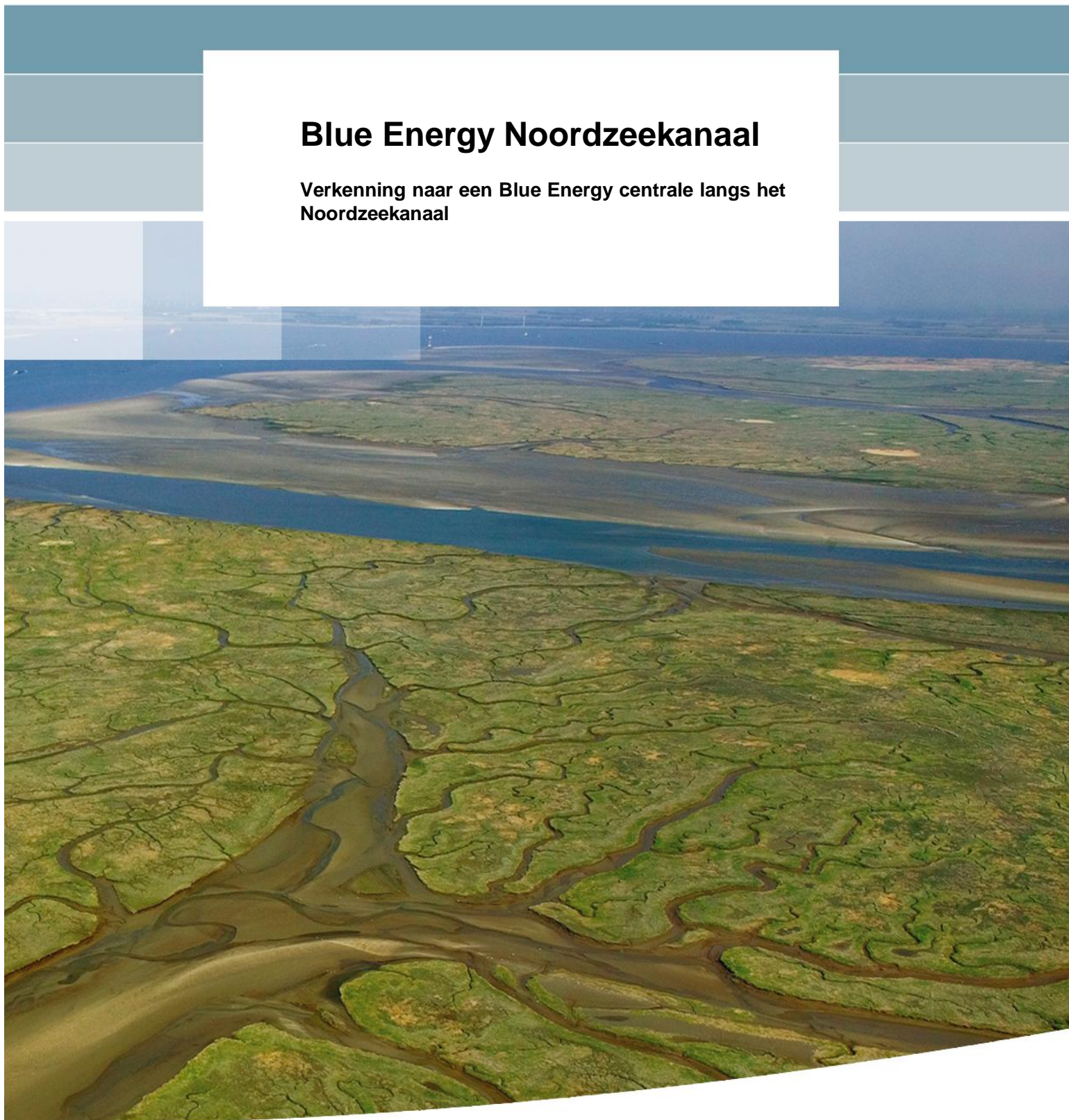


## **Blue Energy Noordzeekanaal**

**Verkenning naar een Blue Energy centrale langs het Noordzeekanaal**



## **Blue Energy Noordzeekanaal**

**Verkenning naar een Blue Energy centrale langs het Noordzeekanaal**

C.M. Swinkels  
A.C. Bijlsma  
S. Hommes

**Titel**

Blue Energy Noordzeekanaal

<b>Opdrachtgever</b>	<b>Project</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Pagina's</b>
Deltares MT Kennis (V&W SO/TO)	1200339-007	1200339-007-VEB-0001	80

**Trefwoorden**

Blue Energy, Osmose, Duurzame energie

**Samenvatting**

In deze verkenning wordt de potentie van het Noordzeekanaal voor energiewinning uit zoet-zout gradiënten, ook wel Blue Energy genaamd, inzichtelijk gemaakt en een advies gegeven over de meest geschikte locatie(s) waar deze winning plaats zou kunnen vinden. Daarnaast worden de relevante actoren in het gebied geïdentificeerd en hun verantwoordelijkheden en belangen verkend om inzicht te krijgen in de maatschappelijke haalbaarheid.

Voor een Blue Energy toepassing langs het Noordzeekanaal blijken de zoutverschillen in het kanaal niet gunstig te zijn. Het maximale verticale verschil tussen oppervlak en bodem is gemiddeld 15 ppt, wat gebaseerd op de huidige inzichten niet voldoende is voor een economisch rendabele energiecentrale. In een pilot toepassing is het economische belang echter minder groot, waarmee het Noordzeekanaal vanwege o.a. zijn beschutte klimaat nog steeds een potentiële locatie kan vormen voor een Blue Energy pilot centrale.

Het zoutverschil tussen het water in het Noordzeekanaal en in de buitenhaven van IJmuiden is ongeveer 25 ppt, wat wel voldoende blijkt te zijn voor netto energieproductie; de verwachte opbrengst ligt in de orde van 0.2 MW per m<sup>3</sup>/s zoet water. Als het volledige minimale afvoerdebiet van het Noordzeekanaal (40 m<sup>3</sup>/s) door de centrale gevoerd zou worden, geeft dit een totale energieproductie van ca. 8 MW. Vergeleken met het standaard type windmolen (anno 2008) met een vermogen van 2-3 MW komt de energieproductie overeen met ongeveer 3 tot 4 windmolens. Het spuicomples biedt daarmee een veelbelovende locatie voor Blue Energy winning.

Op basis van de actorenanalyse wordt geconcludeerd dat de benaderde partijen neutraal of positief tegenover Blue Energy staan. Er lijkt op dit moment dan ook voldoende draagvlak voor een Blue Energy centrale te zijn bij de actoren in de omgeving. Het is daarentegen nog te voorbarig om te stellen dat een Blue Energy centrale maatschappelijk haalbaar is. De meeste partijen verwachten niet dat er op korte termijn een centrale zal worden gerealiseerd en zo lang het nog in de verre toekomst ligt worden de echte pijnpunten vaak nog niet gezien.

Op basis van de bevindingen lijkt de optie om Blue Energy in te zetten rond het sluiscomplex IJmuiden kansrijk om (een deel van) de energie die nodig is om het gemaal haar werk te laten doen duurzaam op te wekken. Daarnaast kan een Blue Energy centrale - naast duurzame energieopwekking - worden ingezet als waterbeheer-instrument om de operationele kerntaken van RWS beter uit te voeren. Hierbij kan worden gedacht aan de pompfunctie, de baggerfunctie, de zoutcontroleerende functie en de stroomsnelheidsreducerende functie van de centrale.

Deze zaken moeten echter nog verder worden uitgewerkt en het wordt aanbevolen om in een vervolgproject, bijvoorbeeld het project 'Energieleverend gemaal IJmuiden', na te gaan wat de mogelijkheden zijn. Bovendien zijn vooralsnog financiële aspecten buiten beschouwing gelaten. Als eerste vervolgstap bevelen we daarom aan een kosten-baten analyse uit te voeren.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
0	16-12-2009	C. Swinkels A. Bijlsma S. Hommes		I. Pothof B. Ottow R. van der Brugge			
1	12-05-2010	C. Swinkels et al		R. van der Brugge		L. Janssen	
<b>Status</b> definitief							

## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1 Project achtergrond	3
1.2 Geschiedenis huidig onderzoek	3
1.3 Win-WINN	4
1.4 Doelstelling	4
1.5 Methode	4
1.6 Leeswijzer	5
<b>2 Blue Energy: energiewinning uit zoet-zout gradiënten</b>	<b>6</b>
2.1 Introductie	6
2.2 Blue Energy technieken	6
2.3 Componenten van een Blue Energy centrale	8
2.4 Winbaar potentieel	9
2.5 Huidige stand van techniek	11
2.6 Randvoorwaarden / Omgevingsfactoren	13
2.7 Conclusies	14
<b>3 Systeembeschrijving Noordzeekanaal / Buitenhaven IJmuiden</b>	<b>15</b>
3.1 Introductie	15
3.2 Waterhuishouding Noordzeekanaal	15
3.3 Zouthuishouding Noordzeekanaal	17
3.4 Overige functies Noordzeekanaal	19
3.5 Buitenhaven IJmuiden	20
3.6 Conclusies	21
<b>4 Spoor A: Technische haalbaarheid</b>	<b>22</b>
4.1 Introductie	22
4.2 Beschikbare zoutgehaltes	22
4.3 Zoetwater beschikbaarheid	26
4.4 Zoutwater beschikbaarheid	28
4.5 Voorlopige locatiekeuze	29
4.6 Stromingen	30
4.7 Recirculatie	31
4.8 Nautiek	32
4.9 Morfologie	32
4.10 Ecologie	33
4.11 Conclusies	34
<b>5 Spoor B: Actorenanalyse</b>	<b>35</b>
5.1 Introductie	35
5.2 Voorbereidingsfase	35
5.2.1 Workshop RWS Dienst Noord-Holland	35
5.2.2 Selectie stakeholders voor interview	36
5.3 Resultaten interviews	37
5.3.1 Potentiële samenwerkingsverbanden	37
5.3.2 Bekendheid met Blue Energy	40
5.3.3 Potentiële zoetwaterbronnen en locaties	40

5.4	Netwerkanalyse	42
5.5	Conclusies	43
<b>6</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>44</b>
6.1	Conditie Noordzeekanaal en locatie Blue Energy centrale	44
6.2	Relevante actoren en participatie in het vervolgproces	46
6.3	Kansrijke aspecten en mogelijke bottlenecks	46
6.4	Aanbevelingen voor het vervolgproces en voor vervolgonderzoek	48
<b>7</b>	<b>Literatuur</b>	<b>50</b>
	<b>Bijlagen</b>	
	<b>A Figuren</b>	
	<b>B Model beschrijvingen</b>	
	<b>C Verslag RWS Dienst Noord-Holland workshop</b>	
	<b>D Overzicht actorenanalyse</b>	
	<b>E Stakeholder interviews</b>	
	E.1 Overzicht geïnterviewde stakeholders	
	E.2 Vragenlijst interviews	
	<b>F Overzichtskaart Noordzeekanaalgebied</b>	
	<b>G Methodieken gebiedsontwikkeling</b>	

# 1 Inleiding

## 1.1 Project achtergrond

Het Nederlandse klimaat- en energiebeleid is vastgelegd in het beleidsprogramma 'Schoon en Zuinig' (Ministerie van VROM, 2007). De doelen van dit beleid zijn:

- de uitstoot van broeikasgassen in 2020 met 30% te verminderen, vergeleken met 1990 (CO<sub>2</sub> reductie)
- het tempo van energiebesparing de komende jaren te verdubbelen van 1% nu naar 2% per jaar
- het aandeel van hernieuwbare (duurzame) energie in 2020 te verhogen van ongeveer 2 à 3 % nu naar 20% van het totale energiegebruik

Dit beleid moet zorgen dat Nederland voldoet aan het Europees milieubeleid, en aan de Kyoto-verplichting voor 2008-2012.

Om deze doelstellingen te bereiken hanteert de Rijksoverheid een scala aan maatregelen en instrumenten voor de sectoren 'gebouwde omgeving', 'industrie en energie', 'verkeer en vervoer', 'land- en tuinbouw', en 'overige broeikasgassen', zie het beleidsprogramma 'Schoon en Zuinig' (Ministerie van VROM, 2007). Ook de overheid (rijk, provincie en gemeente) zelf moet bijdragen. Zo is Rijkswaterstaat (RWS) Dienst Noord-Holland geïnteresseerd in innovatieve energiewinning uit het Noordzeekanaal vanwege het beleid van RWS om de energievoorziening van kunstwerken duurzaam te maken, maar ook vanwege de oplopende energiekosten van gemalen, zoals dat van IJmuiden (ca. 1M€ per jaar).

De mogelijkheden die water biedt voor duurzame energieopwekking spelen ook een belangrijke rol in het WaterINNovatieprogramma (WINN) van Rijkswaterstaat. In het kader van het WINN thema *Energie uit water* is een "inspiratieatlas" uitgebracht (Deltares, 2008), met een overzicht van mogelijke bronnen en technieken voor duurzame energie uit water en een beoordeling van hun potentie. Energiewinning uit zoet-zout gradiënten ('Blue Energy') wordt daarin als veelbelovend beoordeeld, alhoewel de technische winbaarheid nog niet voldoende is bewezen. Energiewinning uit zoet-zout gradiënten wordt mogelijk geacht voor locaties aan zee met een continue en voldoende aanvoer van zoetwater, zoals de Afsluitdijk, het Noordzeekanaal bij IJmuiden, de Nieuwe Waterweg, en het Haringvliet.

## 1.2 Geschiedenis huidig onderzoek

RWS Dienst Noord-Holland wil graag op een meer duurzame manier het gemaal beheren bij het Noordzeekanaal. Hiervoor zijn verschillende mogelijkheden denkbaar zoals inzet van windenergie, zonne-energie of innovatieve technieken om energie uit water te halen. In een vroeg stadium is WINN op initiatief van RWS Dienst Noord-Holland betrokken geraakt bij de ideevorming. Dit heeft geleid tot een workshop (16 oktober 2008), georganiseerd door RWS Dienst Noord-Holland, met als doel de mogelijkheden van innovatieve, duurzame energieopwekking in het Noordzeekanaal te onderzoeken. Het resultaat van de workshop was het besef bij RWS Dienst Noord-Holland dat de meest kansrijke methodieken gevormd worden door Blue Energy en energiewinning uit waterstroming met een Wave Rotor.

Vervolgens is op 11 november 2008 de optie Blue Energy nader besproken door RWS Dienst Noord-Holland, RWS-WINN en Deltares, resulterend in een voorstel voor een verkenning van de haalbaarheid van een op Blue Energy gebaseerde wijze van energieopwekking langs het Noordzeekanaal. De andere kansrijke variant van energieopwekking – de Wave Rotor – is op het moment van het schrijven van dit rapport tot nader order geparkeerd.

### 1.3 Win-WINN

Rijkswaterstaat Dienst Noord-Holland ziet zich geconfronteerd met enerzijds hoge operationele kosten van het spui-/maalcomplex IJmuiden en ziet anderzijds een innovatieve oplossing die mogelijk deze kostenpost, circa 1 M€ per jaar groot, kan reduceren.

Naast deze potentiële kostenreductie is het spui-/maalcomplex zeer belangrijk voor de waterhuishouding van West-Nederland. Ongeveer tien zijkanalen en het Amsterdam-Rijnkanaal wateren af op het Noordzeekanaal. Het “stroomgebied” van het Noordzeekanaal beslaat daarmee ongeveer 2300 km<sup>2</sup>. Wanneer het water in het Noordzeekanaal gebruikt kan worden om energie op te wekken ten behoeve van het grootste gemaal van Europa (IJmuiden), worden niet alleen de operationele kosten gereduceerd. Ook wordt zorg gedragen voor de onafhankelijkheid van een cruciaal Rijkswaterstaat-kunstwerk, waarmee de veiligheid van West-Nederland wordt vergroot. In eerste instantie zou orde 1 – 10 MW nodig zijn ter dekking van de jaarlijkse energiebehoefte van het gemaal van IJmuiden.

### 1.4 Doelstelling

De doelstelling van deze verkenning is het inzichtelijk maken van de potentie van het Noordzeekanaal voor energiewinning uit zoet-zout gradiënten en een advies te geven over de meest geschikte locatie(s) waar deze winning plaats zou moeten vinden. Daarnaast worden in dit project de relevante actoren in het gebied geïdentificeerd en worden hun verantwoordelijkheden en belangen verkend om inzicht te krijgen in de maatschappelijke haalbaarheid.

Mocht blijken dat de potentie in de orde ligt van de energievraag van gemalencomplex IJmuiden, dan wordt een advies gegeven over de meest geschikte locatie waar een pilot (enkele kW's) gerealiseerd zou kunnen worden.

Concreet zullen de volgende onderzoeksvragen worden beantwoord:

- In hoeverre zijn de condities langs het Noordzeekanaal geschikt voor energiewinning d.m.v. Blue Energy, en wat is de meest gunstige locatie? Deze vraag zal beantwoord worden voor zowel een pilot centrale als een operationele centrale.
- Welke relevante actoren zijn aanwezig in het gebied, welke belangen hebben zij en op welke manier moeten zij betrokken worden bij een eventueel Blue Energy project?
- Wat zijn kansrijke aspecten en waar zitten bottlenecks voor de haalbaarheid van een Blue Energy centrale langs het Noordzeekanaal?

Deze verkenning richt zich op de aspecten van de technische en maatschappelijke haalbaarheid van energieopwekking uit zoet-zout gradiënten voor een locatie langs het Noordzeekanaal. Onzekerheden en haalbaarheden (technisch/economisch) betreffende de methode van energieopwekking zelf vallen buiten beschouwing, maar zullen wel kort samengevat worden.

### 1.5 Methode

Om inzicht te krijgen in de Blue Energy technologie is allereerst een korte literatuurstudie uitgevoerd. Hierbij is gelet op de huidige stand van zaken en de randvoorwaarden die bepalen of Blue Energy haalbaar is op een bepaalde locatie. Om antwoord te kunnen geven op de bovenstaande onderzoeksvragen is het onderzoek vervolgens opgesplitst in twee hoofdsporen.

Spoor A behandelt de technische haalbaarheid van een Blue Energy centrale, waarbij gekeken wordt naar de fysieke omgevingscondities (zoals zoutgehaltes, stromingspatronen, waterstanden) die relevant zijn voor Blue Energy winning. Hiervoor is een korte

literatuurstudie en data-analyse uitgevoerd om inzicht te krijgen in het watersysteem. Om uitvoeriger te onderzoeken hoe de zoutverdeling en stromingspatronen zich kenmerken is bovendien gebruik gemaakt van numerieke modellen. Vervolgens zijn de kenmerken van het watersysteem naast de randvoorwaarden voor Blue Energy gelegd om de haalbaarheid van een Blue Energy centrale langs het Noordzeekanaal te toetsen. Hierbij is een onderscheid gemaakt naar twee schaalgroottes; een pilot centrale (circa 0.1-1 MW), en een operationele centrale (circa 10-100 MW).

De geschikte locaties die uit bovenstaande analyse naar boven zijn gekomen, zijn vervolgens nader beschouwd met behulp van de numerieke modellen. Door verschillende scenario's te definiëren is in de modellen onderzocht hoe de wateronttrekking en –lozing, benodigd voor een Blue Energy centrale, de fysieke omgeving beïnvloedt. Denk hierbij aan veranderingen in stromingspatronen en zoutverdeling.

In spoor B is een actorenanalyse uitgevoerd. Als eerste stap in de actorenanalyse is er in april 2009 een interne workshop bij RWS Dienst Noord-Holland georganiseerd om een beeld te krijgen van de relevante spelers. Voor de geïdentificeerde actoren is tevens aangegeven hoe intensief ze bij het project betrokken zouden moeten worden. Hierbij zijn vier gradaties van betrokkenheid gebruikt. De volgende stap in de actorenanalyse was het houden van interviews met relevante actoren. Het doel van deze interviews was om na te gaan hoe de actoren de mate van betrokkenheid zelf ervaren en om hun rol en belang te identificeren.

Uit de lijst met actoren, die volgden uit de workshop, is een eerste selectie gemaakt van actoren waarmee een interview gehouden wordt. Alle actoren uit de categorie 'actief betrekken' maken onderdeel uit van deze selectie. Tevens zijn een aantal actoren geselecteerd uit de categorie 'gericht informeren'. Het belangrijkste selectie criterium hierbij was directe aanwezigheid in het gebied. Tijdens de interviews is gebruik gemaakt van de zogenaamde "sneeuwbal methode". Dit houdt in dat de geïnterviewden zijn gevraagd naar andere interessante partijen om te interviewen. Hierdoor zijn er nog een aantal actoren toegevoegd aan de interviewreeks.

Uiteindelijk zijn de uitkomsten uit de twee sporen geïntegreerd om tot conclusies te komen en aanbevelingen te doen voor vervolgstappen.

## 1.6 Leeswijzer

Het concept Blue Energy, de huidige stand van deze techniek en de randvoorwaarden worden toegelicht in hoofdstuk 2. In vervolg daarop worden in hoofdstuk 3 de watersystemen van het Noordzeekanaal en de Buitenhaven van IJmuiden beschreven, evenals de andere functies van deze gebieden. Hoofdstuk 5 onderzoekt de technische haalbaarheid van een Blue Energy centrale (aangeduid met Spoor A). Hierbij is gekeken naar de beschikbaarheid van zoet- en zoutwater, de risico's van recirculatie van het geloosde brakke water en andere aspecten die een rol kunnen spelen bij het zoeken naar een geschikte locatie voor een (pilot) centrale. Hoofdstuk 5 verkent vervolgens de aanwezige partijen, hun verantwoordelijkheden en belangen in een actorenanalyse voor deze gebieden (aangeduid met Spoor B). Hoofdstuk 6 geeft ten slotte de conclusies en aanbevelingen.

