 februari 2012.

Box 1 **Brouwersdam wordt weer geopend**

De waterkwaliteit van het Grevelingenmeer is, na de afsluiting met de Brouwersdam in 1971, achteruitgegaan door een gebrek aan getijdenbeweging[12]. De aanleg van een doorlaat in de Brouwersdam heeft in 1978 weliswaar de verbinding met de Noordzee hersteld, maar heeft nog meer dan voorheen geleid tot een sterke gelaagdheid als gevolg van saliniteit- en temperatuurverschillen. De diepere waterlagen van het Grevelingenmeer hebben hierdoor te maken met zuurstofuitputting en zelfs zuurstoflоosheid. Bij een grotere doorlaat, resulterend in een verticaal getijverschil van meer dan 0,4 meter, zal de menging in het meer zodanig zijn dat de mate van stratificatie sterk wordt gereduceerd. De zuurstofhuishouding wordt hierdoor voor 80% duurzaam verbeterd, gebaseerd op een gewenste zuurstofconcentratie van minimaal 3,0 mg/l.

De doorlaat in de Brouwersdam kan worden vormgegeven als een getijdencentrale, om zodoende de natuurlijke energiebronnen optimaal te benutten. Een getijdencentrale met turbines kan echter leiden tot een ongewenste mortaliteit van vis, en waarbij deze eventueel te hoog kan zijn om een gezonde, duurzame vispopulatie in stand te houden. Als beleidsregel (Watervergunningverlening Waterkrachtcentrales) geldt dat een getijdencentrale in een water als de Grevelingen niet tot een vismortaliteit mag leiden hoger dan 0,1%.



Milieueffectenrapportages voor getijdenenergie zijn veelal te kostbaar voor individuele projecten. Gezamenlijk onderzoek in combinatie met uitwisseling van informatie en resultaten zal gebruikt kunnen worden om negatieve milieueffecten te minimaliseren en technologische innovaties te doen. Daardoor zal een belangrijke rem op de uitrol van getijdenenergie zijn weggenomen, en - indirect door opschaling - de LCOE van getijdenenergie kunnen dalen.

[12] ATKB 2015, Door getijdenturbines toelaatbare vissterfte in het Grevelingenmeer Fase 1.

Annex 6. Marktontwikkelingen en exportpotentieel

Getijdenenergie is een opkomende niche markt. De verschillende Energie uit Water technologieën zijn nog volop in ontwikkeling, en getijdenenergie is hier van de meest ontwikkelde technologie. Echter, convergentie van de technologieën vindt nog maar in geringe mate plaats. Deze technologieën moeten de komende jaren eerst op semi-commerciële schaal worden getest en gedemonstreerd voordat ze substantieel kunnen bijdragen aan de Nederlandse duurzame energiedoelstelling[13].

De totale mondiale vraag naar primaire energiebronnen voor elektriciteitsproductie zal van 2011 tot 2030 toenemen met 49% (2.6% per jaar). Hernieuwbare energie is hierbinnen - met een groei van 7.6% per jaar gedurende deze periode - de snelst groeiende sub-sector en zal ongeveer verviervoudigen[14].

Energie uit Water (EuW)[15] vertegenwoordigde wereldwijd in 2008 slechts 0,03% van alle hernieuwbare energie, terwijl het theoretische wereldwijde potentieel wordt geschat op 7400 EJ per jaar, en daarmee ruimschoots de huidige energiebehoefte overtreft. Het theoretische potentieel van energie uit getijdenbewegingen wordt geschat op 1 tot 3 TW.

De investeringskosten en *Levelised Cost of Energy* (LCOE) zullen onder hun huidige - niet competitieve - niveau dalen naarmate er meer onderzoek en ontwikkeling, demonstraties en uiteindelijke ingebruikname zal plaatsvinden. Kostenbesparing is de meest kritische factor voor de rol die getijdenenergie kan spelen in de verlaging van de CO_2-uitstoot en klimaatverandering[16]. De samengestelde jaarlijkse groei voor golf- en getijdenenergie wereldwijd wordt geschat op 64% voor de periode 2014-2020[17]. Deze markt omvat waterkracht en getijdenenergie.

De nieuwe visveilige laag-verval technologie kan ook worden gebruikt voor kleine en grote rivieren. In het overzicht worden verder nieuwe visveilige installaties op locaties waar momenteel een conventionele waterkrachtcentrale staat opgenomen. Deze locaties kennen momenteel een te hoge vismortaliteit (10 -20%); vervanging is daar ecologisch niet meer verantwoord, een geheel nieuwe installatie zal uitkomst brengen. Met moderne technologieën kunnen op deze locaties ook grotere installaties worden gerealiseerd worden. Getijdenenergie zal in de betreffende periode met name op basis van de nieuwe energiedijk -technologie mogelijk zijn.