## 2 Blue Energy: energiewinning uit zoet-zout gradiënten

Het opwekken van energie uit het verschil tussen zout en zoet water is een jonge, maar veelbelovende manier van duurzame elektriciteitswinning. Deze manier, Blue Energy genaamd, is al sinds langere tijd bekend, maar tot nu toe hebben de hoge kosten die ermee gepaard gaan voorkomen dat deze techniek als volwaardig alternatief wordt gezien voor conventionele en bewezen alternatieve manieren van stroomopwekking. Vanwege stijgende olie en gasprijzen, en tegelijkertijd verwachte dalende techniek kosten (met name membraankosten) en ontwikkelingen in de (membraan)technologie, komt Blue Energy echter langzaam in beeld als interessant alternatief. Dit hoofdstuk licht het concept Blue Energy toe en beschrijft de huidige stand van de techniek en de randvoorwaarden voor een geschikte locatie.

### 2.1 Introductie

Blue Energy is een vorm van duurzame energiewinning, waarbij gebruik wordt gemaakt van het verschil in zoutconcentratie tussen zout en zoet water. Dit zoutverschil (saliniteitsverschil) kan via osmose in een drukverschil worden omgezet of via omgekeerde electro-dialyse direct in elektriciteit. Het potentieel van Blue Energy als energiebron is groot: jaarlijks stroomt in Nederland bijna 90,000 miljoen m<sup>3</sup> zoet water de zee in (Deltares, 2008), wat omgerekend een potentieel vermogen van 7,000 MW betekent. Het is commercieel en technisch niet haalbaar dit potentieel volledig te benutten; de geschatte technisch winbare voorraad, gebaseerd op de huidige kennis, is 2,000 MW. Als ook de andere functies van het water worden meegenomen die de beschikbaarheid van zoet water beperken – bijvoorbeeld navigatie, irrigatie en drinkwatervoorziening – wordt de maatschappelijk verantwoord winbare voorraad geschat op 700 MW, nog steeds ca. 5% van de totale elektrische energievraag van Nederland. Naast dit potentieel vormt Blue Energy een stille, schone en (vrij) constante energiebron, waarmee het een kansrijke vorm van toekomstige duurzame energiewinning lijkt te zijn.

Een geschikte locatie voor een Blue Energy centrale ligt daar waar zout en zoet water elkaar ontmoeten, dus waar rivieren uitmonden in een zee of oceaan. Hier zijn de aanvoer van grote hoeveelheden zoet en zout water doorgaans gegarandeerd, wat gunstig is voor de instandhouding van het benodigde concentratieverschil en daarmee de bedrijfszekerheid van een centrale. Een strakke scheiding van het zoute en zoete water, zoals dat voorkomt bij bijvoorbeeld de sluisen van IJmuiden en de Afsluitdijk, voorkomt menging van de watermassa's en vergroot daarmee het concentratieverschil. Deze locaties zijn daardoor extra interessant voor de realisatie van een Blue Energy centrale.

### 2.2 Blue Energy technieken

Er bestaan in principe twee technieken om een concentratieverschil om te zetten in mechanische of elektrische energie: Pressure Retarded Osmosis (PRO) en Reverse Electro-Dialysis (RED). De weg van het eerste idee voor een nieuwe technologie tot de commerciële exploitatie van deze technologie, het zogenaamde innovatiepad, kent diverse stadia. Het kan vele jaren duren voordat al deze stadia doorlopen zijn. In Molenbroek (2007) worden de onderstaande indeling van de verschillende stadia van technologieontwikkeling gehanteerd:

1. Inventie (ontdekking; fundamenteel onderzoek)
2. Toegepast onderzoek
3. Proof of concept

4. Pilot scale demonstration
5. Full scale demonstration
6. Marktintroductie
7. Diffusie en commercialisatie

Voor zowel RED als PRO is op laboratoriumschaal bewezen dat de technologie werkt ('proof of concept'). Het toegepast onderzoek dat de afgelopen jaren is uitgevoerd en de komende jaren nog doorloopt, heeft zich voornamelijk geconcentreerd op membraanniveau. Beide principes hebben nu het stadium bereikt van opschaling naar kleinschalige proefinstallaties onder realistische veldcondities; zo is in 2009 in Noorwegen de eerste PRO pilot-installatie geopend (Statkraft, 2009), en heeft Wetsus in Harlingen een RED pilot bij Frisia Zout BV. lopen (Post *et al*, 2009). Een grotere pilot demonstratie, en vervolgens een operationele toepassing, liggen nog in de toekomst.

Hieronder volgt een beknopte introductie van de twee technieken. Voor een volledige beschrijving van de technieken en een onderlinge vergelijking verwijzen wij naar (Molenbroek, 2007).

#### *Pressure Retarded Osmosis (PRO)*

Bij de PRO-techniek wordt een semipermeabel membraan tussen een compartiment met zout en een compartiment met zoet water geplaatst. Dit membraan laat water door maar houdt zout-ionen tegen. Door het verschil in osmotische druk diffundeert het water door het membraan van de zoete naar de zoute kant, terwijl de zoutmoleculen aan beide zijden van het membraan achterblijven. Dit leidt tot een verhoging van de waterstand aan de zoute kant, die theoretisch op kan lopen tot een maximum waterkolom van 270 m bij een concentratieverschil van 35 ppt<sup>1</sup> (Skilhagen *et al*, 2008). Door het compartiment af te sluiten wordt deze waterstijging omgezet in druk, wat maximaal gelijk kan worden aan 27 bar. De opgebouwde druk kan vervolgens gebruikt worden om een turbine aan te drijven en zo elektriciteit op te wekken (zie Figuur 2.1).

#### *Reverse Electro-Dialysis (RED)*

Bij de RED-techniek (omgekeerde electro-dialyse) diffunderen de ionen in plaats van het water door het semipermeabele membraan. De drijvende kracht is wederom het concentratieverschil tussen zoet en zout water. Het chemische potentiaalverschil zorgt voor een transport van ionen door het membraan van de zoutere oplossing naar de zoetere oplossing. Door afwisselend membranen die cationen (positieve ionen) en membranen die anionen (negatieve ionen) doorlaten te plaatsen, ontstaan er in serie geschakelde elektrische cellen. Voor zulke geschakelde cellen, door Wetsus REDSTACK genaamd, is het gezamenlijk voltage gelijk aan het aantal cellen maal het spanningsverschil per cel. Voor zeewater (35 ppt) en rivierwater (0 ppt) is dit theoretisch per cel 80 mV. De op deze manier gewonnen elektrische stroom kan, na omzetting van gelijk naar wisselstroom, toegevoegd worden aan het elektriciteitsnet.

De mengverhouding van zoet en zout water voor RED wordt verondersteld als 1:1 (zie bv. Post, 2009).

---

1. ppt (parts per thousand) drukt de zoutconcentratie uit en is equivalent aan g/l, dus 1 ppt = 1000 mg/l. Zeewater heeft een gemiddeld zoutgehalte van 35 ppt, zoet water heeft een zoutgehalte < 1ppt. Water met een zoutgehalte tussen 1 en 25 ppt worden brak genoemd.

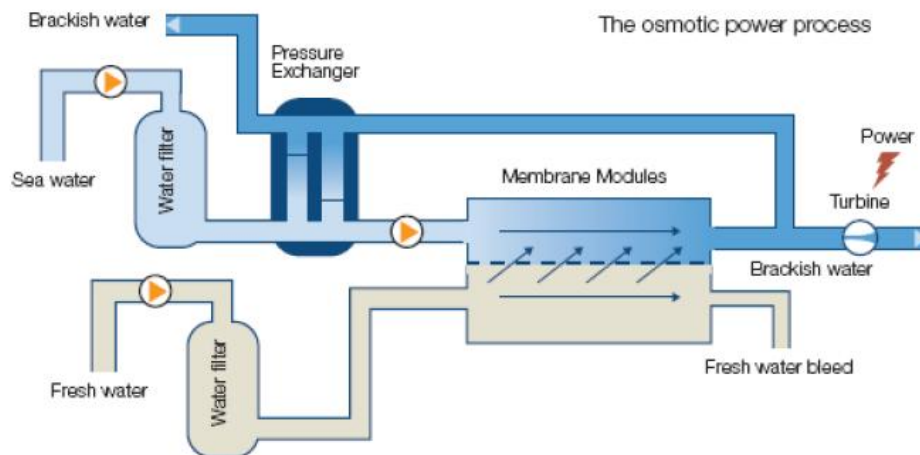
## 2.3 Componenten van een Blue Energy centrale

### PRO

Zout water, opgepompt uit zee, en zoet water met een laag zoutgehalte worden aan de centrale gevoed en voorgezuiverd voordat het de membraanmodules binnengaat (zie Figuur 2.1) De voorzuivering is nodig om de ergste vervuiling uit het water te filteren zodat de membranen niet verstopt raken. In de module diffundeert ongeveer 80-90% van het zoete water door osmose door het membraan naar de op druk gebrachte zoute zijde. PRO vereist daarom membranen die een hoge waterflux toelaten en efficiënt de zoutmoleculen vasthouden. Het osmotische proces verhoogt de volumetrische stroom van het zoute water dat onder druk staat, wat de basis is voor de energieproductie.

In de module wordt het zoute water aangelengd met het zoete water dat het membraan passeert. Het aangelengde en dus brakke water wordt in twee stromingen gescheiden: ongeveer 1/3 van het brakke water gaat door de turbine om stroom op te wekken, terwijl 2/3 gerecirculeerd wordt naar de drukwisselaar om druk aan het zoute water toe te voegen. De optimale operationele druk van een PRO centrale ligt tussen de 11-15 bar. Het zoete water wordt op atmosferische druk de installatie ingestroomd. Gebaseerd op eerste schattingen zou de PRO techniek de productie van ongeveer 1 MW per m<sup>3</sup>/s zoet water opleveren (Skilhagen *et al*, 2008).

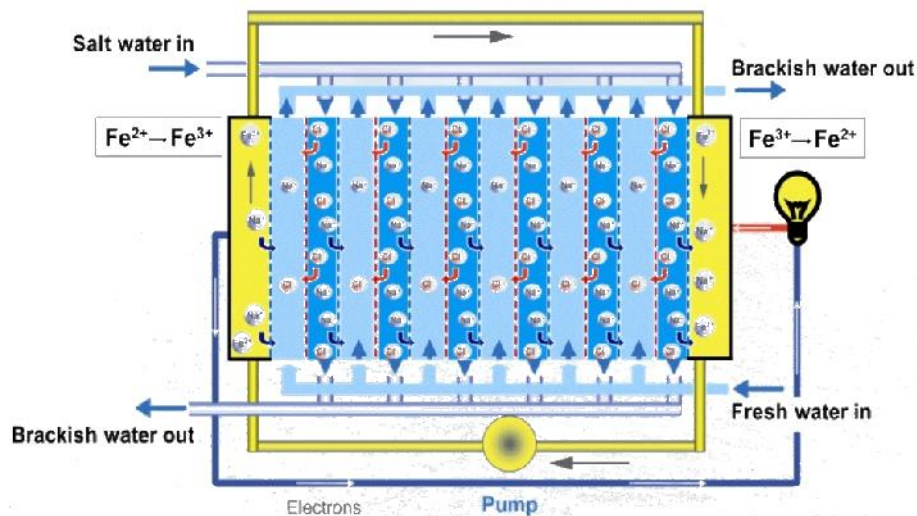
De mengverhouding van zoet en zout water voor PRO wordt algemeen verondersteld als 1:2, hoewel over deze verhouding geen eenduidigheid in de literatuur bestaat.



Figuur 2.1 Schematische weergave van een PRO centrale, uit Molenbroek (2007), origineel: Statkraft osmotic power update, [www.statkraft.com](http://www.statkraft.com)

### RED

Een RED installatie (Figuur 2.2) vertoont veel overeenkomsten met een PRO installatie, alleen worden het zoete en zoute water direct na de voorzuivering de membraanmodule ingepompt. In de module stromen om en om zoute en zoete lagen water langs de membranen. Door de uiterste twee cellen van een module met elkaar te verbinden ontstaat een elektrisch circuit, wat gebruikt kan worden om elektriciteit op te wekken. Voor een uitgebreidere beschrijving zie bv. Post, 2009.



Figuur 2.2 Schematische weergave van een RED installatie, uit Molenbroek (2007), origineel: presentatie REDSTACK

### Voorzuivering

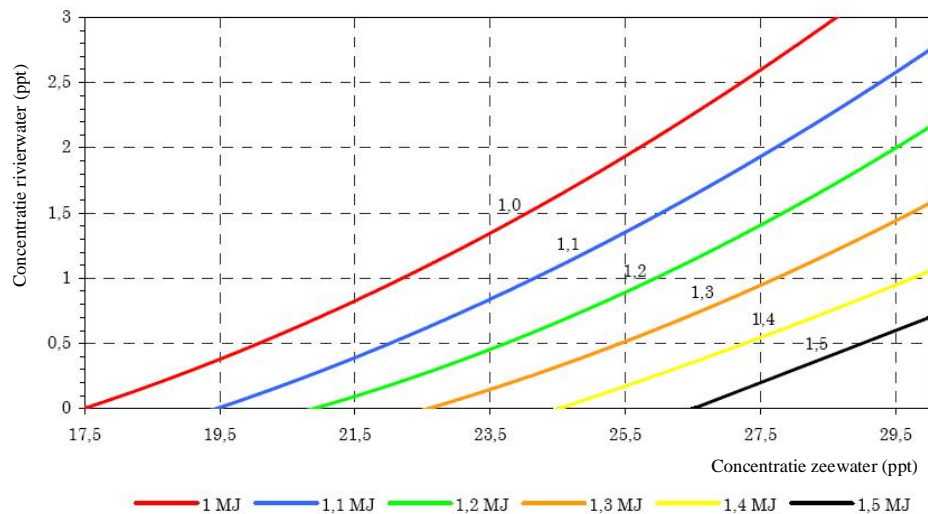
De semipermeabele membranen zijn zeer gevoelig voor vervuilingen: kleine deeltjes kunnen de poriën verstoppen, zouten kunnen neerslaan en het oppervlak van de membranen kunnen mogelijk een leefomgeving voor bacteriën en algen vormen (Molenbroek, 2007). Uitgebreide voorzuivering van het water is daarom noodzakelijk voor beide technieken. De benodigde voorzuivering is afhankelijk van de lokale waterkwaliteit, de vereiste waterzuiverheid voor de membranen en de toegepaste schoonmaakprocedure van de membranen.

Het ingenomen water kan verscheidene verontreinigingen bevatten, variërend van drijvende stoffen zoals algen en sediment tot op moleculair niveau opgeloste stoffen zoals zouten en nutriënten. Er bestaan effectieve filtratietechnieken om deze deeltjes van verschillende afmetingen uit het water te zuiveren, die bijvoorbeeld in de drinkwaterindustrie worden toegepast. Met deze technieken zijn echter wel hoge kosten en een hoge energieconsumptie gemoeid. Molenbroek (2007) berekent dat voorzuivering verantwoordelijk is voor minimaal  $\frac{1}{3}$  tot  $\frac{1}{2}$  van de kostprijs van de gewonnen BE energie. Zwan *et al* (2009) berekenen dat het energieverbruik voor voorzuivering ca. 25% van het bruto afgegeven vermogen is. Een beperktere voorzuivering is mogelijk, maar leidt tot wekelijkse spoelprocedures en het toepassen van chemicaliën om de membranen schoon te houden, wat ook nadelen met zich meebrengt (Icke, 2009).

## 2.4 Winbaar potentieel

De theoretisch hoeveelheid energie die vrijkomt wanneer zoet en zout water met elkaar worden gemengd kan berekend worden aan de hand van een beschouwing van het verschil in vrije energie van de twee oplossingen. Zo resulteert het mengen van  $1 \text{ m}^3$  zoet (0.5 ppt) met  $1 \text{ m}^3$  zout water (28 ppt) in een theoretisch hoeveelheid vrije energie van 1.5 MJ (Post *et al.* 2007). Figuur 2.3 laat voor verschillende zoutgehaltes de theoretisch hoeveelheid vrije energie zien; hoe hoger het verschil in concentratie tussen de twee oplossingen, hoe meer energie er bij het mengen vrijkomt.

De technisch winbare hoeveelheid energie hangt af van meerdere zaken. Ten eerste zijn dus de zoutconcentraties bepalend; ten tweede is belangrijk hoeveel water er gemengd wordt en met welke mengverhouding. Als laatste moeten alle verliezen in het systeem beschouwd worden; deze gaan ten koste van het rendement.



Figuur 2.3 Theoretisch beschikbare hoeveelheid energie (MJ) bij het mengen van  $1 \text{ m}^3$  zoet en  $1 \text{ m}^3$  zout water (uit: Quak, 2009, gebaseerd op Post et al, 2007)

Het is nog niet vastgesteld wat een realistisch vermogen van een Blue Energy centrale is; schattingen die in de literatuur worden genoemd op basis van de huidige technieken zijn niet eenduidig. Voor praktische doeleinden wordt vaak een vermogen van  $1 \text{ MW}$  per  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  zoet en  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  zout water menging aangehouden (bv. Molenbroek, 2007). Dit is gebaseerd op de theoretische beschikbare energie van  $1.5 \text{ MW}$  bij menging van rivier water en zee water (met zoutgehaltes van  $0 \text{ ppt}$  en  $33 \text{ ppt}$  respectievelijk), waarbij de verliezen in het systeem, zoals voor voorzuivering, pompen e.d. in mindering zijn gebracht. De bepaling van de verliezen is hierbij echter gebaseerd op ruwe schattingen. De volgende systeemverliezen spelen een rol:

- Energie benodigd voor voorzuivering
- Energie benodigd voor pompen
- Onvolledige benutting van het saliniteitsverschil
- RED: rendement omvormer die gelijkspanning in wisselspanning omzet (~95%)
- PRO: rendement turbine (~90% tot 95%)
- PRO: rendement drukwisselaar (~97%)

Van der Zwan *et al.* (2009) hebben als onderdeel van een technisch haalbaarheidsonderzoek voor de PRO techniek een gedetailleerd rekenmodel op module-niveau ontwikkeld, waarin al deze verliesposten gekwantificeerd worden. De berekening is gebaseerd op een beschouwing van de massabalans op module-niveau, en bevat de laatste inzichten in systeemverliezen, rendementen en membraankarakteristieken van commercieel beschikbare membranen. Het rekenmodel berekent de opbrengst van een PRO centrale in termen van netto elektrisch vermogen, met als invoer de zoutgehaltes van het zeewater en rivierwater en de hoeveelheid zoetwatertoevoer.

In Figuur 2.4 worden resultaten van dit rekenmodel gepresenteerd, wat de netto energieproductie laat zien voor een reeks aan zoutconcentraties bij een zoetwater debiet van  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Het zoutwater debiet wordt door het model berekend en geoptimaliseerd voor maximale energieoutput; dit varieert tussen de  $1$  en  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . De berekende opbrengsten voor een PRO centrale uitgaande van het debiet van  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  zoet water zou in het meest gunstige geval, d.w.z. bij een zoutgehalte van  $35 \text{ ppt}$  van het zeewater en een zoutgehalte van  $0.3 \text{ ppt}$  van het rivierwater ca.  $0.7 \text{ MW}$  bedragen. Dit is  $25\%$  lager dan de algemeen gehanteerde

waarde van 1 MW per 1 m<sup>3</sup>/s zoet water. De grootste verliespost blijkt de energiekosten voor de voorzuivering te zijn. Ten opzichte van de energiebehoefte van het gemaal van IJmuiden (orde 1 – 10 MW) is deze opbrengst echter alleszins de moeite waard mits debieten met deze zoutgehalten haalbaar zijn.

Uit Figuur 2.4 wordt duidelijk dat de energieproductie toeneemt bij toename van de zoutconcentratie van het zeewater en bij afname van de zoutconcentratie van het rivierwater. Voor de waterflux door het membraan is de verhouding tussen de saliniteit van het zoete en zoute water bepalend; hoe hoger deze verhouding, hoe hoger de flux. Aangezien een vergelijkbare verandering in saliniteit tot een grotere relatieve verandering leidt voor het rivierwater dan voor het zeewater, is een kleine verlaging in saliniteit van het rivierwater effectiever om de energieproductie te verhogen dan een kleine verhoging van de saliniteit van het zeewater. Dit is in het figuur geïllustreerd aan de hand van pijlen: een verlaging met 4 ppt van het zoete water verhoogt het rendement van 0 naar 0.2 MW, terwijl eenzelfde verhoging met 4 ppt van het zoute water het rendement 0 blijft.

De belangrijkste conclusies die uit onderstaande figuur kunnen worden getrokken zijn:

- Bij zeer gunstige condities (zeewater: 35 ppt, rivierwater: 0.3 ppt) is de opbrengst 0.7 MW per m<sup>3</sup>/s zoet water.
- Om te bepalen wat de potentiële opbrengst op een bepaalde locatie is zijn de absolute zoutgehalten van het zoete en zoute water belangrijk, en niet zozeer de zoutgradiënt (verschil tussen het zoutgehalte van het zoete en het zoute water).
- Om een hogere energieproductie te bereiken blijkt het effectiever het zoutgehalte van het zoete water te verlagen dan het zoutgehalte van het zoute water te verhogen met een gelijk aantal ppts.

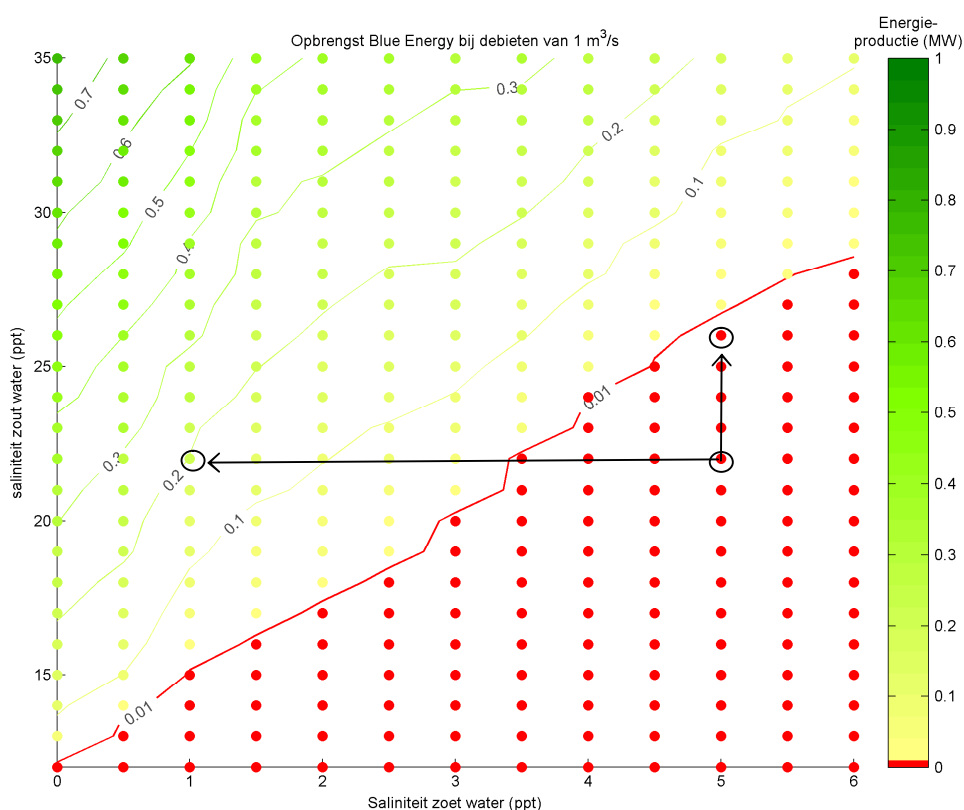
Voor de RED techniek is nog geen vergelijkbaar rekenmodel opgezet, wat het niet mogelijk maakt de technieken onderling te vergelijken. Wel is volgens Post *et al.* (2007) de opbrengst minder gevoelig voor een geringe verhoging van het zoutgehalte van het zoete water.

## 2.5 Huidige stand van techniek

### PRO

In 2009 heeft een onderzoek consortium bestaande uit Deltares, Norit Procestechologie, Dow Chemical en Lenntech een gedetailleerd rekenmodel ontwikkeld (Van der Zwan *et al.*, 2009). Naar verwachting wordt dit consortium in 2010 uitgebouwd met energiebedrijven en investeerders om een installatie te bouwen waarin modules van meerdere fabrikanten onderzocht kunnen worden op hun netto opbrengst en op de mate waarin voorzuivering nodig is.

Onderzoek aan universiteiten richt zich voornamelijk op kleine membranen, die nog niet in modulevorm geplaatst zijn. Hierbij wordt gezocht naar optimalisering van PRO membranen: de effectieve osmotische druk over een membraan is lager dan gebaseerd op het concentratieverschil aan beide zijden. Dit komt door grenslaagverschijnselen rond het membraan, wat effectief de zoutconcentraties verlaagt. De ontwikkelingen op PRO membraan gebied concentreren zich op heden op het geschikt maken van membranen en maximale benutting van het zoutverschil.



**Figuur 2.4** Opbrengst van een Blue Energy (PRO) centrale in MW bij een debiet van  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  zoet water als functie van het zoutgehalte van het ingenomen zoete en zoute water, berekend door het model van Zwan et al, 2009. Het zoutwater debiet wordt door het model berekend en geoptimaliseerd voor maximale energieoutput; dit varieert tussen de 1 en  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . De pijlen illustreren dat een verlaging van het zoutgehalte van het zoete water effectiever is dan een gelijke verhoging van het zoutgehalte van het zoute water.

Op het gebied van voorzuivering moet nog onderzocht worden in hoeverre de waterstromen gezuiverd moeten worden. Voor de zoetwaterstroom is dit vrij duidelijk; deze moet een vergelijkbare behandeling krijgen als nu in ontziltingsinstallaties met omgekeerde osmose (RO) gebruikelijk is. De mate waarin het zoute water behandeld moet worden moet nog experimenteel in het lab of op een pilot locatie onderzocht worden. Zowel de zoetwater- als de zoutwaterbehandeling drukken sterk op de netto opbrengst van een PRO centrale; elke beperking hierin betaalt zich uit in een hogere opbrengst en lagere kostprijs.

De stap van laboratoriumschaal naar een kleinschalige toepassing wordt op dit moment in Noorwegen uitgevoerd door Statkraft. In 2009 openden zij de eerste pilot met een vermogen van 10 kW, wat wordt geleverd aan het elektriciteitsnet. De verwachting is dat de eerste resultaten van deze pilot medio 2010 (tijdens de 2<sup>nd</sup> Osmotic Power Summit) beschikbaar zullen komen.

### RED

Rond de RED techniek is een onderzoeksconsortium actief bestaande uit Wetsus, de Universiteit Twente en KEMA. Dit consortium is de enige onderzoekspartij wereldwijd die deze techniek heeft omarmd. Op het moment wordt onderzoek uitgevoerd naar verschillende membraanconcepten, met de focus op het optimaliseren van de vermogensdichtheid per

membraanoppervlak en het reduceren van de kosten. De huidige vermogensdichtheid blijkt nog niet voldoende voor commerciële toepassingen. Verder onderzoek naar het procesontwerp met betrekking tot benodigde voorzuivering en de economische haalbaarheid is nog vereist (Post, 2009).

In Harlingen is een proefopstelling gebouwd bij de zoutfabriek van Frisia, waar gebruik gemaakt wordt van het zilte industriële afvalwater van de pekelfabriek. RED kent nog geen testopstelling in veldcondities, waarbij voorzuivering een belangrijke factor wordt. Momenteel wordt er een consortium gevormd met de intentie tussen 2010-2012 een 20-50 kW pilot op de afsluitdijk te realiseren (Post *et al*, 2009).

### *Conclusie*

Voor beide technieken geldt dat op het gebied van systeemontwerp en procesoptimalisatie nog veel gedaan moet worden, terwijl ook het werk op membraanniveau (opvoeren vermogensdichtheid) nog veel onderzoeksinspanning vergt. In principe heeft een RED centrale als voordeel dat er geen water door een membraan stroomt, waardoor de voorzuivering goedkoper zal uitpakken. Daar staat tegenover dat RED membranen veel duurder zijn dan PRO membranen, omdat de bestaande wereldmarkt voor ED toepassingen veel kleiner is dan voor RO toepassingen (m.n. ontzilting). Daarom valt op dit moment nog geen principiële keuze voor RED of PRO te maken.

## **2.6 Randvoorwaarden / Omgevingsfactoren**

De volgende zaken spelen een rol bij het bepalen of een locatie geschikt is voor een Blue Energy centrale.

### *Beschikbaarheid water*

Blue Energy benut het verschil in vrije energie tussen zoet en zout water. Voor een operationele energie centrale zal er voldoende aanvoer van zowel zoet als zout water noodzakelijk zijn. De mengverhouding wordt in de literatuur algemeen op 1:1 verondersteld voor de RED techniek, dus 1 m<sup>3</sup> zoet water wordt gemengd met 1 m<sup>3</sup> zout water, wat tot een lozing van 2 m<sup>3</sup> brak water leidt. Voor PRO wordt algemeen een verhouding van 1:2 aangenomen, dus 1 m<sup>3</sup> zoet water wordt met 2 m<sup>3</sup> zout water gemengd, wat tot een lozing van 3 m<sup>3</sup> brak water leidt. Ervan uitgaande dat de menging van 1 m<sup>3</sup> zout en zoet water een vermogen van 0.7 MW oplevert, kan men dus stellen dat een operationele centrale van bijvoorbeeld 70 MW (vergelijk: Energiecentrale Hemweg 1200 MW, grotere windmolens 6 MW) een constant debiet van 100 m<sup>3</sup>/s zowel zoet als zout water aanvoer zou moeten voorzien. Dit zijn debieten gelijk aan de jaargemiddelde afvoer bij IJmuiden (= 95 m<sup>3</sup>/s).

De beschikbaarheid van zout water wordt door de Noordzee waarschijnlijk niet de belemmerende factor. Beschikbaarheid van zoet water is echter sterk seizoensafhankelijk. Droge zomers (die in de toekomst misschien frequenter gaan voorkomen?) kunnen leiden tot een sterke daling in benutbaar zoet water. Daarnaast zal ook de competitie met andere gebruiksfuncties bepalend zijn in de beschikbaarheid van water. Denk hierbij aan:

- Scheepvaart: minimale diepgang moet gegarandeerd blijven
- Irrigatie
- Peilhandhaving
- Drinkwatervoorzieningen
- Recreatie

### *Zoutgradiënt*

De geschiktheid van een locatie voor Blue Energy winning valt of staat met de maximaal benutbare zoutgradiënt tussen het zoute en zoete water, en de fluctuaties daarin. Het

potentieel van een Blue Energy centrale hangt sterk af van de zoutconcentraties van beide stromen. De huidige inzichten in de effecten op de rendementen van de Blue Energy membranen suggereren een sterke afname van de opgewekte energie bij vermindering van zoutgradiënt (Icke, 2009), zie ook paragraaf 2.4.

#### *Recirculatie*

Het inlaten van zout en zoet water, en het lozingspunt van brak water dienen op een dusdanige manier gepositioneerd te worden dat recirculatiestromingen voorkomen worden. Een recirculatiestroming ontstaat als een van beide innamepunten een aanzuigende werking heeft op het geloosde brakke water. Hiermee wordt effectief het ingenomen zoete dan wel zoute water vervuild met brak water, waarmee het maximale zoutverschil gereduceerd wordt, en het rendement van de centrale terug zou lopen.

De meest efficiënte manier om kortsluitstromingen te voorkomen is de stroming naar het innamepunt en de stroming van het lozingspunt van elkaar te scheiden (bv. door harde constructies), of anders de punten zodanig te positioneren dat omgevingsstromingen zorgen voor een snelle afvoer van het geloosde water, weg van de innamepunten.

#### *Locatie*

Voor de aanleg van een Blue Energy centrale is ruimte nodig, het liefst direct aan een waterbekken nabij een optimale zoet-zout gradiënt. Denk hierbij aan harde waterkeringen, waar zout en zoet water van elkaar gescheiden worden. Daarnaast moeten de lokale en regionale andere functies van het watersysteem het toelaten om water in te nemen en te lozen. Het oppervlaktebeslag van een 10 MW centrale heeft volgens berekeningen van Molenbroek (2007) 2600 m<sup>2</sup> voor een RED centrale en 4000 m<sup>2</sup> voor een PRO centrale.

#### *Andere partijen in de omgeving*

Energiewinning uit zoet-zout gradiënten is uiteraard niet slechts een technische kwestie. Belangrijk is ook hoe andere partijen er tegenaan kijken, welke kansen en bedreigingen zij zien. Andere gebruiksfuncties van het water of van het gebied zouden de realisatie van een zoet-zout energiecentrale kunnen bemoeilijken. Denk bijvoorbeeld aan verstoring van heersende dichtheidspatronen en/of verspreiding van slib en daarmee (mogelijk) gevolgen voor de ecologie en/of water(bodem)kwaliteit. Anderzijds zijn er ook kansen zoals de mogelijke reductie van aanslibbing (en dus van baggerkosten) in de voorhaven door brak water van een eventuele Blue Energy centrale buiten de haven te lozen.

In dit project zijn de aanwezige mogelijkheden, verantwoordelijkheden en belangen verkend in een actorenanalyse (zie Hoofdstuk 4). Op basis hiervan worden in paragraaf 6.4 aanbevelingen gedaan voor het vervolgproces.

## **2.7 Conclusies**

In dit hoofdstuk is naar voren gekomen dat Blue Energy een veelbelovende techniek is voor duurzame energiewinning. Er zijn twee methoden die momenteel worden ontwikkeld om de potentiële energie te winnen, te weten PRO en RED. Beide technologieën bevinden zich in de pilot-fase; de eerste PRO pilot is net gerealiseerd in Noorwegen, terwijl RED zich inzet voor een eerste pilot nabij de Afsluitdijk. De technieken dienen beide nog geoptimaliseerd te worden en zijn op dit moment dus niet commercieel inzetbaar. De haalbaarheid van een Blue Energy centrale hangt voornamelijk af van de beschikbaarheid van zout en zoet water, een zo hoog mogelijke zoutgradiënt en een locatie waar recirculatie van brak water kan worden voorkomen.

### 3 Systeembeschrijving Noordzeekanaal / Buitenhaven IJmuiden

Om de haalbaarheid van een Blue Energy centrale te onderzoeken moet eerst inzicht verkregen worden in de fysieke omgeving en zijn karakteristieken. In dit hoofdstuk worden daarom de resultaten beschreven van een korte omgevingsstudie, gebaseerd op de vele literatuur die beschikbaar is over het gebied.

In eerste instantie richtte deze studie zich op de haalbaarheid van een Blue Energy centrale langs het Noordzeekanaal. Gaandeweg is gebleken dat de zoutgehalten in het Noordzeekanaal hiervoor niet optimaal zijn; de zoutgehalten in de Buitenhaven van IJmuiden bleken echter aanzienlijk gunstiger. Daarmee vormt het sluizencomplex een mogelijke locatie voor Blue Energy winning. Om deze reden wordt de Buitenhaven van IJmuiden hier tevens kort beschouwd. Dit hoofdstuk vat dus de belangrijkste aspecten van het (water)systeem samen, met een globale systeembeschrijving van het Noordzeekanaal en een beknopt overzicht van de kenmerken van de Buitenhaven.

#### 3.1 Introductie

Het Noordzeekanaal is een complex watersysteem met vele zijkanalen en havens. Het kanaal is ongeveer 28 km lang en loopt van IJmuiden naar Amsterdam. In Amsterdam wordt het Noordzeekanaal ook wel Het IJ genoemd. Het kanaal is het diepst aan de westkant (15 m), waarna het via een drempel overgaat van ca. 11 m naar 6 m in het meest oostelijke deel. Aan de oostzijde staat het kanaal in open verbinding met het 60 km lange, ca. 6 m diepe Amsterdam-Rijnkanaal. Het Noordzeekanaal wordt het in het oosten gescheiden van het IJmeer en Markermeer door het Oranjesluizencomplex te Schellingwoude.

Aan de westzijde vormt het sluizencomplex bij IJmuiden de scheiding met de Noordzee. Hier bevinden zich vier sluizen met verschillende afmetingen, die de verbinding vormen voor de scheepvaart tussen de Noordzee en het Noordzeekanaal. Daarnaast ligt hier het spui- en maalcomplex, welke het waterpeil en de afvoer van het Noordzeekanaal controleert (zie Figuur 3.1 en Figuur 3.2).

#### 3.2 Waterhuishouding Noordzeekanaal

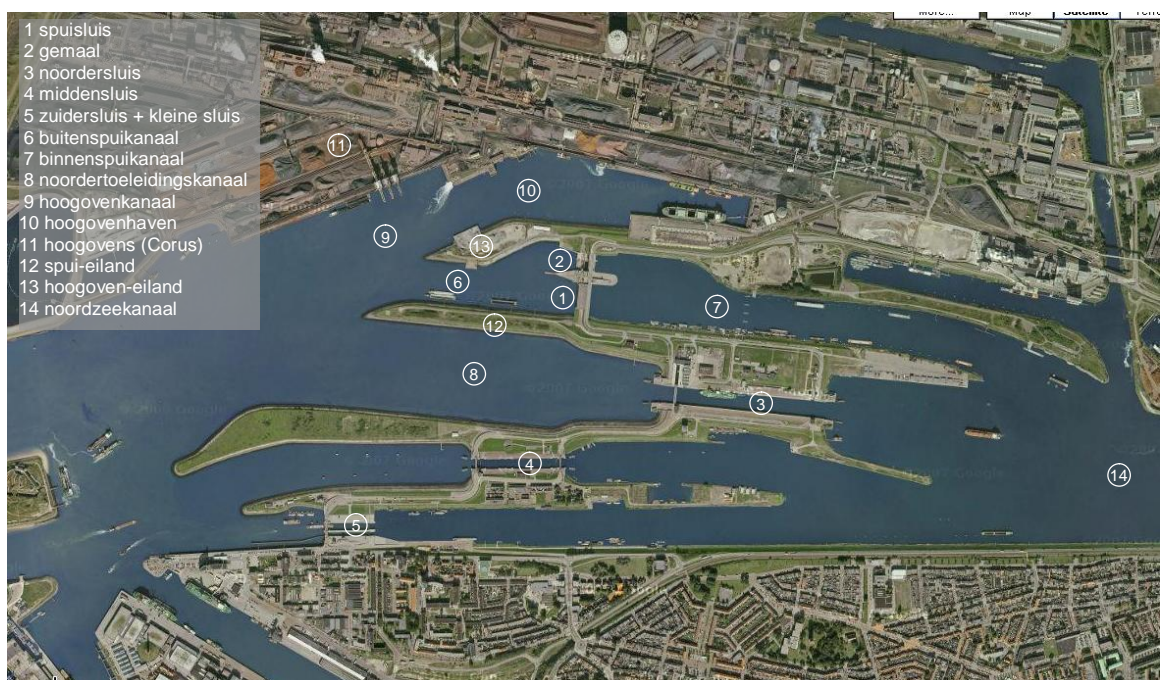
Het Noordzeekanaal vormt samen met het Amsterdam-Rijnkanaal en de in open verbinding staande wateren van het Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht een aaneengesloten watersysteem met een totale oppervlakte van ca. 39 km<sup>2</sup> (Steenkamp *et al*, 1999). Figuur 3.3 geeft een overzicht van het afwateringsgebied van het Noordzeekanaal. Het systeem ontvangt het overtollige water van de aanliggende afwateringsgebieden met een oppervlakte van ca. 2300 km<sup>2</sup>, vanuit de Lek via de Prinses Irene- en Beatrixsluizen en vanuit het Markermeer en IJmeer via de Oranjesluizen bij Schellingwoude. Behalve de afvoer van hemelwater zijn ook lozingen van industrieën en rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) langs het kanaal, nivelleringsdebieten bij de sluizen te IJmuiden en kwelwater aanvoerposten voor het Noordzeekanaal.

Het overtollige water wordt via de spuisluis en het gemaal bij IJmuiden afgevoerd naar de Noordzee. De jaarlijks gemiddelde dagafvoer is 95 m<sup>3</sup>/s, maar dit debiet varieert sterk over het jaar afhankelijk van het jaargetijde. De daggemiddelde waarden variëren tussen de 40 en 200 m<sup>3</sup>/s (Karelse en Van Gils, 1991). Bij lagere afvoeren kan het overtollige water onder vrij verval gespuid worden bij laag water op zee, bij hogere afvoeren wordt het gemaal in werking gesteld. Door het beperkte tijdsinterval van spuien rond laag water zijn de instantane

debeten door het spuien aanzienlijk hoger dan de daggemiddelde waarden. Deze variëren tussen de 0 en een maximum van 500 m<sup>3</sup>/s.