Overigens, in 2014 namen investeringen in *small hydro power* af met 17%, terwijl deze in *large hydro power* toenamen met 110% (vanuit een zeer lage startpositie)[18]. Ook uit onderstaande grafiek blijkt het grote exportpotentieel van getijdenenergie[19].

---

[13] Getijdenenergie nadert een commerciële fase. JRC Science and Policy Reports, 2015. Technology, Market and Economic Aspects of Ocean Energy in Europe.

[14] BP 2013, Energy Outlook 2030, p 11.

[15] Dit omvat energie uit golven, getijdenbewegingen en getijdenstromen, oceaan stromingen, thermische conversie, en zoutgradiënten.

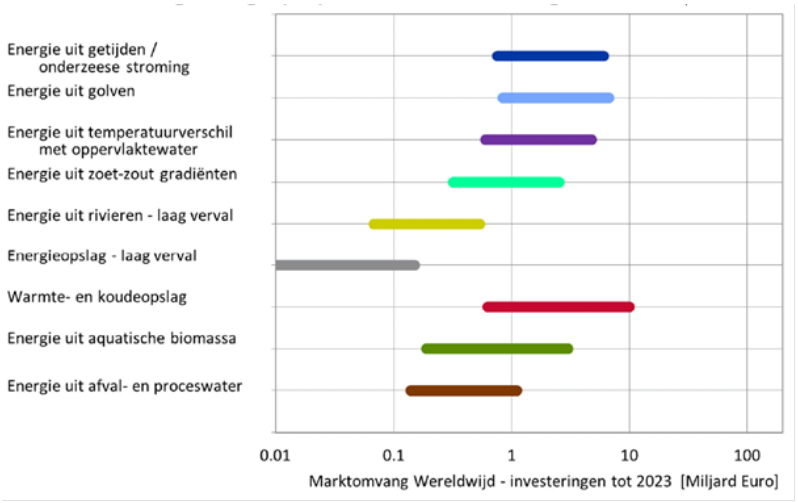
[16] The *levelised cost of energy* for many RE technologies is currently higher than existing energy prices, though in various settings RE is already economically competitive. The cost of most RE technologies has declined and additional expected technical advances would result in further cost reductions. A variety of technology-specific challenges (in addition to cost) may need to be addressed to enable RE to significantly upscale its contribution to reducing GHG emissions. IPCC, 2011. Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation (SRREN), p 10, 87.

[17] Transparency Market Research, 2014. Wave and Tidal Energy Market – Global Industry Analyis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast 2014-2020.

[18] Bloomberg, 2015. Global Trends in Renewable Energy Investment.

[19] Rapport NWP/Blueconomy/Ecofys, 14 november 2014: Marktkansen en bijdrage aan verduurzaming van innovatieve technologie voor energie met water

Figuur 5 Schatting omvang exportpotentieel voor de verschillende technologie clusters van Energie uit Water



Annex 7. Energiedijken Europa

Er is een groot aantal projecten in Europa[20] in ontwikkeling, hieronder zijn de belangrijkste projecten weergegeven.

Location/Name	Power	Opmerking
Schotland		
West Orkney South 1 & 2	50 MW	E.O.N Climate & Renewables UK
Brims Tidal Array 1 & 2	200 MW	Brims Tidal; array Development Ltd
Westray South	200 MW	SSE Renewables Developments (UK) Ltd
Brough Ness (on hold)	100 MW	SeaGeneration (Brough Ness) Ltd
Ness of Duncansby	100MW	Scottish Power Renewablkes UK Ltd
Meygen Pentland Firth	400 MW	Meygen Ltd (ARC)
Kyle Rhea	8 MW	MCT Ltd
Sound of Islay HS1000	10 MW	Scottish Power Renewables UK Ltd
Est Islay	30 MW	DP Marine Energy Ltd
Northern Ireland		
Fair Head 1 & 2	100 MW	DP Marine Energy Ltd / DEME Blue Energy NV
Overig UK		
Point of Ayre	120 MW	Manx Tidal Energy Ltd
Califf of Man	16 MW	Manx Tidal Energy Ltd
Castletown	40MW	Manx Tidal Energy Ltd
St. David's Head Pembrokeshire	10 MW	Tidal Energy Developments South Wales Ltd /Tidal Energy Ltd & Eico Ltd
Aouth Permbrokeshire Demonstration Zone	30 MW	Wave Hub Ltd
Noth Devon Tidal Demonstration Zone	30 MW	Wave Hub Ltd
Perpetuus Tidal Energy Centre	20 MW	Perpetuus Tidal Energy Centre
Dover		Dover Port Authorities
Aldreney / Channel Islands		
Alderney Renewable Energy (ARE) Channel	300 MW	Race Tidal Ltd (OpenHydro & ARE)
Tidal Lagoons (Scotland)		
Solway	± 3.800 MW	Blue Barrier
Morecambe Bay	± 1.500 MW	Blue Barrier
Blackpool	± 1.000 MW	Blue Barrier
Mersey	± 1.000 MW	Blue Barrier
Tidal Lagoons (Wales)		
Colwyn Bay (north Wales)	1.500 MW	Blue Barrier
Bridgewater	2.000 MW	Blue Barrier
Swansey Bay	600 MW	Blue Barrier
Cardiff Bay Lagoon	2.800 MW	Blue Barrier
Newport	2.800 MW	Blue Barrier
Tidal Laggons (East Coast)		
East lincs coast	Est. 800 MW	Blue Barrier
The Wash	Est. 800 MW	Blue Barrier
Thames estuary	Est. 800 MW	Blue Barrier
Sheerness	Est. 800 MW	Blue Barrier
Sussex Coast	Est. 800 MW	Blue Barrier
France		
Normandie Hydro	4x 16 MW	(EDF/DCNS)
La Rance Tidal Power Station	240 MW	EDF