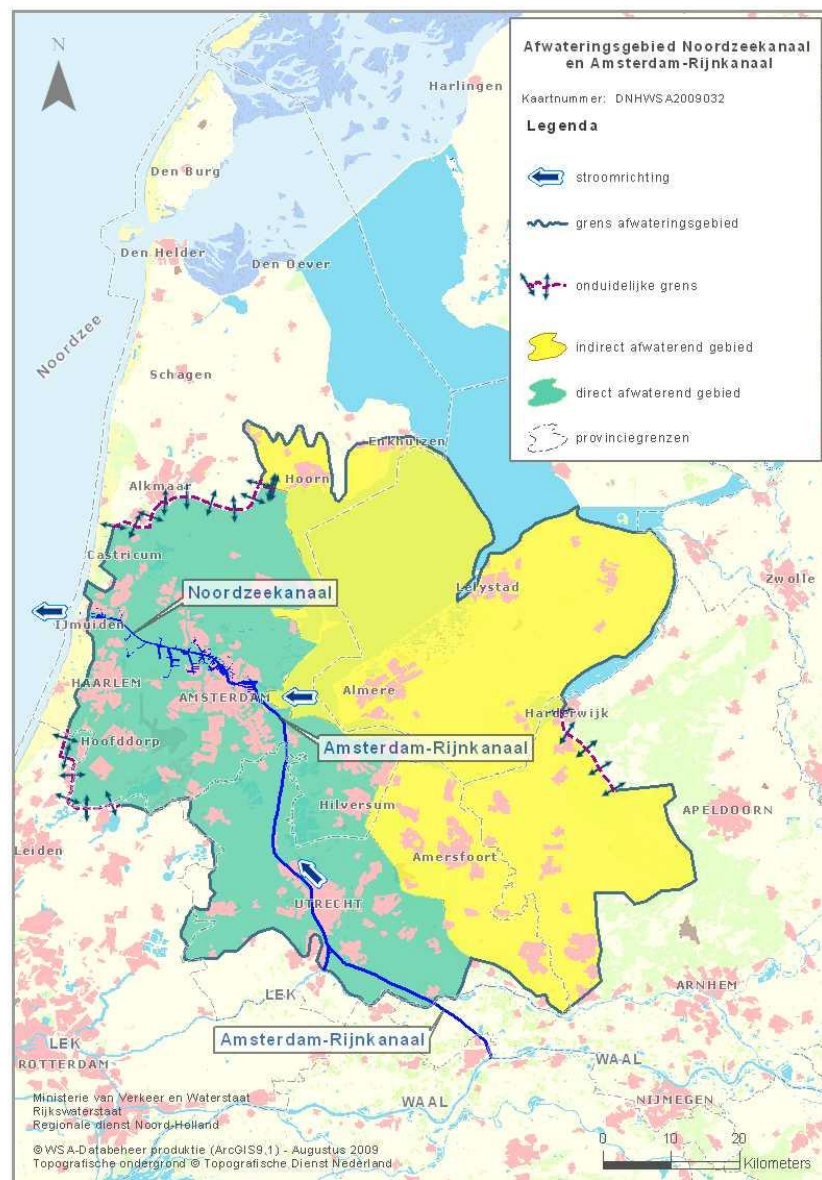


Figuur 3.1 Noordzeekanaal tussen Amsterdam en IJmuiden (Google Maps)



Figuur 3.2 Sluizencomplex in IJmuiden (Google Maps)

Het streefpeil op het Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal is -0.4 m NAP. Voor de peilhandhaving wordt water via de spuisluizen en het gemaal naar de Noordzee afgevoerd. Door periodiek spuien bij laagwater op zee is er sprake van een zogenaamde pseudo-getijbeweging op het Noordzeekanaal wat zorgt voor schommelingen rond het streefpeil, en wat tot in het zuidelijk gedeelte van het Amsterdam-Rijnkanaal (Wijk bij Duurstede) merkbaar is (Steenkamp *et al*, 1999). De toelaatbare variatie van de waterspiegel ligt tussen de -0.55 m en -0.30 m NAP.



Figuur 3.3 Afwateringsgebied Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal (bron: RWS-DNH)

### 3.3 Zouthuishouding Noordzeekanaal

Het Noordzeekanaal is een brakwatersysteem met een verticale en horizontale gelaagdheid in zoutgehalte. De zouttoevoer naar het kanaal wordt veroorzaakt door het schutten van schepen door de sluisen bij IJmuiden. Bij iedere schutcyclus wordt netto een vracht zout water het kanaal binnengebracht, dat door de hogere dichtheid als een zouttong over de

bodem van het kanaal richting Amsterdam beweegt. Het zoetere water, met lagere dichtheid, beweegt in tegengestelde richting over de zouttong richting zee. Ten gevolge van zoutuitwisseling tussen de onder- en bovenlaag wordt het water in de bovenlaag geleidelijk zouter en de onderlaag zoeter. Door deze menging neemt het zoutgehalte in de zouttong in oostelijke richting af, zodat de indringing van de zouttong naar het Amsterdam-Rijnkanaal nabij de bodem beperkt wordt (Zoutmeetnet, 1996). Omgekeerd neemt het zoutgehalte van de bovenlaag in westelijke richting geleidelijk toe door de aanvoer van zout uit de diepere lagen.

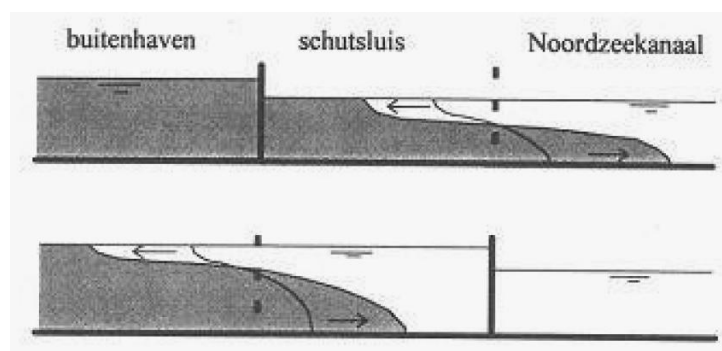
Aan de zeekant gebeurt het tegenovergestelde: het zoetere water uit de sluis kolk stroomt uit aan het oppervlak, terwijl zouter water de kolk instroomt over de bodem (zie Figuur 3.4). De tijdsduur van opening van de sluisdeuren blijkt voldoende te zijn om een volledige uitwisseling van de kolk tot stand te brengen (Zoutmeetnet, 1996). Dit betekent dat als de sluisdeuren opengaan, de verticale zoutverdeling in de kolk gelijk zal worden aan de zoutverdeling buiten de sluisdeur. Hoewel het netto watertransport ten gevolge van deze uitwisselingsstromingen op nul verondersteld kan worden, is er dus wel sprake van een netto zoutaanvoer naar het Noordzeekanaal. Karelse en Van Gils (1991) berekende dat continue gemiddeld ca. 250 kg/s chloride via de schutsluizen naar binnen getransporteerd wordt. Daarnaast komt er gemiddeld over een getijcyclus netto een debiet van 2 m<sup>3</sup>/s het Noordzeekanaal binnen door het verschil in peilniveau ("de schuttschijf").

De belangrijkste bronnen van zouttoevoer naar het Noordzeekanaal zijn (Zoutmeetnet, 1996):

- Uitwisseling door schuttingen
- Instroming door waterstandsverschil (schuttschijf)
- Spoelen van zand door zandschepen
- Water uit polders, via het Amsterdam-Rijnkanaal en de inlaatsluis bij Schellingwoude
- Industriële lozingen

De belangrijkste bron van zoutuitvoer uit het Noordzeekanaal is:

- Spuisluis en gemaal bij IJmuiden

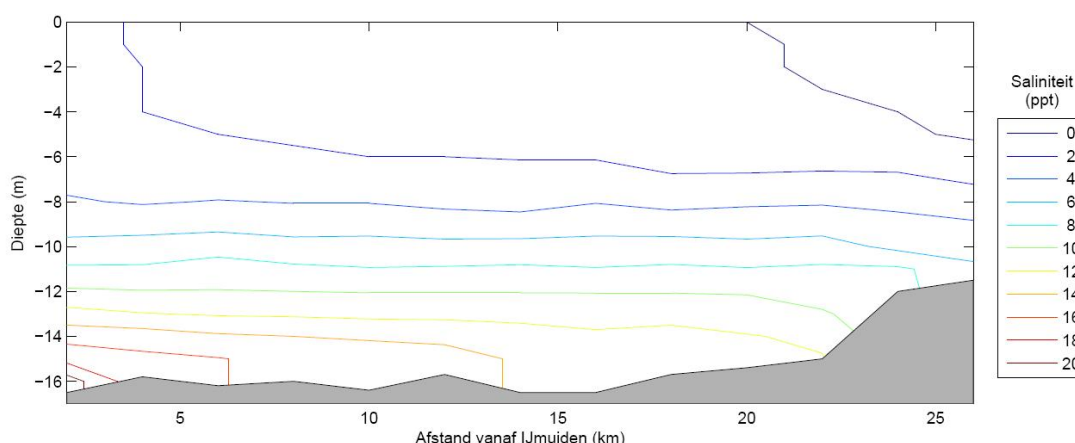


Figuur 3.4 Schematische weergave van zoutuitwisselingsproces door sluis (uit Akkermans, 2003).

Aangezien het Noordzeekanaal systeem niet zouter wordt (of slechts heel traag tussen 1980-2001, zie Akkermans, 2003), betekent dit dat ongeveer evenveel zout afgevoerd wordt via de spuisluis en het gemaal bij lozing van brak water op zee als aangevoerd via alle bovenstaande posten.

Als gevolg van mengprocessen, met name veroorzaakt door scheepvaart en windgolven, is de verticale zoutverdeling nagenoeg homogeen in de bovenste waterlagen (6-8m) van het kanaal (Akkermans, 2003). Beneden deze laag neemt het zoutgehalte min of meer lineair met

de diepte toe tot relatief hoge waarden nabij de bodem. Gemiddeld genomen wordt het Noordzeekanaal gekenmerkt door de volgende zoutgradiënten: de bovenste homogene laag is brak tot zoet en heeft een zoutgehalte van ca. 4.5 ppt nabij IJmuiden en ca. 1.8 ppt bij Amsterdam, zie Figuur 3.5. De maximale zoutgehalten nabij de bodem variëren van ca. 20 ppt op een diepte van -15 m NAP bij IJmuiden tot ca. 14.5 ppt (-11m NAP) bij Amsterdam (Akkermans, 2003). In paragraaf 4.2 zal nader ingegaan worden op de zoutgehalten in het Noordzeekanaal.



Figuur 3.5 Gemiddelde zoutconcentraties in de periode 1-1995 tot en met 12-1996

Sinds 1983 beschikt de RWS Dienst Noord-Holland over een zoutmeetnet voor het Noordzeekanaal. Het bestaat uit een continue registratie door 9 meetcellen op 5 locaties en een maandelijkse vaartocht waarbij de zoutsituatie van het hele kanaal wordt vastgesteld. Dit programma is niet continu uitgevoerd, desondanks zijn er voldoende data beschikbaar om de zouthuishouding van het Noordzeekanaal in kaart te brengen. Zoutgehalten en verdeling langs het Noordzeekanaal wordt uitvoerig beschreven in Karelse en Van Gils (1991), Zoutmeetnet (1996) en Akkermans (2003).

### 3.4 Overige functies Noordzeekanaal

Het Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal vormen samen een belangrijke waterweg voor de scheepvaart tussen Amsterdam en de Noordzee, Rotterdam en Duitsland. Hoewel het Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal in eerste instantie aangelegd zijn voor de scheepvaart, is de functie van waterhuishouding in de loop van de tijd een steeds belangrijker rol gaan spelen. Daarnaast kent het Noordzeekanaal de volgende functies:

- natuur: het brakke milieu van het Noordzeekanaal biedt een habitat voor verscheidene unieke brakwater species. Langs het Noordzeekanaal zijn verschillende maatregelen genomen om natuurfuncties verder te bevorderen. Langs het kanaal zijn enkele natuurvriendelijke oevers aangelegd; ook zijn in IJmuiden en Schellingwoude voorzieningen gemaakt om trekvisser de mogelijkheid te bieden om van zee naar binnenwateren te kunnen migreren.
- drinkwatervoorziening
- doorspoeling van poldergebieden tbv. tegengaan verzilting
- koelwater: het kanaalwater wordt gebruikt voor de koeling van de energiecentrales te Amsterdam en Velsen, en voor diverse industrieën langs het kanaal.
- viswater: op het Noordzeekanaal is een aantal beroepsvissers, met name palingvissers, actief en wordt er veel aan sportvissen gedaan.

### 3.5 Buitenhaven IJmuiden

Aan de westzijde staat het Noordzeekanaal via een complex van scheepvaartsluizen, een spuisluis en een gemaal in verbinding met de Buitenhaven van IJmuiden en de Noordzee. De Buitenhaven is gelegen aan een vrij rechte kust van waaruit de havendammen ongeveer 2.5 km in zee steken. De havenmond is 800 m breed en de vaargeul (IJgeul) heeft een diepte van ca. 20 m onder NAP, zie Figuur 3.6 en Bijlsma *et al.* (2007). De verticale getijslag in de voorhaven is ongeveer 1.5 tot 2 m. Dit veroorzaakt een komberging van ca.  $7 \times 10^6 \text{ m}^3$  per getij. De ongestoorde getijstrooming langs de kust (dus dwars op de IJgeul) bedraagt ongeveer 0.5 m/s tijdens eb en ongeveer 0.7 m/s tijdens vloed voor een gemiddelde getij. Door de vormgeving van de havenmond nemen deze snelheden lokaal toe tot ca. 1 m/s. Bovendien wordt in de havenmond een neer gegeneerd met snelheden tot vele dm/s. Deze neren veroorzaken een extra uitwisseling in de havenmond, vooral bij eb (zuidwaartse stroming).

Het zoutgehalte van de Noordzee bedraagt gemiddeld 34-35 ppt. Langs de Nederlandse kust wordt dit zoutgehalte echter verlaagd door de uitstroming van het zoete Rijn-, Maas- en Schelde-water. Het rivierwater vormt een smalle strook zoeter water van enkele tientallen kilometers breed, wat langs de kust noordwaarts richting Waddenzee wordt getransporteerd. In deze zogenoemde 'kustrivier' mengt het zoetere water geleidelijk op met de zoute omgeving. Dit zorgt voor lagere zoutgehaltes langs de Nederlandse kust, dus ook voor de Buitenhaven van IJmuiden, met een gemiddelde van ongeveer 28-30 ppt. In paragraaf 4.2 zal nader ingegaan worden op de zoutgehaltes in de Buitenhaven van IJmuiden.



Figuur 3.6 Overzicht Buitenhaven IJmuiden

Door de scheepvaartsluizen, de spuisluis en het gemaal wordt Noordzeekanaalwater geloosd op de Buitenhaven. Dit veroorzaakt een (relatief) zoete uitstromende bovenlaag met een over het getij variërende dikte, die o.a. afhankelijk is van het spui- en maalregime. De door het relatief zoete water veroorzaakte dichtheidsverschillen genereren een horizontale uitwisseling

oftewel dichtheidsstroming in de havenmond. Naast neervorming en getijvulling en -lediging spelen ook deze door saliniteitsverschillen geïnduceerde dichtheidsstromingen een belangrijke rol in de aanslibbing van de vaargeul in de Buitenhaven.

De Buitenhaven heeft primair een nautische functie. Deze kan conflicteren met de lozing van zoet water uit het Noordzeekanaal. In Waterloopkundig Laboratorium (1995) wordt bijvoorbeeld beschreven hoe de scheepvaart naar de Hoogovenhaven en de Noordersluis rekening moet houden met de hoge stroomsnelheden door de spuistroom. Voor bepaalde diepstekende schepen gold destijds een spuidebiet-beperking van 200 m<sup>3</sup>/s. Het benodigde aantal en de trekkracht van de sleepboten was bij grotere debieten een onzekere factor. Met name de hoge (dwars-)stroomsnelheden veroorzaakt door het spuien zijn een belangrijke (hinder) factor voor de manoeuvreerbaarheid van grotere schepen.

Door de toename van de afmetingen van de schepen is de grootste sluis, de Noordersluis, inmiddels een bottleneck geworden voor de scheepvaart naar de haven van Amsterdam. De gemeente Amsterdam wil daarom graag een nieuwe grotere vierde zeesluis om ruimte te bieden voor het groeiende scheepvaartverkeer.

### 3.6 Conclusies

Het Noordzeekanaal voert een grote hoeveelheid zoet water af naar zee, met een gemiddelde afvoer van ca. 95 m<sup>3</sup>/s. Door het sluisencomplex bij IJmuiden dringt zout water het Noordzeekanaal binnen, waardoor het kanaal, net als de Buitenhaven, wordt gekenmerkt door sterke verticale zoutverschillen. Dit veroorzaakt dichtheidsgedreven stroompatronen in beide systemen. In het Noordzeekanaal bedraagt het gemiddelde zoutgehalte aan het oppervlak 1-4 ppt en aan de bodem 15-20 ppt. In de Buitenhaven is het zoutgehalte aan het oppervlak sterk variabel door de afvoer van het Noordzeekanaal, terwijl aan de bodem een vrij constante waarde van ca. 28 – 30 ppt heerst. De primaire functies van het Noordzeekanaal zijn waterhuishouding en navigatie, die van de Buitenhaven is navigatie.

## 4 Spoor A: Technische haalbaarheid

In dit hoofdstuk wordt voortgeborduurd op het vorige hoofdstuk, waarbij de systeemkenmerken nogmaals worden beschouwd maar nu in het licht van de haalbaarheid van een Blue Energy centrale. Hierbij passeren de verschillende randvoorwaarden voor Blue Energy, zoals beschreven in paragraaf 2.6 – zoutgehaltes, beschikbaarheid van water, stromingen en recirculatie - de revue. Een uitgebreidere data-analyse, aangevuld met numerieke modelstudies vormen de basis voor deze evaluatie. Vervolgens worden kort de effecten van een Blue Energy centrale op de nautiek, morfologie en ecologie aangekaart, omdat dit belangrijke bottlenecks voor de haalbaarheid kunnen vormen.

### 4.1 Introductie

De doelstelling van deze verkenning is het inzichtelijk maken van de potentie van het Noordzeekanaal voor energiewinning uit zoet-zout gradiënten. Bij de zoektocht naar de meest geschikte locatie(s) waar een centrale gesitueerd zou kunnen worden, focussen we op twee verschillende schalen:

- Een pilot centrale, met een vermogen van ca. 0.1-1 MW, wat grof genomen overeenkomt met zoet- en zoutwater debieten van 0.1-1 m<sup>3</sup>/s
- Een operationele centrale, met een vermogen in de orde van 10-100 MW, wat grof genomen overeenkomt met zoet- en zoutwater debieten van 10-100 m<sup>3</sup>/s

In de voorbesprekingen met RWS werd uitgegaan van een Blue Energy centrale op een locatie langs het Noordzeekanaal, waarbij gebruik gemaakt zou kunnen worden van de verticale, en in mindere mate horizontale zoutgradiënten in het kanaal zelf. Tijdens de studie is echter naar voren gekomen dat zowel de horizontale als de verticale zoutgradiënt in het Noordzeekanaal vrij klein zijn voor toepassing van Blue Energy energieproductie. De zoutgradiënt over het sluizencomplex nabij IJmuiden vormt echter wel een veelbelovende kans voor Blue Energy, temeer het daar voorkomt in combinatie met een permanente zoetwaterafvoer. Er wordt in dit hoofdstuk daarom een onderscheid gemaakt naar haalbaarheid op basis van locatie en schaal:

- Locatie langs het Noordzeekanaal voor een pilot centrale, die niet noodzakelijkerwijs economisch rendabel hoeft te zijn. Hierbij spelen zoutverschillen dus een minder cruciale rol.
- Locatie nabij het sluizencomplex voor een operationele centrale, waar zoutverschillen maximaal zijn en een afvoer gegarandeerd is voor een optimale bedrijfsvoering

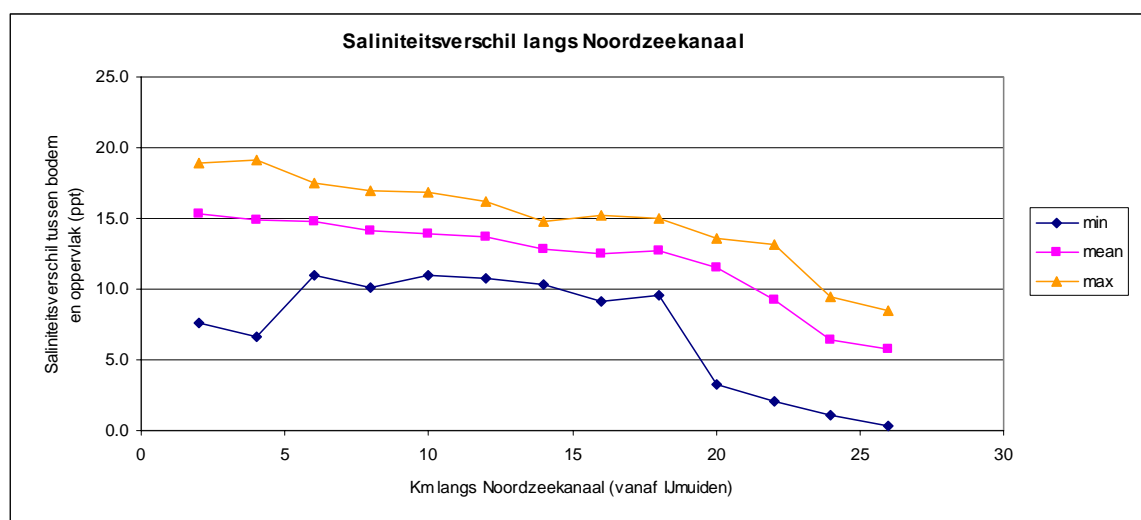
Bij de thema's in dit hoofdstuk wordt waar nodig voor beide schalen en locaties een toelichting gegeven.

### 4.2 Beschikbare zoutgehaltes

#### *Noordzeekanaal*

Een analyse van aangeleverde data voor de jaren 1994 en 1995 van de vaste zoutmeetpunten geeft een goed beeld in ruimte en tijd van de zoutverdeling langs het kanaal. Hoewel deze data niet recent zijn, wordt aangenomen dat de huidige situatie niet wezenlijk anders is ten opzichte van 1994-1995. Figuur 4.1 presenteert een gemiddeld beeld van de zoutverschillen tussen bodem en oppervlak langs het Noordzeekanaal. Het gemiddelde zoutverschil tussen bodem en oppervlakte in het westelijke gedeelte van Noordzeekanaal

schommelt rond de 15 ppt, wat een gevolg is van de zouttong die over de bodem beweegt en het zoetere water aan het oppervlak. Tussen km 6 en km 18 nemen de verschillen geleidelijk af tot 13 ppt. Vanaf km 20 is een sterke daling zichtbaar, waar het kanaal snel ondieper wordt en de zouttong minder geprononceerd is. Nabij Amsterdam is het gemiddelde verschil tussen oppervlak en bodem nog slechts 6 ppt.



Figuur 4.1 Saliniteitsverschil langs het Noordzeekanaal gebaseerd op de maandelijkse meettochten in 1994 en 1995.

De variatie in het zoutverschil is vrij groot nabij km 2 en 4, waarschijnlijk door invloed van het spuien en malen en de lozingen van Corus en andere industrieën in de omgeving. Dit levert minder gunstige condities voor een eventuele Blue Energy toepassing, die baat heeft bij een constant zoutverschil. Tussen km 6 en 18 zijn de condities stabiel, wat dit gebied meer geschikt maakt, althans voor operationele doeleinden.

De maximale verticale saliniteitsverschillen die in het Noordzeekanaal voorkomen (in de orde 10-15 ppt) geven, met de huidige kennis op gebied van Blue Energy technologie, waarschijnlijk te lage rendementen voor een economisch rendabele Blue Energy centrale (zie ook paragraaf 2.4). In Figuur 4.2 wordt duidelijk gemaakt wat de verwachte opbrengsten zijn voor de zoutcondities zoals die voorkomen in het Noordzeekanaal. Dit toont dat de mogelijke energie-opbrengsten negatief uitvallen; de energieconsumptie voor voorzuivering, pompen etc. blijkt hoger dan de te winnen energie.

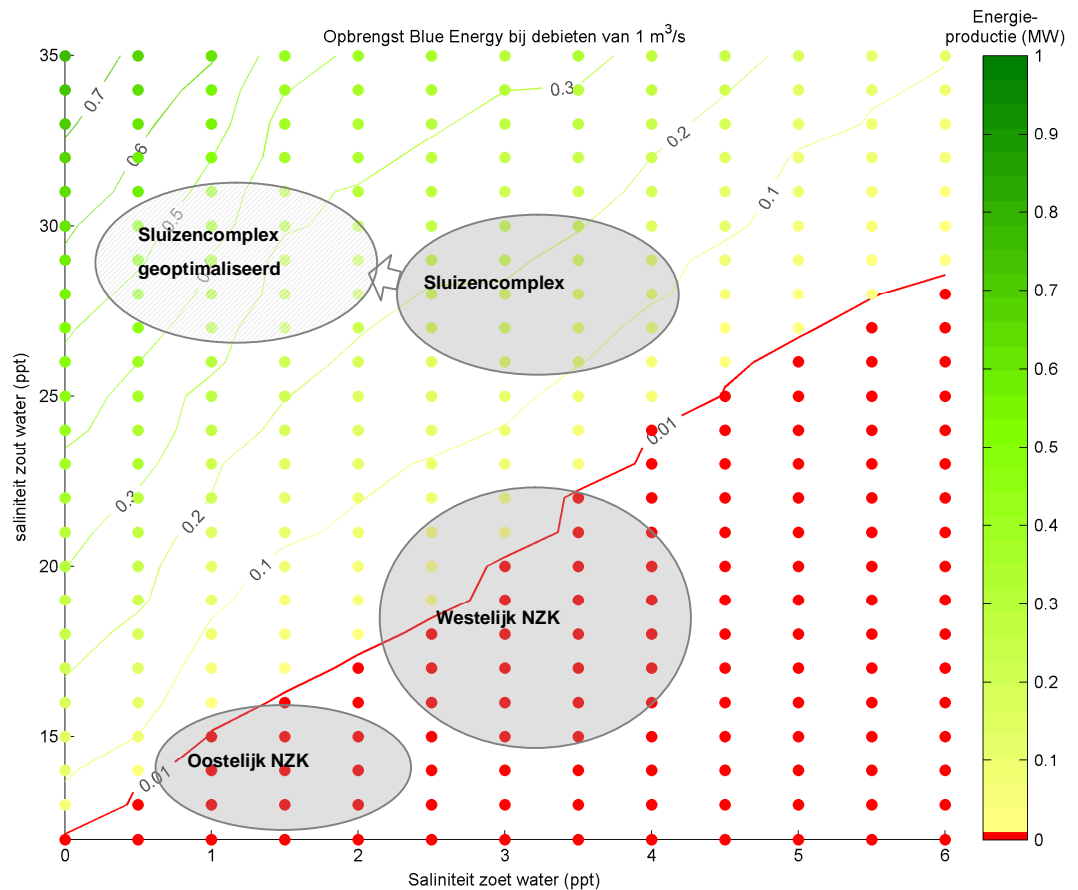
#### Buitenhaven

Van de zoutgehalten in de Buitenhaven zijn weinig gegevens beschikbaar. Enkele losstaande metingen zijn gedocumenteerd voor de havenmond en in de haven. Deze geven een gemiddeld zoutgehalte van 29 ppt op een afstand van 3 km voor de haven van IJmuiden. Getallen die in literatuur (Waterloopkundig Laboratorium, 1995) gevonden worden melden een gemiddeld zoutgehalte voor de Buitenhaven van IJmuiden van 30 ppt.

Om meer inzicht te krijgen in de zoutverdeling over de Buitenhaven zijn hydrodynamische berekeningen uitgevoerd, waarvoor het bestaande IJmond model is ingezet (zie Appendix B). Als uitgangspunt voor de simulatie is een scenario met een gemiddeld getij met een jaarlijks gemiddelde afvoer ( $95 \text{ m}^3/\text{s}$ ) vanaf het Noordzeekanaal beschouwd. Figuur 4.4 en Figuur 4.5 presenteren resultaten van de berekeningen; hierin zijn de zoutgehalten nabij bodem en oppervlak (blauwe lijn) en de (getij-) gemiddelde waarden in rood aangegeven. Deze

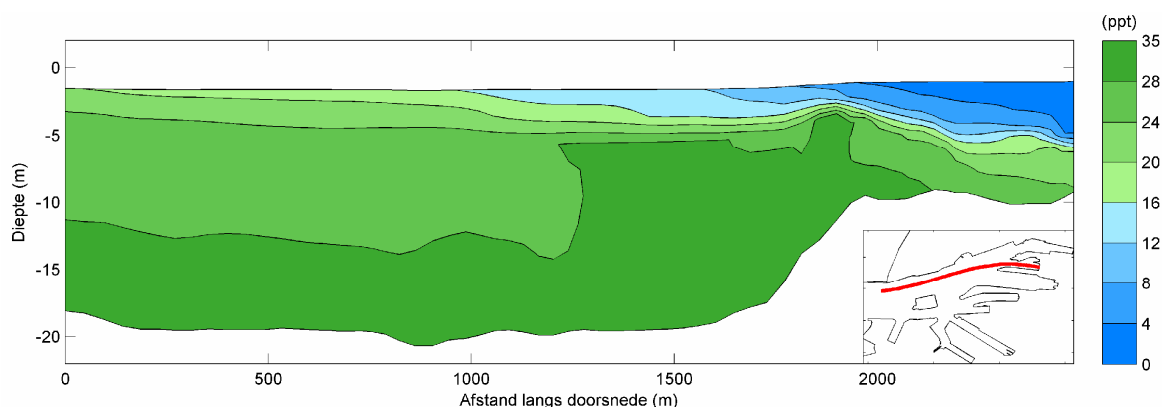
resultaten zijn slechts een momentopname en bovendien ongevalideerd aan de hand van metingen, maar geven desondanks een beeld van de ruimtelijke zoutverdeling in het gebied.

De Buitenhaven heeft een gestratificeerd karakter: iedere spuicyclus wordt een grote hoeveelheid zoet water geloosd. Tevens is er een continue aanvoer van zoet water door schutactiviteiten. De zoetwaterbel drijft door het dichtheidsverschil op het zoutere zeewater, en nabij de bodem van de scheepvaartgeul wordt het zoutste water gevonden (zie Figuur 4.3 voor een typische zoutverdeling tijdens het spuien). De verticale stratificatie levert gemiddelde saliniteitsverschillen tussen bodem en oppervlak in de orde van 10 ppt. Dit verschil is erg onderhevig aan fluctuaties door de discontinue aanvoer van zoet water. De Buitenhaven op zichzelf is daarvoor geen gunstige locatie voor de toelevering van zoet en zout water voor een Blue Energy centrale.



Figuur 4.2

Opbrengst van een Blue Energy (PRO) centrale in MW bij een debiet van  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  zoet water als functie van het zoutgehalte van het ingenomen zoete en zoute water, gebaseerd op het rekenmodel van Van der Zwan et al (2009). Het zoutwater debiet wordt door het model berekend en geoptimaliseerd voor maximale energieoutput; dit varieert tussen de  $1$  en  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . De energieproductie in het rode gebied is gelijk aan nul of negatief. De grijze gebieden geven de gemiddelde condities in het Noordzeekanaal en over het sluizencomplex aan.



Figuur 4.3 Typische dwarsdoorsnede van zoutgehaltes door de Buitenhaven van IJmuiden. Goed zichtbaar is de zoetwaterbel die door het spuien bovenop het zoutere zeewater drijft.

### Sluizencomplex

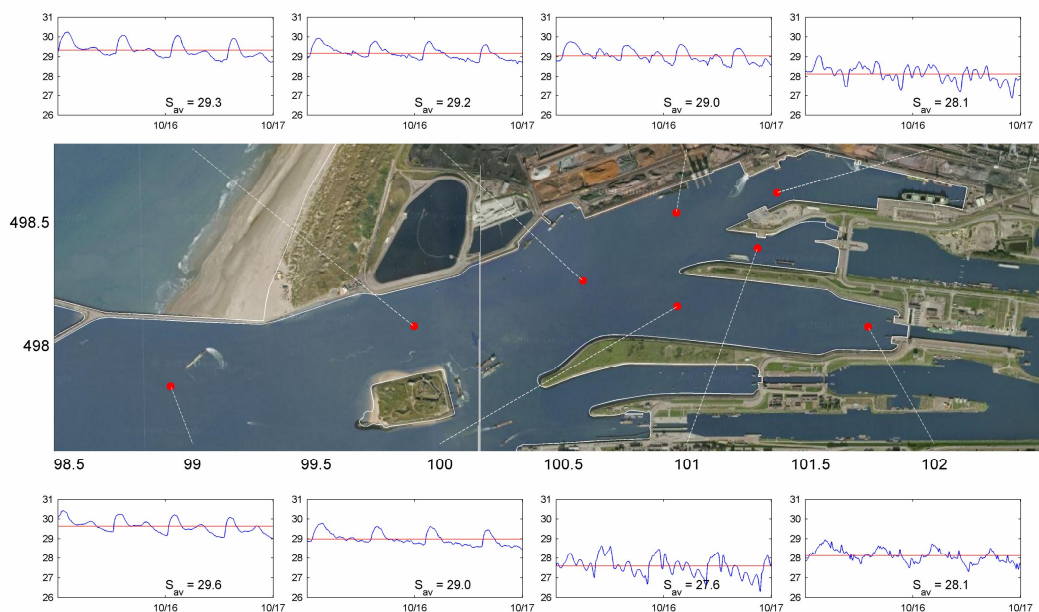
De meest kansrijke mogelijkheid voor een Blue Energy centrale ligt in het benutten van het zoute zeewater in combinatie met het zoete Noordzeekanaal water. Hier is optimaal van te profiteren bij het sluizencomplex, waar door de harde scheiding van de watermassa's het zoutverschil maximaal is. Het grootste saliniteitsverschil dat benut zou kunnen worden wordt bereikt door zout water aan de bodem in de Buitenhaven (~28 ppt) en zoet oppervlakte water in de Binnenhaven (~3 ppt) in te nemen. Het gemiddelde saliniteitsverschil wat hiermee wordt verkregen ligt rond de 25 ppt.

Figuur 4.2 toont dat de verwachte opbrengsten voor deze zoutconcentraties positief uitvallen. Voor zoutgehaltes van 28 ppt en 3 ppt wordt een opbrengst van ca. 0.2 MW per m<sup>3</sup>/s zoet water berekend. Dit is aanzienlijk lager dan de algemeen gehanteerde waarde van 1 MW per m<sup>3</sup>/s zoet water. Ten opzichte van de energiebehoefte van het gemaal van IJmuiden (1 MW gemiddeld op jaarbasis) is deze opbrengst echter alleszins de moeite waard mits voldoende grote debieten met deze of een hogere zoutgradiënt haalbaar zijn.

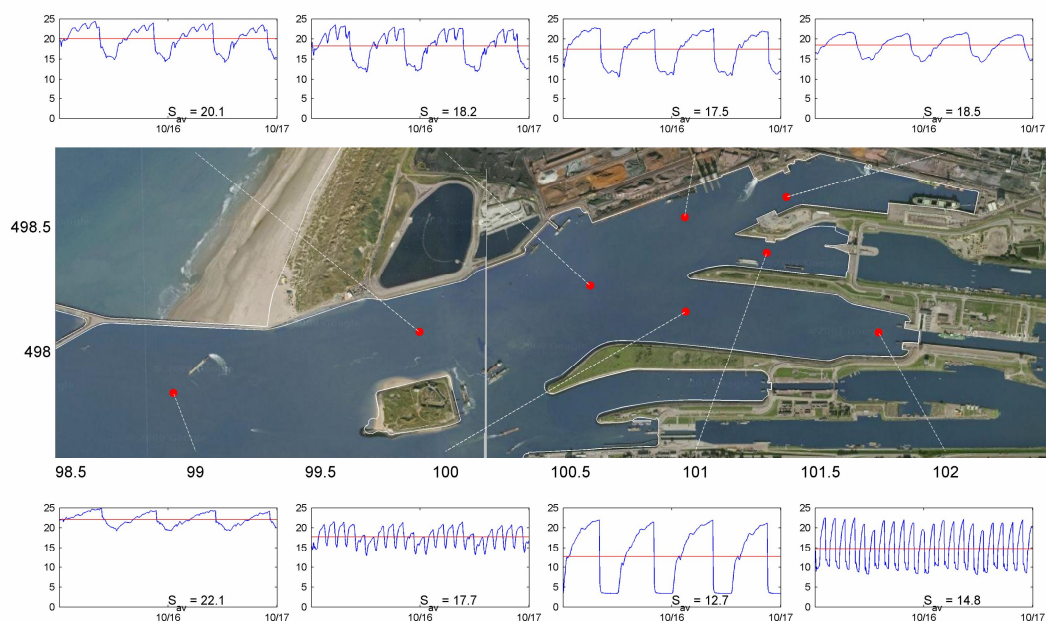
### Optimalisatie zoutverschil

Het maximale zoutverschil zou eventueel nog verhoogd kunnen worden door zeewater verderaf (bijv. buiten de haven) in te nemen, terwijl ook aan de zoete kant gekeken kan worden hoe het zoutgehalte verder te verlagen. Zoals beargumenteerd in paragraaf 2.4 zal dit laatste de grootste winst in energieproductie geven. Bij oplopende zoutgehaltes van het zoete water loopt het rendement van Blue Energy opwekking snel achteruit, zie ook paragraaf 2.4. Het water nabij het spuicomples heeft een gemiddeld zoutgehalte van 3-4 ppt, wat erg hoog is. Mocht dit teruggebracht kunnen worden naar ongeveer 1 ppt, dan zou het rendement aanzienlijk toenemen (zie Figuur 4.2); van ca. 0.2 MW per m<sup>3</sup>/s zoet water naar ca. 0.4 MW per m<sup>3</sup>/s zoet water. Mogelijkheden om het zoutgehalte van het zoete water te reduceren zouden kunnen zijn:

- zoet water onttrekken van een andere bron, bijvoorbeeld zoetwater uit het RWZI effluent, of uit de leiding van de Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland. Dit wordt verder beschreven in de volgende paragraaf en paragraaf 5.3.3.
- innamepunt verder van spuicomples positioneren, waar het zoutgehalte lager is.
- terugdringing zoutinrusie in het Noordzeekanaal door de sluizen. Dit zou wel een bijkomend effect op het brakke milieu en daarmee de ecologie in het NZK kunnen hebben.



Figuur 4.4 Gemodelleerde zoutgehalten nabij de bodem gedurende 4 getijcycli



Figuur 4.5 Gemodelleerde zoutgehalten in ppt nabij het oppervlak gedurende 4 getijcycli

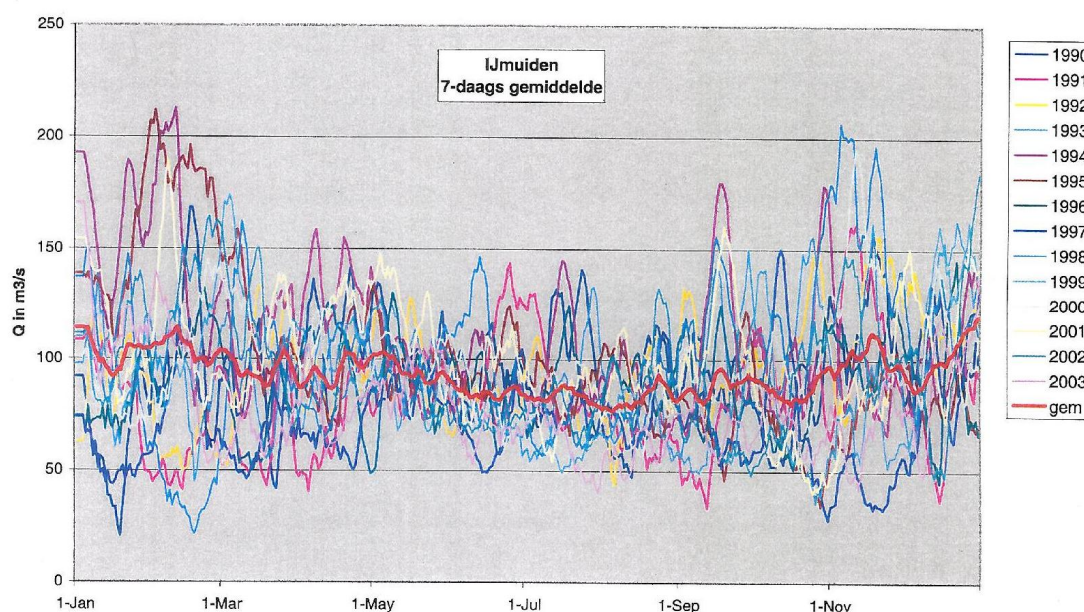
### 4.3 Zoetwater beschikbaarheid

#### Afvoer Noordzeekanaal

Het Noordzeekanaal kent een aanzienlijke zoetwaterafvoer met een daggemiddelde debiet van  $95 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dit debiet varieert gedurende de dag met het getij (lozing tijdens laag water), maar ook over de seizoenen. Figuur 4.6, ontleend aan Alkyon (2005), laat op basis van de (daggemiddelde) afvoeren, gemiddeld over zevendaagse perioden, de seizoensvariatie en spreiding ( $\sim 40 - 200 \text{ m}^3/\text{s}$ ) hierin zien. Voor het minimaal beschikbare debiet wordt algemeen

40 m<sup>3</sup>/s aangehouden (interne communicatie, Rijkswaterstaat Dienst Noord-Holland), hoewel soms lagere zevendaagse gemiddelde afvoeren in de tijdreeksen zichtbaar zijn. Enigszins hogere gemiddelde afvoeren treden op in de winterperiode (boven 100 m<sup>3</sup>/s), iets lagere in zomerperiode (rond de 80 m<sup>3</sup>/s). Uitschieters naar gemiddelden van meer dan 200 m<sup>3</sup>/s in herfst en winter zijn waarneembaar. De instantane afvoer varieert over de dag door het getij: lozingen vinden zoveel mogelijk plaats bij laag water onder vrij verval. Alleen in geval van hoge afvoeren wordt het gemaal in werking gesteld om de benodigde afvoercapaciteit op te voeren.

Gesteld kan dus worden dat gedurende het grootste deel van de tijd een minimum van 40 m<sup>3</sup>/s zoet water wordt afgevoerd. Dit debiet wordt rechtstreeks geloosd op de Buitenhaven en dient geen verdere functie, dus zou zonder beperking ingezet kunnen worden voor Blue Energy winning. Er moet wel rekening mee gehouden worden dat in de toekomst dit minimum zou kunnen afnemen door klimaatveranderingen, bijvoorbeeld door toename van drogere zomers. In tijden van waterschaarste zal de prioriteit liggen bij peilbeheer, navigatie, drinkwater en irrigatie. Dit betekent dat in de toekomst het minimum van 40 m<sup>3</sup>/s niet noodzakelijkerwijs gegarandeerd is.



Figuur 4.6 Zevendaagse gemiddelde afvoeren van de spuisluis en het gemaal IJmuiden, periode 1990 – 2004 (Alkyon, 2005)

#### Overige zoetwater bronnen

Andere mogelijke bronnen van zoet water zouden kunnen zijn (zie ook paragraaf 5.3.3):

- RWZI effluent
- Leiding Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland
- Gemalen
- Effluent van lokale industrieën

De onderstaande informatie over de afvoeren en zoutgehalten van deze bronnen is verkregen van Rijkswaterstaat Dienst Noord-Holland (interne communicatie).