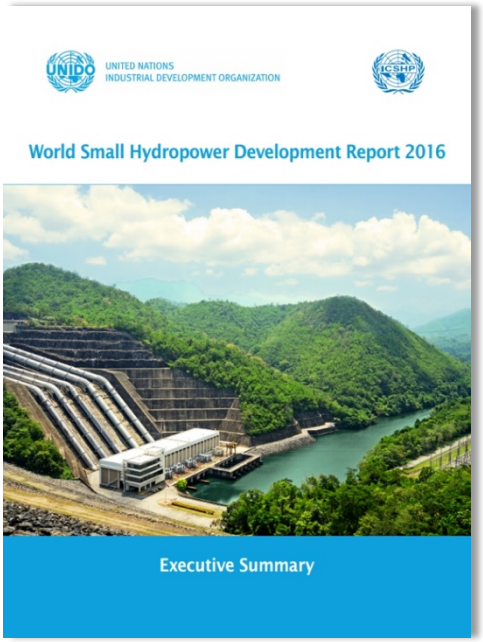
[20] JRC Science and Policy Reports, 2015. Technology, Market and Economic Aspects of Ocean Energy in Europe, p15.

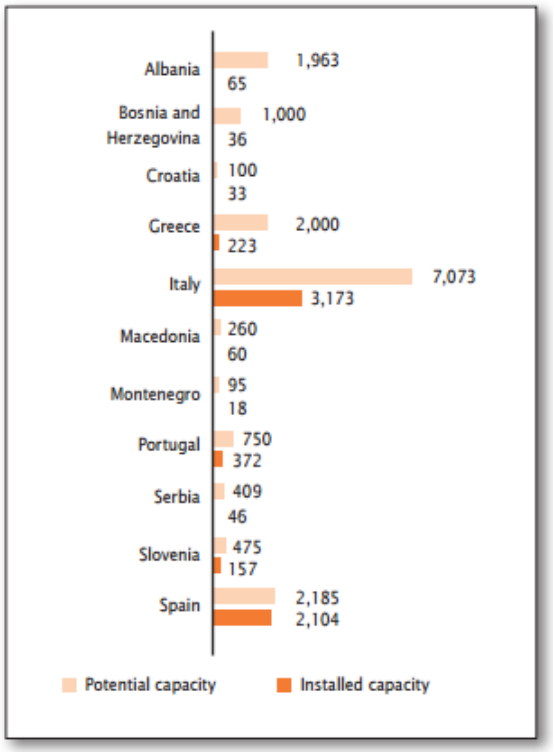
Annex 8. Waterkracht Rivieren Europa en Mondiale markt

Europese markt Het totale geïnstalleerde vermogen in Europa bedraagt 18.684 MW, met een geschatte potentie van 20.259 MW. In West-Europa is 85[21] procent van het geraamde potentieel over de afgelopen jaren ontwikkeld, met als koplopers landen zoals Oostenrijk, Frankrijk en Duitsland. Voor wat betreft West-Europa bedraagt het potentieel 1.060 MW. In de figuur hieronder zijn voor de belangrijkste Zuid-Europese landen weergegeven.

Mondiale markt Het wereldwijd geïnstalleerde vermogen wordt geschat op 78 GW in 2016. Het totale geschatte potentieel is 139 GW. Ongeveer 36 procent van de totale wereldwijde potentieel is momenteel ontwikkeld.

Figuur 6 Small Hydro potentieel West-Europa





[21] World Small Hydropower Development Report 2016 (http://www.smallhydroworld.org/fileadmin/user_upload/pdf/WSHPDR-2016-ES-FPP-2.pdf)