De RWZI's van Velzen, Beverwijk, Zaandam-Oost, Amsterdam-West en Westpoort hebben vergunning voor een maximum effluent van respectievelijk 3700 m<sup>3</sup>/uur (1 m<sup>3</sup>/s), 232800 m<sup>3</sup> per etmaal (2.7 m<sup>3</sup>/s), 3400 m<sup>3</sup>/uur (0.9 m<sup>3</sup>/s), 30000 m<sup>3</sup>/uur (8.3 m<sup>3</sup>/s) en 90 m<sup>3</sup>/uur (2.5 m<sup>3</sup>/s). De gemiddelde debieten liggen echter aanzienlijk lager. Het effluent bevat N en P.

Navraag door Rijkswaterstaat Dienst Noord-Holland bij PWN heeft het volgende opgeleverd. Water van de Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland (WRK) kost ca. € 0,25 per m<sup>3</sup> (vast + variabel). De beschikbaarheid hangt o.a. af van toekomst van Corus en de gewenste leveringszekerheid. Als er al water beschikbaar is, dan is de orde van beschikbaarheid 1000 tot enkele duizenden m<sup>3</sup> per uur (maximaal orde 1 m<sup>3</sup>/s). Het chloridegehalte ligt in de orde van die van het oppervlaktewater in het Rijnstroomgebied en fluctueert over de seizoenen en jaren. Tijdens de productie voegt PWN nog ca. 10% zout toe. Officieel bestaat de onderneming Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland nog, maar de uitvoering is ondergebracht bij Waternet (WRK leiding 1+2, Nieuwegein) en PWN (WRK leiding 3, Andijk).

De grootste gemalen aan het Noordzeekanaal zijn die van Spaarndam, Halfweg en het Zaangemaal. De jaargemiddelde afvoeren zijn respectievelijk ~3 m<sup>3</sup>/s, ~12 m<sup>3</sup>/s en ~4 m<sup>3</sup>/s. Het gemiddelde zoutgehalte is ~0.9 ppt (Spaarndam), ~1 ppt (Halfweg) en ~1.1 ppt (Zaangemaal).

Voor het effluent van lokale industrieën kan genoemd worden: Crown van Gelder gem. 2.5 m<sup>3</sup>/s, maar ook de NUON centrales Velsen en Hemweg met maximaal resp. 31.7 m<sup>3</sup>/s en 58 m<sup>3</sup>/s koelwater, met vrij chloor. Een gunstig aspect van koelwater zou kunnen zijn dat geen voorzuivering nodig is.

#### 4.4 Zoutwater beschikbaarheid

##### *Noordzeekanaal*

Door de schutsluizen bij IJmuiden vindt een toevoer van zoutwater naar het Noordzeekanaal plaats. De gemiddelde chloridelast via de sluizen wordt op ca. 250 kg/s (Karelse en Van Gils, 1991) berekend, Alkyon (2005) komt op ca. 370 kg/s uit. Bij een saliniteit van 25 ppt (gemiddeld zeewater in Buitenhaven) komt dit ongeveer overeen met een constant debiet van 17,5 m<sup>3</sup>/s. Een deel hiervan wordt meteen weer afgevoerd via de spui en sluizen voordat het het kanaal indringt. Gemiddeld zal er over een langere periode nagenoeg evenveel zout via de schutsluizen naar binnen stromen als er via de spuisluizen en gemaal uitgaat, er bestaat dus een dynamisch evenwicht. Karelse en Van Gils (1991) noemen een gemiddelde verblijftijd van ca. 40 dagen van het zoute water in het Noordzeekanaal.

Naar aanleiding hiervan kan verwacht worden dat er voldoende zout water voorradig is in het Noordzeekanaal voor een continue toevoer naar een pilot centrale (0.1-1 m<sup>3</sup>/s onttrekking, wat overeenkomt met ca. 0.5-6% van de totale aanvoer van zout water). De pompende werking van het innamepunt zou waarschijnlijk voldoende water aantrekken voor continue verversing. Dit wordt in paragraaf 4.5 en 4.7 verder onderzocht met behulp van een numeriek model.

##### *Buitenhaven*

In de Buitenhaven wordt verwacht dat de beschikbaarheid van zoutwater geen probleem gaat leveren. Een onttrekking van 40 m<sup>3</sup>/s voor een operationele centrale is, geïntegreerd over een half getij, gelijk aan ca. 5% van de totale getijdekomberging van de haven. Wel moet worden opgemerkt dat onttrekking van grote hoeveelheden zout water aan de bodem – en tegelijkertijd lozing van brak water nabij het oppervlak - een toename van de toestroming van zout water in diepere lagen zal veroorzaken en ook de verticale circulatie zal beïnvloeden. Dit wordt verder onderzocht in de paragraaf 4.5 en 4.7. Hiermee zou mogelijk de aanslibbing van

de Buitenhaven kunnen worden beïnvloed, waarvan op voorhand niet te zeggen is of dit in positieve of in negatieve zin is.

#### 4.5 Voorlopige locatiekeuze

Voor beide schalen (pilot en operationeel) wordt hieronder de locatiekeuze voor een Blue Energy centrale onderbouwd. De keuze is gebaseerd op de inzichten in het systeem die tot dusver zijn verkregen in deze studie. Om een sluitend antwoord te kunnen geven op de vraag wat de meest gunstige locatie is voor zowel een pilot toepassing als een operationele centrale, is het echter nodig rekening te houden met verschillende aspecten die in deze studie nog niet beschouwd zijn. Denk hierbij aan; beschikbaarheid grond, toegankelijkheid bouwterrein, afstand tot waterinnamepunten, inpassing in de omgeving, andere functies in de nabijheid etc. De locatiekeuze die hieronder gepresenteerd wordt is dus niet definitief, maar voldoet in dit stadium om een eerste inschatting van de effecten van de centrale op zijn omgeving te krijgen.

##### *Pilot toepassing*

In paragraaf 4.2 werd duidelijk dat op basis van de zoutgehaltes in het Noordzeekanaal geen netto energieproductie door Blue Energy mogelijk is; de energieconsumptie voor voorzuivering, pompen etc. blijkt hoger dan de te winnen energie. Dit neemt niet weg dat een pilot centrale langs het Noordzeekanaal (tussen km 6 en 18) wel als interessant kan worden aangemerkt. Dit om meerdere redenen:

- Een pilot hoeft niet noodzakelijkerwijs rendabel te zijn, maar kan ook dienen ten behoeve van kennisontwikkeling en kan bijdragen aan het innovatieve imago van IJmuiden
- Het Noordzeekanaal biedt een beschermd milieu, dit in tegenstelling tot de Buitenhaven waar golven, wind en getij voor zwaardere omgevingscondities zorgen
- De makkelijke toegankelijkheid van het gebied
- Het feit dat RWS op diverse plaatsen in het gebied terreinen beschikbaar heeft.
- Geen interferentie met spui / schutactiviteiten en in mindere mate met nautiek

Vanwege de overwegingen hierboven wordt in dit stadium dus gekozen voor een locatie langs het Noordzeekanaal. De meest gunstige omgevingscondities worden gevonden rond km 6, waar de balans tussen een zo groot mogelijk verticale zoutverschil en minimale variatie in zoutgehaltes optimaal is (zie ook Figuur 4.1).

##### *Operationele toepassing*

Vanwege de veel gunstigere saliniteitsgradiënt tussen de Buitenhaven en het Noordzeekanaal wordt gekozen voor een centrale op of nabij het sluisencomplex van IJmuiden. Hier kan de minimale daggemiddelde afvoer door de spuisluis benut worden als zoetwaterbron, wat ca. 40 m<sup>3</sup>/s is. Dit debiet wordt momenteel rechtstreeks geloosd op de Buitenhaven en dient geen verdere functie, dus zou zonder beperking ingezet kunnen worden voor Blue Energy winning.

Nabij het sluisencomplex zijn twee verschillende locaties geschikt voor inname van zout water: de Hoogovenhaven en de scheepvaartgeul richting de Noordersluis. Deze gebieden leveren de hoogste zoutgehaltes in de omgeving vanwege de aanwezigheid van de diepe vaargeul. Voor het lozen van het brakke water is het Buitenspuikanaal ideaal; lozing op deze plek zal minimale hinder veroorzaken voor de scheepvaart. Om dezelfde reden is het Binnenspuikanaal ideaal voor inname van zoetwater. In eerste instantie lijken het Spui-eiland en het Hoogoven-eiland daarmee het meest geschikt gelegen voor een Blue Energy centrale, vanwege de nabijheid van de diepe gebieden in de Buitenhaven aan de ene zijde en het Buitenspuikanaal aan de andere zijde, waar makkelijk geloosd kan worden.

Naast de beschikbare saliniteitsgradiënt biedt het sluizencomplex ook een goede kans voor andere redenen; de aanwezige infrastructuur (scheidingseilanden en toevoerkanalen) maakt het mogelijk de zout- en brakwater stromingen te scheiden en inlaatpunten makkelijk te integreren in de omgeving. Bovendien is de grond van het sluizencomplex in bezit van RWS.

#### 4.6 Stromingen

Voor het onderzoeken van de effecten van een Blue Energy centrale op stromingen en recirculatie problematiek is gebruik gemaakt van twee numerieke modellen; het Noordzeekanaal-model en het IJmond-model. Voor een uitgebreide beschrijving van de opzet en modelinstellingen van de toegepaste modellen zie bijlage A. Hieronder worden alleen de resultaten besproken.

Er zijn simulaties gedraaid voor twee verschillende scenario's, te weten een pilot centrale en een operationele centrale. Voor beide scenario's is een keuze gemaakt voor de locatie van de centrale en de inname- en lozingspunten. Dit onderzoek hiervan is beschreven in de vorige paragraaf. De volgende scenario's zijn beschouwd:

- Blue Energy pilot centrale. Vanwege de overwegingen zoals beschreven in de vorige paragraaf wordt gekozen voor een locatie langs het Noordzeekanaal. De locatie ligt nabij km 6, waar zowel het verticale zoutverschil als de variatie in zoutgehaltes gunstig is (zie ook Figuur 3.5). Lokaal wordt  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  zoet en  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  zout water onttrokken. Het brakke afvoerwater ( $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ) wordt geloosd 125 m ten westen van de innamepunten, dit om recirculatie bij voorbaat zo goed als mogelijk te voorkomen.
- Blue Energy operationele centrale. Vanwege de saliniteitsgradiënt tussen de Buitenhaven en het Noordzeekanaal wordt gekozen voor een centrale op het sluizencomplex nabij IJmuiden. Hier wordt de minimale daggemiddelde spui-afvoer benut als zoetwater-bron, wat ca.  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  is. Tegelijkertijd wordt  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  zout water uit de Buitenhaven ingenomen, onder de aanname dat de mengverhouding 1:1 is. Voor de inname van zoutwater zijn twee verschillende innamepunten beschouwd: de Hoogovenhaven (scenario 1) en de scheepvaartgeul richting de Noordersluis (scenario 2). Het brakke water wordt in beide scenario's geloosd in het Buitenspuikanaal in de Buitenhaven. In de Buitenhaven varieert de waterstand met een gemiddelde getijbeweging, en de afvoer over het spuicomplex is het jaarlijks gemiddelde spuidebiet van  $95 \text{ m}^3/\text{s}$  minus de  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  die in het scenario voor Blue Energy wordt benut.

Zie Figuur A1 (appendix A) voor de locaties van de inname- en uitlaatpunten voor de drie scenario's. Hierin is tevens aangegeven wat de optimale locatie voor een centrale is op het spuicomplex, vanwege de nabijheid van het zoute bodemwater in de Buitenhaven aan de ene zijde en het Buitenspuikanaal aan de andere zijde, waar makkelijk geloosd kan worden.

Het onderzoek van de stroompatronen en recirculatie aan de hand van de numerieke modellen heeft een verkennend karakter. De modelscenario's zijn sterk geschematiseerd, en resultaten dienen daardoor slechts voor een eerste verkenning van de effecten van een Blue Energy toepassing. Indien in een eventuele latere fase gedetailleerde berekeningen nodig zijn, zullen de modellen een slag nauwkeuriger opgezet moeten worden.

##### *Pilot centrale langs het Noordzeekanaal*

Voor de berekende stromingsvelden in het Noordzeekanaal zie Figuur A2 en Figuur A3. Duidelijk te zien is de oostwaarts gerichte stroming over de bodem en de westwaarts gerichte stroming aan het oppervlak. De onttrekking van  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  zoet en  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  zout water blijkt geen wezenlijke veranderingen in het huidige stroombeeld op te leveren. De verschillen in stroomsnelheden variëren slechts enkele cm/s, wat binnen de marge van de onzekerheid van

het model valt. Heel lokaal rond de onttrekking zijn de verschillen iets groter, in de orde van 10 cm/s. Het toegepaste model is echter niet geschikt om zulke lokale effecten rond een inname- / uitlaatpunt exact te modelleren, en moeten daarom met enige voorzichtigheid beschouwd worden. Kwantitatieve uitspraken zijn hier dus niet over te maken, wel kan opgemerkt worden dat de verandering op de stroompatronen in het NZK minimaal lijken te zijn.

#### *Operationele centrale nabij sluizencomplex*

De onttrekking van 40 m<sup>3</sup>/s zoetwater uit het Noordzeekanaal en lozing hiervan benedenstreams van de spuisluis levert geen wezenlijke veranderingen in stroompatronen in het kanaal op ten opzichte van de huidige situatie. Dit is dan ook niet verder onderzocht. Het enige verschil is dat een permanente onttrekking van 40 m<sup>3</sup>/s zal ontstaan versus de pulserende onttrekking met laag water op zee in de huidige situatie. Hierdoor zal het benodigde gespuide debiet tijdens laag water afnemen, wat constantere en lagere stroomsnelheden in het Noordzeekanaal zal veroorzaken.

De stroompatronen nabij het zout water inlaatpunt in de Buitenhaven worden wel sterk beïnvloed door de onttrekking van 40 m<sup>3</sup>/s water, en gelijktijdige lozing van 80 m<sup>3</sup>/s brak water. De optredende stroompatronen worden gepresenteerd in Figuur A4 t/m Figuur A7, die voor respectievelijk laag water en hoog water de stromingen aan het oppervlak en nabij de bodem laten zien voor scenario 1. De grootste verschillen treden op tijdens hoog water, doordat in de huidige situatie geen lozing plaatsvindt tijdens hoog water, terwijl in het Blue Energy scenario er continue geloosd wordt. De maximale verschillen treden op aan het oppervlakte en liggen rond de 0.4 m/s. Dit verschil lijkt significant, maar de absolute snelheden zijn aanzienlijk lager dan tijdens laag water, wanneer er volledig gespuid wordt. Tijdens laag water nemen de snelheden juist enigszins af aan het oppervlak vanwege het gereduceerde spuidebiet in het Blue Energy scenario.

#### **4.7 Recirculatie**

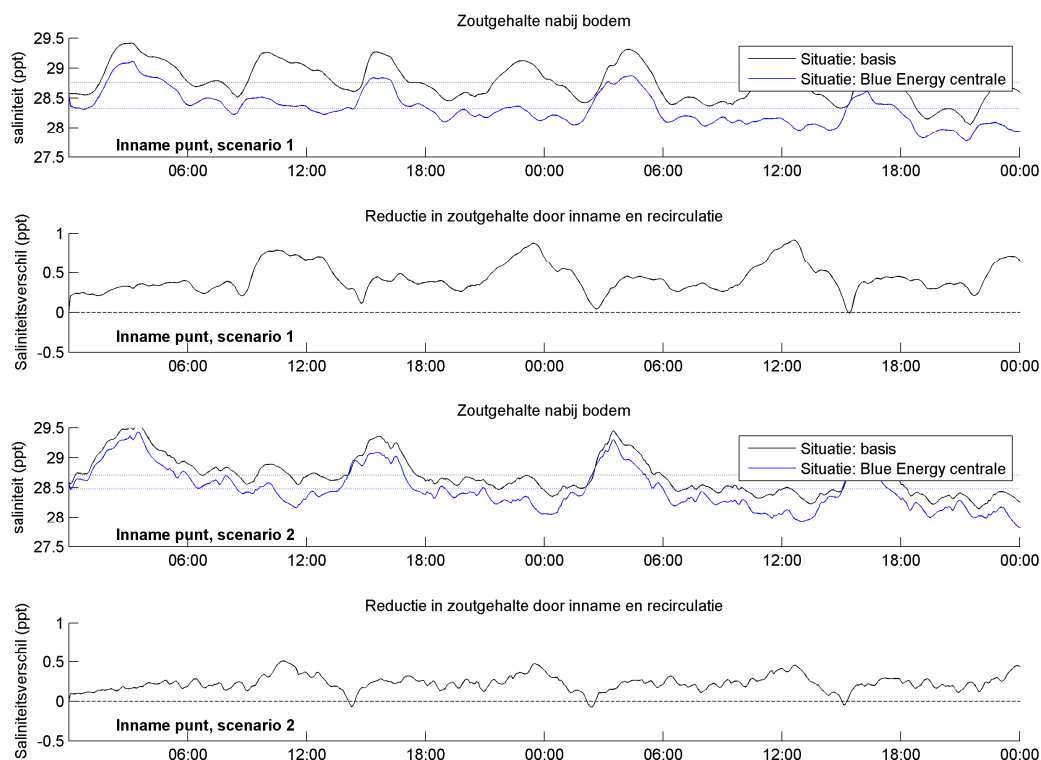
Met behulp van de numerieke modellen is ook gekeken naar de optredende recirculatiestromingen. Een recirculatiestroming ontstaat als een van beide innamepunten een aanzuigende werking heeft op het geloosde brakke water. Hiermee wordt effectief het ingenomen zoete dan wel zoute water vervuild met het brak water, waarmee het maximale zoutverschil gereduceerd wordt en het rendement van de centrale dus terugloopt.

#### *Buitenhaven*

Figuur 4.7 presenteert de zoutgehalten nabij de bodem op het zoutwater innamepunt voor scenario 1 en 2. De huidige situatie wordt vergeleken met de situatie met een Blue Energy centrale; het verschil hiertussen is hoofdzakelijk het gevolg van recirculatie, en in kleine mate verticale aanzuiging door de inname-stroming. Voor scenario 1 is de maximale reductie in zoutgehalte ongeveer 1ppt, voor scenario 2 is dit ongeveer ½ ppt. Dit zijn geen wezenlijke afnames, de reden hiervoor is dat de dynamiek in de Buitenhaven voor voldoende aanvoer van zout water zorgt en snelle opmenging en afvoer van het brakke water. Gesteld kan worden dat met slim ontwerp van de inlaatpunten en optimalisatie van de locaties hiervan, de recirculatie waarschijnlijk praktisch volledig voorkomen kan worden voor de beschouwde debieten (40 m<sup>3</sup>/s). Hierbij dient opgemerkt te worden dat uitgegaan is van een mengverhouding van 1:1. Dit ligt mogelijk hoger voor de PRO-techniek, waarbij mengverhoudingen van 1:2 (zoet:zout) worden genoemd. Een verdubbeling van het zoutwater debiet, en dus ook grotere brakwater debiet zou de recirculatie sterk kunnen beïnvloeden. Dit dient uitgebreid onderzocht te worden zodra het ontwerpstadium van een operationele centrale bereikt wordt.

### Noordzeekanaal

De recirculatie ten gevolge van de onttrekking van 1 m<sup>3</sup>/s zoet en 1 m<sup>3</sup>/s zout water, en lozing van 2 m<sup>3</sup>/s brak water in het Noordzeekanaal is minimaal (niet gepresenteerd in figuur). Het verschil in zoutgehaltes nabij de innamepunten varieert met maximaal ½ ppt, wat binnen de marge van de modelonzekerheid blijft.



Figuur 4.7 Zoutgehaltes nabij zoutwater innamepunt voor scenario 1 en 2. De huidige situatie wordt vergeleken met de situatie met een Blue Energy centrale. De reductie in zoutgehalte die optreedt, is het gevolg van recirculatie en verticale aanzuiging door inname.

## 4.8 Nautiek

De invloed van de spuistromen op de scheepvaart is zowel in de Binnenhaven als in de Buitenhaven (Noordersluis en Hoogovenhaven) altijd een belangrijk aandachtspunt geweest. Bij de aanleg van een Blue Energy centrale zal op zeker moment moeten worden nagegaan of door de positionering van het zoutwater innamepunt en de (vergroete) brakwaterlozing, geen extra hinder voor de scheepvaart in de Buitenhaven of op het Noordzeekanaal ontstaat. Dit speelt met name bij grote debieten. Een gunstig effect kan zijn dat de pieksnelheden ten gevolge van de lozing afnemen omdat de Blue Energy centrale de getijafhankelijke spuistroom deels door een constante afvoer vervangt. We gaan er op dit moment van uit dat uit een mogelijke hinder voor de scheepvaart geen wezenlijke beperkingen voortvloeien.

## 4.9 Morfologie

De verandering van het stromingsbeeld kan leiden tot veranderingen in sedimenttransport, met mogelijke neerslag of erosie van materiaal op plaatsen waar dat voorheen niet optrad. Enerzijds kan dit gebeuren doordat stromingsluwe locaties ontstaan, anderzijds kan juist de aantrekkende werking van de centrale hogere stromingen creëren die tot erosie leiden.

*Buithaven*

In bijvoorbeeld Bijlsma *et al.* (2007) is de aanslibbing van de vaargeul in de Buitenhaven van IJmuiden beschreven. Naast getijvulling en –lediging en neervorming in de havenmond, spelen ook dichtheidsstromingen veroorzaakt door de lozing van zoet water op de haven daarbij een rol. Hier biedt de bouw van een Blue Energy centrale mogelijkheden om het baggerbezwaar te verminderen, bijvoorbeeld als de dichtheidsstroming in de Buitenhaven enigszins kan worden gereduceerd door de brakke uitstroming van de centrale buiten de havendammen te lozen. Tevens wordt op die manier het zoutgehalte van het in te nemen zeewater mogelijk nog iets verhoogd en is eventuele recirculatie praktisch uitgesloten.

**4.10 Ecologie**

In het algemeen kan gesteld worden dat Blue Energy bepaalde effecten op zijn omgeving zal kunnen hebben. Deze zijn nog niet uitgebreid onderzocht, maar Icke (2009) noemt de volgende:

- Effecten waarschijnlijk te verwachten door voorzuivering, waarmee nutriënten, sediment, organische en anorganische stoffen worden verwijderd uit het water. Dit kan resulteren in een biologisch dode brakwaterlozing, wat lagere nutriëntenconcentraties bevat. Het effect hiervan, en of dit problematiek met zich mee kan brengen, is op dit moment nog niet eenduidig vast te stellen en hangt sterk samen met de ecologische situatie ter plekke.
- Effecten naar aanleiding van de aantasting van de waterkwaliteit van het oppervlakte water door lozingen waarin schoonmaakmiddelen zitten, gebruikt voor de reiniging van de membranen.
- Effecten op fauna: inname marine organismes in het leidingsysteem.

*Noordzeekanaal*

Tot 1921 had het Noordzeekanaal een zoet karakter. Door inlating van zout water uit de Zuiderzee in 1921 is daar verandering in gekomen. Door de continue toevoer van zout water door de schutuitwisseling bij IJmuiden is het Noordzeekanaal veranderd in een brakwater omgeving, wat unieke brakwater gemeenschappen heeft gevormd. Dergelijke geleidelijke zoet-zout overgangen komen in Nederland nog slechts sporadisch voor (Sportvisserij, 2009). Witteveen en Bos (2008) geeft aan dat in het Noordzeekanaal zich een ecosysteem heeft gevestigd dat is aangepast aan de brakke omstandigheden. De combinatie van sluizen, spui, polderwaterafvoer en zoetwater inlaten staat aan de basis van dit ecosysteem. Ook stellen zij dat in de nabije omgeving van de sluizen zich geen waardevolle natuurgebieden bevinden.

Mogelijke ecologische effecten langs het Noordzeekanaal die onderzocht moeten worden:

- Leidt een Blue Energy pilot centrale tot verticale zout opmenging? Bij grote debieten kan dit leiden tot verstoring van de zouttong, waardoor het oppervlaktewater zouter zou worden en de zouttong zoeter. Op deze manier zou de zouttong gestremd kunnen worden door de Blue Energy installatie. Vermindering van de zoutinstroom zou het estuariene brakke systeem in het Noordzeekanaal kunnen veranderen en mogelijk aantasten.
- De inname van mariene organismes in het leidingsysteem. Oplossingen zijn bekend van gelijksoortige situaties nabij bv. overlaten: inzetten van vis bypasses, vistrap en roosters om te zorgen dat organismes de centrale kunnen passeren / niet ingenomen worden.
- Inpassing centrale in omgeving.

*Buithaven*

De Buitenhaven bij IJmuiden is een ecologisch arme omgeving. Uit een inventarisatie van de ecologische kwaliteit van de Nederlandse zeehavens (Gittenberger, 2008) blijkt dat IJmuiden minder bio-divers is dan bv. Eemshaven, Den Helder, Rotterdam en Vlissingen. Alleen de haven van Terneuzen is minder bio-divers. Tot zekere mate wordt de vispopulatie in IJmuiden haven gedomineerd door slechts enkele exotische soorten, maar IJmuiden kent wel een redelijk unieke soortensamenstelling tov van de andere grote havens.

Mogelijke ecologische effecten die onderzocht moeten worden:

- Toename zoutgehalte en stroomdynamiek in het havengebied door aanzuigende werking van de Blue Energy centrale. Waarschijnlijk zijn de voorkomende soorten in de Buitenhaven gewend aan een deze veranderingen in zoutgehalte en stroomcondities door de natuurlijke variatie die hier al voorkomt. Toch punt van aandacht.
- De inname van mariene organismes in het leidingsysteem. Oplossingen zijn bekend van gelijksoortige situaties nabij bv. overlaten: inzetten van vis bypasses, vistrap en roosters om te zorgen dat organismes de centrale kunnen passeren / niet ingenomen worden.
- Afname nutriënten door filtering: dit kan leiden tot verandering in de samenstelling van de populatie. Soorten die beter bestand zijn tegen een minder nutriëntrijk milieu kunnen gaan domineren.
- Het slib in de haven van IJmuiden is redelijk sterk vervuild. Het opnemen van zout water uit de zouttong zou kunnen leiden tot beroering van de bodem, zodat de toxische stoffen (bijv dioxines) uit de bodem weer mobiel worden gemaakt.
- Inpassing centrale in omgeving. Het is de verwachting dat de ecologische effecten op de omgeving gering zullen zijn, aangezien de natuurwaarden in het gebied direct bij de sluizen en op de bedrijventerreinen beperkt is (zie ook Witteveen en Bos, 2008).

**4.11 Conclusies**

Voor een Blue Energy toepassing langs het Noordzeekanaal blijken de zoutverschillen niet gunstig. Het maximale verticale verschil tussen oppervlak en bodem is gemiddeld 15 ppt, wat verre van voldoende is voor een economisch rendabele energiecentrale. In een pilot toepassing is het economische belang echter minder groot, waarmee het Noordzeekanaal vanwege o.a. zijn beschutte klimaat nog steeds een potentiële locatie kan vormen voor een pilotproject.

Het zoutverschil over het spuicomples is ongeveer 25 ppt, wat voldoende blijkt te zijn voor netto energieproductie; de verwachte opbrengst ligt in de orde van 0.2 MW per m<sup>3</sup>/s zoet water. Als het volledige minimale afvoerdebiet van 40 m<sup>3</sup>/s door de centrale gevoerd zou worden, geeft dit een totale energieproductie van ca. 8 MW. Vergeleken met het standaard type windmolen (anno 2008) met een vermogen van 2-3 MW komt de energieproductie overeen met de energieproductie van ongeveer 3 tot 4 windmolens. Het spuicomples biedt daarmee een veelbelovende locatie voor Blue Energy winning.

Een verkennende modelstudie toont aan dat de stroompatronen in de Buitenhaven zullen veranderen door een Blue Energy centrale. Dit kan mogelijk gunstig zijn voor de scheepvaart, aangezien de maximale spuistroomsnelheden iets zullen afnemen. Recirculatie lijkt voor zowel een pilot als een operationele centrale geen wezenlijk probleem te gaan vormen. Het effect op de nautiek, morfologie en ecologie zijn nog niet eenduidig vast te stellen en dienen in een vervolgonderzoek meer aandacht te krijgen.

## 5 Spoor B: Actorenanalyse

### 5.1 Introductie

Naast de technische haalbaarheid willen we ook inzicht krijgen in de maatschappelijke haalbaarheid middels een actorenanalyse. Het doel van deze actorenanalyse is om de relevante actoren voor energiewinning uit zoet-zout gradiënten in het Noordzeekanaal, te identificeren en om vroegtijdig hun verantwoordelijkheden en belangen te verkennen. Iedere actor streeft zijn of haar eigen doelen en belangen na. Een innovatie, in dit geval Blue Energy, ligt niet automatisch in het verlengde daarvan. Informatie over actoren en hun belangen en initiatieven is dus belangrijk en noodzakelijk om de maatschappelijke haalbaarheid in te schatten. Tegelijkertijd geeft het inzicht in mogelijke win-win situaties waardoor de implementatie van de innovatie kan worden versneld.

Actoren zijn actief in een netwerk en hebben bepaalde beelden over de innovatie en over de doelen en belangen van de eigen en andere organisaties in het netwerk. We noemen deze beelden 'percepties'. Inzicht in deze vaak impliciete percepties van actoren binnen het netwerk en deze expliciet maken kan bijdragen aan het verder helpen van innovaties. Dit kan met behulp van een actorenanalyse.

Een actorenanalyse is een instrument om actoren en het netwerk waarin zij zich bevinden in beeld te brengen. De bijdrage van een actorenanalyse is in wezen driedig (Enserink, 2008):

- Het vergroot het inzicht in het krachtenveld rondom de innovatie en draagt daarmee bij aan een effectievere benadering van de implementatie van innovaties.
- Het verkleint de kans dat partijen vergeten worden bij het uitwerken en implementeren van een innovatie.
- Het vergroot de kans dat actoren willen meewerken aan het bereiken van de toepassing van een innovatie.

In dit hoofdstuk worden de uitkomsten van de actorenanalyse toegelicht. Allereerst wordt de voorbereidingsfase beschreven in paragraaf 5.2. In paragraaf 5.3 worden de resultaten van de interviews met actoren gepresenteerd. Vervolgens wordt het actoren netwerk geanalyseerd in paragraaf 5.4. Tenslotte worden in paragraaf 5.5 conclusies getrokken.

### 5.2 Voorbereidingsfase

#### 5.2.1 Workshop RWS Dienst Noord-Holland

Als voorbereiding op de actorenanalyse is er op 22 april 2009 een workshop bij RWS Dienst Noord-Holland georganiseerd. Het doel van deze workshop was om, gebruikmakend van de kennis bij RWS, een beeld te krijgen van alle relevante spelers, hun belangen en hun (mogelijke) rol bij het project 'Blue Energy Noordzeekanaal'. Er waren in totaal 19 deelnemers bij de workshop aanwezig: 13 personen van RWS Dienst Noord-Holland; 4 personen van Deltares; en 2 personen van de Waterdienst (zie Appendix C).

Allereerst werden er twee presentaties gegeven. De eerste presentatie gaf een inleiding op het doel van het project en de samenhang met het Duurzaamheidsprogramma van Rijkswaterstaat. De tweede presentatie ging over de Blue Energy techniek en benodigheden. Daarna is samen met de deelnemers een actorenanalyse uitgevoerd, zie Appendix D. Hierin werden zij gevraagd om (individueel) een aantal actoren en hun belang bij

het project op te schrijven. Vervolgens werden ervaringen met alternatieve energie en aandachtspunten uitgewisseld (als intermezzo).

De geïdentificeerde actoren zijn, door de deelnemers, geordend aan de hand van de driehoek 'initiatiefnemer – financier – realisator'. Hier kwam nog geen eenduidig beeld uit naar voren. Verder is door de deelnemers aangegeven hoe intensief de verschillende actoren bij het project (pilot Blue Energy Noordzeekanaal) betrokken zouden moeten worden. De actoren zijn zoveel mogelijk bij (individuele) naam genoemd. Actoren van eenzelfde sector zijn gebundeld, door de facilitatoren, waarbij wel de individuele namen staan vermeld. Er zijn in totaal 34 specifieke (groepen van) actoren onderscheiden. Vervolgens is in beeld gebracht wat de mogelijke rol van een actor is en welk belang de actor heeft (tweede en derde kolom Appendix D). Op basis daarvan is een inschatting gemaakt of het om een mogelijke mee- of tegenstander gaat (vierde kolom Appendix D). Uit de analyse kwam naar voren dat veel actoren verschillende petten op hebben en zowel medestander als tegenstander zouden kunnen zijn, afhankelijk van welk belang bij hen het sterkst speelt. Nader inzicht en strategisch communiceren is dan belangrijk. Voor elke actor is vervolgens een inschatting gemaakt of deze:

- a. Actief betrokken zou moeten worden bij het opzetten van de pilot
- b. Gericht geïnformeerd moet worden over de pilot (bv. expliciet uitnodigen om: aan te sluiten, kennis ter beschikking te stellen, randvoorwaarden mee te geven etc.),
- c. Via algemene informatie op de hoogte gebracht moet worden van het Blue Energy project (gelegenheid bieden om aan te haken).
- d. Later op de hoogte gebracht moet worden (bv. wanneer locatie bekend is of een volgende fase van het proces wordt ingegaan).

Deze mate van betrokkenheid staat aangegeven in de vijfde kolom van Appendix D. Op basis van deze categorie zijn de actoren tevens geordend, van 'actief betrekken' tot aan 'later informeren'.

## 5.2.2 Selectie stakeholders voor interview

In het kader van het project zijn een aantal interviews gedaan met relevante actoren. Het doel van deze interviews is om na te gaan hoe de actoren de mate van betrokkenheid zelf ervaren en hun rol en belang te achterhalen. In eerste instantie zouden de interviews alleen gericht zijn op het onderwerp Blue Energy. Uiteindelijk is echter besloten om de interviews te houden in het kader van het (bredere) project 'Energiegemaal IJmuiden'<sup>2</sup>, waarin naast Blue Energy ook gekeken wordt naar andere duurzame energiebronnen (wind, zon, etc.). In de interviews is Blue Energy echter elke keer nadrukkelijk ter sprake gebracht.

Uit de lijst met 34 actoren is een selectie gemaakt van, in eerste instantie, acht actoren waarmee een interview gehouden is. Deze selectie is gemaakt door Deltares en het bureau Maurits Groen Milieu en Communicatie (MGMC), in overleg met RWS Dienst Noord-Holland. Alle actoren uit de categorie 'actief betrekken' maken onderdeel uit van deze selectie, met uitzondering van Deltares en RWS Dienst Noord-Holland. Deze partijen zijn namelijk al bij het project betrokken en hebben deelgenomen aan de eerder beschreven workshop. Tevens zijn een aantal actoren geselecteerd uit de categorie 'gericht informeren'. Het belangrijkste selectie criterium hierbij was directe aanwezigheid en/of betrokkenheid in het Noordzeekanaalgebied. Verder is er expliciet voor gekozen om in dit stadium geen kennisinstellingen (bv. Wetsus, SenterNovem, Imares) of partijen die interessant zijn

2. In dit project hebben RWS Noord-Holland, WINN en het programma RWS Zeker Duurzaam afgesproken de krachten te bundelen en te verkennen of het mogelijk is om het gemaal om te vormen tot 'Europa's grootste energieleverende gemaal'. Er wordt gekeken naar besparingsmogelijkheden (bv. Energiemodule Beslissings Ondersteunend Systeem, BOS) op het gemaal, toepassing van duurzame energie bronnen (bv. windmolens) en toepassing van innovatieve energiebronnen (bv. Blue Energy).

vanwege hun technische kennis over Blue Energy (bv. REDSTACK, Osmose PRO) te benaderen voor een interview. In de periode van juni 2009 tot en met september 2009, zijn de onderstaande stakeholders benaderd en bereid gevonden om mee te werken aan een interview:

- Energieleveranciers:
  - Nuon
  - Eneco
- Overig bedrijfsleven:
  - Havenbedrijf Amsterdam
  - Corus (hoogovens)
  - Crown van Gelder N.V. (papierfabriek) \*
  - Schiphol Group\*
  - ORAM (Ondernemersvereniging Amsterdam)\*
- Overheden:
  - Klimaatbureau Amsterdam (onderdeel van de gemeente)\*
  - Provincie Noord-Holland
  - Waternet
  - Gemeente Velsen/Milieudienst IJmond
- Milieuorganisaties:
  - Milieufederatie Noord-Holland

Tijdens de interviews is gebruik gemaakt van de zogenaamde “sneeuwbal methode”, waarin de geïnterviewde gevraagd werd naar andere interessante partijen om te interviewen. Hierdoor zijn er nog vier actoren toegevoegd aan de interviewreeks (de actoren met een \*).

In Appendix E zijn een overzicht van de geïnterviewde personen en de gehanteerde vragenlijst weergegeven. Voor de interviewverslagen wordt verwezen naar de rapportage van MGMC (2010).

## 5.3 Resultaten interviews

### 5.3.1 Potentiële samenwerkingsverbanden

In deze paragraaf wordt beschreven wat de verschillende partijen uit een eventuele samenwerking met RWS Dienst Noord-Holland zouden willen halen. Hierbij wordt ook verwezen naar andere duurzame energiebronnen dan Blue Energy, omdat deze deel uit maken van het (bredere) project ‘Energiegemeaal IJmuiden’.

#### **Energieleveranciers**

##### *NUON*

NUON wil investeren in technologie die werkt en dan ook grootschalige projecten. De focus ligt vooral op windenergie en biomassa. In de koers die NUON aanhoudt zou een windproject in het Noordzeekanaalgebied voor het bedrijf wel interessant kunnen zijn, maar dan bij voorkeur onderdeel moeten zijn van een veel groter project met meer locaties.

Voor NUON ligt het accent in de eerste plaats op de stroom die ze in projecten kan opwekken. Wat dat betreft is de ambitie van RWS Dienst Noord-Holland om de stroom zelf te willen gebruiken wel een lastige, al is daar vast wel weer een mouw aan te passen door de opgewekte stroom via NUON direct weer terug te leveren.

### *Eneco*

Eneco heeft grote interesse voor kleinere regionale projecten. Deze interesse vloeit voort uit haar doelstelling: 'samen bouwen aan een netwerk van duurzame decentrale opwekking'. Daarin is Eneco meer een balancerende partij dan puur een leverancier. Dit betekent dat Eneco ook een rol voor zich ziet weggelegd in het geval dat RWS de energie direct zelf zou willen gebruiken (Eneco voelt de drive om zelf energie te willen opwekken goed aan). Welke rol en hoe een eventuele samenwerking vormgeven is juist iets wat Eneco 'on the job' wil uitvinden (is ook maatwerk). Opvallend is de actieve inzet (samen met klanten) op zonne-energie. Tenslotte, is Eneco een interessante partij om te betrekken vanwege haar kennis op energie gebied.

### **Overig bedrijfsleven**

#### *Havenbedrijf Amsterdam*

Het havenbedrijf wil zelf verduurzamen, maar is als uitvoerende organisatie van de gemeente Amsterdam niet de partij om deel te nemen in een eventuele 'eigen' opwekking. Het havenbedrijf stelt belang in duurzame activiteiten in de haven: bedrijven, schepen en de keten kunnen bijdragen aan haar ambitie/beoogd imago. Deze ambitie is om de meest duurzame haven van de wereld te worden. Binnenhalen van een duurzaam project van RWS - hoewel de organisatie ook dan gewoon als 'een klant' wordt behandeld - kan vanuit dat oogpunt wel aantrekkelijk zijn. Tegelijkertijd vindt het havenbedrijf het belangrijk om in het oog te houden dat activiteit daar 'past'. Dat wil zeggen dat de geplande activiteit het liefst relatie heeft met water, laden-lossen of deze kernactiviteiten niet in de weg zitten. Tenslotte, wil het havenbedrijf op civieltechnisch gebied en in de locatiekeuze een adviserende rol spelen.

#### *Corus*

Corus benadrukt dat de balans tussen baten-lasten een zeer belangrijke randvoorwaarde is: het moet altijd economisch interessant zijn voor het bedrijf. Ze hebben weinig belangstelling voor zon (toch al niet profijtelijk) en wind, alleen al om de reden dat de installaties in de weg kunnen gaan zitten. Zonnepanelen op de daken verkleinen bijvoorbeeld de flexibiliteit om gebouwen aan te passen en windmolens claimen met veiligheidszones veel ruimte. Ook (wind)initiatieven in de buurt van het terrein worden kritisch bekeken (veiligheid, kans op incidenten en dan stremming scheepvaart). De aandacht gaat nu in hoofdzaak uit naar de grote warmtekracht centrale die Corus naar verwachting binnenkort zal bouwen. Wat betreft Blue Energy ligt volgens Corus juist op deze plek in het NZK-gebied misschien wel een kans. Hier kun je beschikken over het echt zoute zeewater, terwijl er mogelijk een geschikte afvalstroom zoet water van Corus wordt geloosd. Corus heeft n.a.v gesprek onmiddellijk situatie eigen zoete afvalwater nagetrokken, helaas was dit een weinig interessante bron omdat de hoeveelheid zoet water erg gering is.

#### *Crown van Gelder N.V. (CVG)*

CVG opereert vooral in de markt voor speciaal Grafisch en Industrieel papier, en vervaardigt dit ter plekke uit aangevoerde balen papierpulp (cellulose). Het proces is zeer energie-intensief, vooral door de behoefte aan warmte om de papierbaan te drogen. CVG heeft hiervoor een eigen Warmte Kracht Centrale. Een deel van de energie die deze centrale op wekt, wordt teruggeleverd aan het net (op dit moment middels een contract met een energiebedrijf).

Wat betreft windenergie geeft CVG aan dat de procedures voor het plaatsen van windturbines bij het bedrijf erg veel rompslomp op zouden leveren vanwege risicocontouren. Bovendien zijn windmolens langs dit deel van het Noordzeekanaal uitgesloten (bestemmingsplan)

*Schiphol Group (SG)*

Schiphol heeft een klimaatplan met twee peilers: een blauwdruk energie en een visie op duurzame mobiliteit. Bij het eerste: SG streeft naar klimaatneutraliteit voor de eigen activiteiten in 2012. In 2020 wil SG 20% van de door haar gebruikte energie zelf duurzaam opwekken. In hetzelfde jaar wil ze dat 30% minder CO<sub>2</sub> wordt uitgestoten op locatie, dus in samenwerking met de partijen die op haar luchthaventerrein. Bij eigen energieopwekking wordt in principe gedacht aan opwekking op deze locatie.

De ambities van RWS voor wat betreft Blue Energy en eventuele kansen van biomassa uit beheer, worden verder binnen de organisatie besproken. Daarbij wordt ook nagegaan of Schiphol überhaupt wel iets buiten het luchthaventerrein zou willen ondernemen.

*Amsterdamse ondernemersvereniging ORAM*

ORAM is belangenbehartiger voor het bedrijfsleven in de regio Amsterdam. Ze geeft aan dat haar betrokkenheid vooral zou bestaan uit het leggen met verbindingen met bedrijven die actief zijn in innovatieve energie-oplossingen. Ze denkt dat het doelmatiger is om nader contact te hebben op het moment dat duidelijker is welke richting het project op gaat.

**Overheden***Klimaatbureau Amsterdam*

Welke rol de gemeente Amsterdam de komende tijd zelf gaat spelen in het bereiken van een schaa sprong in duurzame energie is op dit moment nog niet helemaal duidelijk. De focus heeft tot nu toe steeds gelegen op lokaal opwekken, dus letterlijk binnen de gemeentegrenzen.

*Provincie Noord-Holland*

De provincie ziet zichzelf niet als een partij om te participeren, wel om te stimuleren<sup>3</sup> en faciliteren. Daarmee kunnen ze bijdragen aan de realisatie die past in haar beleid en afspraken met het Rijk (inspanningsverplichting wind). Verder zou de provincie kunnen bijdragen aan het vervolgproces door hun goede contacten met bedrijven en gemeenten in het gebied. De provincie kent vanuit haar relaties de ambities, plannen en initiatieven van verschillende partijen.

*Waternet*

Waternet wil verduurzaming van de eigen organisatie, onder meer om de CO<sub>2</sub>-footprint te verkleinen. Ze hebben ideeën/gaan mogelijkheden inventariseren om zelf energie te gaan opwekken. Echter er zijn beperkte middelen voorhanden en niet alle twee de opdrachtgevers (waterschap Amstel, Gooi en Vecht en de gemeente Amsterdam) van deze uitvoeringsorganisatie zijn enthousiast over het idee om op locaties om meer te doen dan primaire taken. Voor alle belangrijke beslissingen (ook die over eventuele samenwerking) geldt dat deze door de bestuurders worden genomen. Waternet zal bij een eventueel gezamenlijk optrekken met RWS zeker een deel van de opgewekte stroom uit een dergelijk project voor de verduurzaming van de eigen organisatie willen gebruiken. Eventuele meerwaarde van samenwerking zit in een (gezamenlijk) kunnen bereiken kritische massa voor een project, terwijl locaties van de ene partij interessant kunnen zijn voor de ander.

---

3. Door het instrument *inpassingsplan* uit de nieuwe wet Ruimtelijke Ordening heeft de provincie iets meer mogelijkheden om gemeente te sturen op windenergie. Gemeenten krijgen een (kleine) subsidie voor het opstellen van een windplaatsingsplan ten behoeve van hun bestemmingsplannen. Voor windenergie op zich wordt door het Rijk SDE-subsidie verstrekt.

*Gemeente Velsen/Milieudienst IJmond*

De ambities van de gemeenten in het gebied zijn bescheiden. Voorzichtige eigen initiatieven in gebied waren/zijn gericht op warmte koude-opslag (IJmuiden, Beverwijk). Ze kunnen en willen wel meedenken vanuit hun gebiedskennis (o.a. goed inzicht in wat in IJmond al speelt op gebied van wind).

**Milieuorganisaties***Milieufederatie Noord-Holland*

De Milieufederatie Noord-Holland is genuanceerd kritisch: een 'waar kan het wel?-visie v.w.b. inpassing windmolens; geen categorisch oordeel over biomassa. De organisatie geeft aan dat ze graag vanuit een breed perspectief doelen verbindt (voorbeeld: Blue Energy koppelen aan vernatting of verbrakking). De Milieufederatie profileert zich in het gesprek als een 'meedenker'.

## 5.3.2 Bekendheid met Blue Energy

Uit de interviews blijkt dat, hoewel de meeste actoren zelf geen expertise op dit gebied in huis hebben, ze wel bekend zijn met het concept van Blue Energy (bv. bij de Afsluitdijk). Voor zover partijen er bekend mee zijn, worden er echter geen snelle doorbraken verwacht. Het is volgens de meesten iets dat op de (middel)lange termijn zou kunnen spelen.

Uit de interviews blijkt dat actoren van mening zijn dat deze techniek in ons land een enorme potentie heeft. NUON steekt een bescheiden bedrag in het stimuleren van onderzoek (Wetsus, Leeuwarden) maar ziet toch vooral veel technische problemen, met name de vervuiling van membranen. Deltares heeft NUON benaderd voor experimenten met Blue Energy in het Noordzeekanaal-gebied, maar heeft daar van NUON nog geen positief antwoord op gekregen. Dit is ook één van de zaken om met Vattenfall<sup>4</sup> te bespreken. Het is moeilijk om er nu iets met zekerheid over te zeggen.

Waternet heeft zelf weinig nagedacht over Blue Energy. Ze weten dat Wetsus hier onderzoek naar doet. Waternet schat dat er nog wel minimaal 5 jaar onderzoek nodig is voordat deze techniek toepasbaar is. Ook lopen volgens hen de meningen over de potentie van deze innovatieve manier van energieopwekking uiteen.

## 5.3.3 Potentiële zoetwaterbronnen en locaties

Uit de interviews blijkt dat Blue Energy wel tot de verbeelding spreekt. Er is namelijk direct flink meegedacht over mogelijke zoetwaterstromen en locaties. Deze zullen hieronder besproken worden. De kwantitatieve gegevens van de zoetwaterstromen zijn, voor zover bekend, beschreven in paragraaf 4.3.

*Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland -leiding*

Water uit een leiding van de Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland is mogelijk interessant. De kosten hiervan zijn 20 cent/m<sup>3</sup>. Voordeel van deze zoetwaterbron is dat de infrastructuur al aanwezig is. Er zijn drie leidingen in het gebied, de ene haalt water vanuit het Markermeer (bij Andijk), de andere twee vanuit de Rijn (bij Nieuwegein). Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland levert onder meer aan de Amsterdamse Waterleidingduinen, Corus en Crown van Gelder.

4. Nuon is recent overgenomen door het Zweedse Vattenfall. De consequenties van deze overname op bijvoorbeeld de bedrijfsvoering zijn op het moment van het interview nog niet duidelijk.

*RWZI effluent*

Ook het effluent van RWZI's kan mogelijk gebruikt worden als zoetwaterbron voor Blue Energy. Er zijn twee RWZI's van Amsterdam, die Waternet beheert, langs het Noordzeekanaal: Amsterdam West en Amsterdam Westpoort. Het effluent is zoet en bevat weinig zwevende stoffen. Waterschap Amstel, Gooi en Vecht is de eigenaar van deze RWZI's en zij is niet erg happig op ontwikkelingen die niet bijdragen aan de kernactiviteit. Waarschijnlijk zullen ze dus niet in een Blue Energy project willen investeren. Mogelijk willen ze wel hun effluent afstaan. Naast de RWZI's bij Amsterdam zijn er nog twee RWZI's in het Noordzeekanaalgebied, bij Velsen en Beverwijk.

Een zorgpunt bij het gebruik van RWZI effluent is de kwaliteit van het water. Mogelijk is over 5 tot 10 jaar de membraantechnologie (4<sup>e</sup> trapszuivering) overal doorgevoerd en is dit geen punt van zorg meer. Een voordeel bij het gebruik van RWZI effluent is dat een Blue Energy centrale in de waterketen te plaatsen is. Daarmee past een centrale goed in het geheel.

*Blue Energy als schakel in het waterbeheer*

Een Blue Energy centrale kan mogelijk als schakel in het waterbeheer ingezet worden. Zo biedt een dergelijke centrale kansen voor een waterrijke omgeving. Allereerst zou men bijvoorbeeld zoet water in kunnen laten in bepaalde gebieden voor recreatie, natte natuur en wonen (aan het water). Daarna zou het zoete water ingezet kunnen worden voor het opwekken van Blue Energy. Vervolgens is er nog een derde gebruiksmogelijkheid in een dergelijke keten, het effluent van een Blue Energy centrale zou namelijk gebruikt kunnen worden voor het verbraken van polders (voor natuurdoelen).

*Effluent bedrijven in het gebied*

Naast het effluent van RWZI's kan mogelijk ook het effluent van bedrijven in het gebied gebruikt worden voor Blue Energy. Zo heeft Crown van Gelder een eigen zuivering. Ook Corus heeft n.a.v. gesprek onmiddellijk situatie eigen zoete afvalwater nagetrokken, helaas was dit een weinig interessante bron.

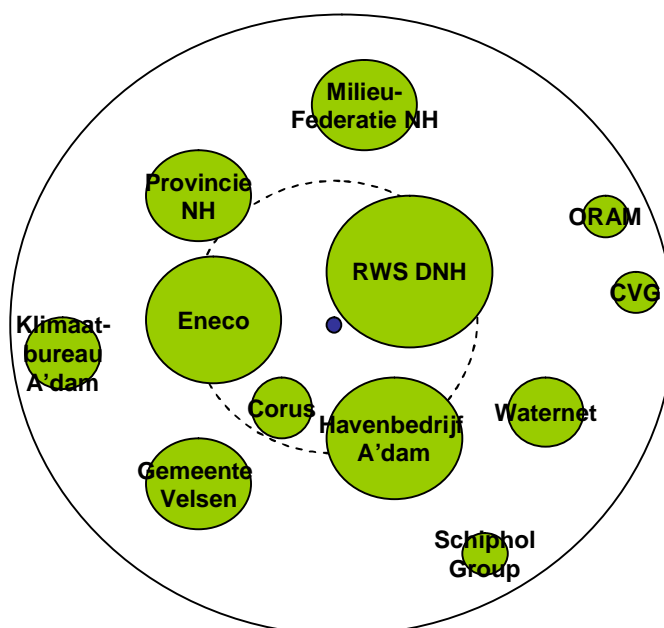
*Mogelijke locaties*

In de interviews worden een aantal beschikbare locaties genoemd. In Appendix F is een overzichtkaart van het Noordzeekanaalgebied te vinden, waarin de verschillende terreinen en locaties aangegeven staan. De volgende locaties werden aangedragen:

- Bij één van de Amsterdamse RWZI's is nog wat grond beschikbaar, welke gereserveerd is voor een eventuele extra zuiveringstrap. Deze grond is op dit moment voor tijdelijk (voor 5 jaar) verhuurd aan een andere partij.
- Bij de RWZI van Velsen is een lege bufferzone (geurcontour), ter grootte van een voetbalveld, naast het terrein aanwezig.
- Het Corus-terrein naast de Averijhaven wordt door de geïnterviewden van Corus als eventuele locatie genoemd, mocht het (na een verkennend onderzoek) tot een gezamenlijke proef komen.
- Terrein de Grote Hout (naast Crown van Gelder) wacht nu op klanten. Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland leiding en aftakking naar Crown van Gelder lopen langs de randen van dit terrein.
- Terrein van DSM: DSM zit nu bij de spuisluis, maar gaat haar bedrijvigheid daar eind 2009 stoppen. Er staat daar een grote amoniaktank. Is hier wellicht plaats voor de RED-techniek (in combinatie met windenergie)?

#### 5.4 Netwerkanalyse

In de onderstaande figuur zijn de posities – betrokkenheid en belang – van de geïnterviewde actoren samengevat. De grootte van de bol geeft de mate van betrokkenheid weer, dus hoe groter de bol des te meer betrokken de actor is. De afstand tot het midden van de cirkel geeft de mate van invloed, op de pilot Blue Energy, aan.



Figuur 5.1 Netwerkanalyse. De grootte van de bol geeft de betrokkenheid van een partij aan. De afstand tot het centrum de invloed op de pilot Blue Energy.

Uit de bovenstaande figuur kunnen we concluderen dat RWS Dienst Noord-Holland, Havenbedrijf Amsterdam en Eneco veel belang en invloed op het project hebben. Het is dus aan te raden om deze partijen in een vroeg stadium te betrekken. Verder hechten de Provincie Noord-Holland, Gemeente Velsen en de Milieufederatie Noord-Holland ook veel belang aan de pilot. Zij hebben minder invloed en/of zijn minder direct betrokken. Toch zijn ook dit belangrijke partijen om mee te laten denken. Verder is Corus een belangrijke speler, die veel invloed heeft op het gebied rond het gemaal. Doordat Corus minder geïnteresseerd lijkt in de pilot, zal het echter meer moeite kosten om hen er bij te betrekken.

## 5.5 Conclusies

Op basis van de actorenanalyse kunnen we concluderen dat de benaderde partijen neutraal of positief tegenover Blue Energy staan. We kunnen dan ook concluderen dat er op dit moment voldoende draagvlak voor een Blue Energy centrale lijkt te zijn bij de actoren in de omgeving. Het is daarentegen nog te voorbarig om te stellen dat een Blue Energy centrale maatschappelijk haalbaar is. De meeste partijen verwachten niet dat er op korte termijn een centrale zal worden gerealiseerd en zolang het nog in de verre toekomst ligt worden de echte pijnpunten vaak nog niet gezien of gevoeld. De meeste stakeholders geven aan op de hoogte te willen blijven van het project. Voor een aantal zou een actievere rol in het vervolgproces mogelijk zijn. Dit kan zijn vanwege hun kennis op energiegebied, hun sociale netwerk, beschikbare ruimte en/of zoetwaterstroom.

## 6 Conclusies en aanbevelingen

In deze verkenning is de potentie van het Noordzeekanaal voor energiewinning uit zoet-zout gradiënten, ook wel Blue Energy genaamd, onderzocht. De verkenning richt zich zowel op de technische als de maatschappelijke haalbaarheid. Het onderzoek is in twee hoofdsporen uitgevoerd: de technische haalbaarheid (spoor A) en een actorenanalyse (spoor B). In dit hoofdstuk worden de resultaten van beide sporen gepresenteerd en geïntegreerd. Allereerst worden in paragraaf 6.1 conclusies getrokken over de fysieke condities in het Noordzeekanaal en de mogelijke locatie(s) voor een Blue Energy centrale. In paragraaf 6.2, wordt geconcludeerd wat de relevante actoren zijn voor het project en op welke manier zij in het vervolgproces zouden kunnen participeren. Paragraaf 6.3 vat vervolgens de kansrijke aspecten en de mogelijke bottlenecks voor Blue Energy langs het Noordzeekanaal samen. Tenslotte worden in paragraaf 6.4 aanbevelingen voor het vervolgproces en voor vervolgonderzoek gedaan.

### 6.1 Condities Noordzeekanaal en locatie Blue Energy centrale

*Onderzoeksvraag: Zijn de condities langs het Noordzeekanaal geschikt voor energiewinning dmv Blue Energy? Zo ja, wat is de meest gunstige locatie voor energiewinning dmv Blue Energy, voor zowel een pilot centrale als een operationele centrale?*

#### Noordzeekanaal – pilot toepassing

De zoutverdeling in het Noordzeekanaal laat een duidelijke gelaagdheid zien, waarbij de zoutgehalten aan de bodem hoger zijn dan aan het oppervlak. Het gaat hier om een zoutgehalte van maximaal 20 ppt aan de bodem en ca. 4 ppt aan het oppervlak. Er kan worden gesteld dat zowel de verticale als de horizontale zoutgradiënten in het Noordzeekanaal dusdanig laag zijn dat een Blue Energy toepassing hier nu, en ook in de nabije toekomst, niet rendabel zal zijn. Deze conclusie is gebaseerd op resultaten van een rekenmodel dat de energiebalans van een PRO centrale beschouwt. Ondanks het lage benutbare zoutverschil in het Noordzeekanaal, kan de oever van het kanaal echter wel een gunstige locatie voor een pilot project vormen. Dit om de volgende redenen:

- een pilot hoeft niet noodzakelijkerwijs rendabel te zijn, maar kan dienen ten behoeve van kennisontwikkeling en kan bijdragen aan het innovatieve imago van IJmuiden;
- het Noordzeekanaal biedt een beschermd milieu, dit in tegenstelling tot de Buitenhaven waar golven, wind en getij voor zwaardere omgevingscondities zorgen;
- het gebied is gemakkelijk toegankelijk;
- er treedt geen interferentie met spui / schutactiviteiten en (in mindere mate) nautiek op.

Vanwege de afname in zoutgehalte in oostelijke richting is een plek zo westelijk mogelijk langs het Noordzeekanaal het meest gunstig voor een Blue Energie pilot. Een eerste data-analyse laat zien dat nabij het sluizencomplex grotere fluctuaties in zoutgehalten optreden over het jaar, ten gevolge van spui-activiteiten en industriële lozingen. Dit zou pleiten voor een locatie enigszins verwijderd van het complex (rond km. 4-6), waar constantere zoutcondities optreden maar nog steeds een redelijke verticale saliniteitsgradiënt aanwezig is. De stromingscondities in het Noordzeekanaal zijn gunstig voor een Blue Energy pilot centrale. Initiële modelresultaten suggereren dat een vrij kleine onttrekking van 1 m<sup>3</sup>/s geen significante impact op de stroming in de omgeving heeft en ook niet zal leiden tot recirculatieproblemen.

### Sluizencomplex – operationele toepassing

Het zoutgehalte in de Buitenhaven van IJmuiden (ca. 28 ppt) is aanzienlijk hoger dan in het Noordzeekanaal, en biedt daarmee een uitgelezen kans voor Blue Energy toepassing, zowel voor een pilot- als een operationele toepassing. Door de harde scheiding tussen zout en zoet water kan hier optimaal gebruik worden gemaakt van het saliniteitsverschil tussen het zeewater en het zoetwaterafvoer van het Noordzeekanaal. Het verschil in zoutgehaltes tussen de twee watermassa's blijkt voldoende te zijn voor netto energieproductie; de verwachte opbrengst ligt in de orde van 0.2 MW per m<sup>3</sup>/s zoet water. Door het spuidebiet is een continue aanvoer van zoet water gegarandeerd. Als het volledige minimale afvoerdebiet van 40 m<sup>3</sup>/s door de centrale gevoerd zou worden, geeft dit een totale energieproductie van ca. 8 MW. Vergeleken met het standaard type windmolen (anno 2008) met een vermogen van 2-3 MW komt de energieproductie overeen met de energieproductie van ongeveer 3 tot 4 windmolens.

Het zoutgehalte van het Noordzeekanaal-water is door zoutindringing door de sluizen vrij hoog (van ca. 4 ppt), wat ongunstig is voor Blue Energy energieproductie. Bij een verlaging van het zoutgehalte van het zoete water naar 1 ppt zou de verwachte opbrengst ongeveer verdubbeld kunnen worden naar gemiddeld 0.4 MW per m<sup>3</sup>/s zoet water. Dit is gelijk aan een totale energieproductie van 16 MW.

Initiële modelsimulaties laten zien dat het te verwachten effect van recirculatie niet groot is. Door slimme keuze en ontwerp van de zoutwater-inlaatpunten en de brakwater afvoerstroam kan het nadelige effect, ten gevolge van recirculatie, waarschijnlijk voorkomen worden. Idealiter worden de inlaatpunten voor het zoete water aan het oppervlak van het Noordzeekanaal geplaatst, en de inlaatpunten voor het zoute water zo diep mogelijk in de Buitenhaven, d.w.z. in de vaargeul. Dit mag uiteraard geen negatief effect hebben op de scheepvaart. Ondanks dat initiële berekeningen laten zien dat dit niet het geval is, zal hier zorgvuldig naar gekeken moeten worden in een vervolgstadium.

Het sluizencomplex biedt een geschikte locatie voor een Blue Energy centrale vanwege de nabijheid van zowel zoet als zout water, het grondbezit van RWS en de aanwezige infrastructuur (scheidingseilanden en toevoerkanalen). Door deze infrastructuur kunnen stromingen gescheiden worden en inlaatpunten gemakkelijk geïntegreerd worden. Het Spui-eiland en het Hoogoven-eiland zijn ideaal gelegen. Dit vanwege de nabijheid van de diepe gebieden in de Buitenhaven – dus hoogste zoutgehaltes – aan de ene zijde en het Buitenspuikanaal aan de andere zijde, waar gemakkelijk geloosd kan worden met minimale hinder voor de scheepvaart.

De bovenstaande conclusies geven slechts een globale indicatie van een mogelijke locatie voor een Blue Energy centrale. Om een specifiek antwoord te kunnen geven op de vraag wat de meest gunstige locatie is voor zowel een pilot toepassing als een operationele centrale, is het nodig rekening te houden met verschillende aspecten die hier nog niet beschouwd zijn. Hierbij kan gedacht worden aan; beschikbaarheid grond, toegankelijkheid bouwterrein, afstand tot innamepunten, inpassing in de omgeving, andere functies in de nabijheid etc. Deze zullen in een vervolgfase aan bod moeten komen.

## 6.2 Relevante actoren en participatie in het vervolgproces

*Onderzoeksvraag: Welke relevante actoren zijn aanwezig in het gebied, welke belangen hebben zij en op welke manier moeten zij betrokken worden bij een eventueel Blue Energy project?*

Uit de actorenanalyse is gebleken dat RWS Dienst Noord-Holland, Havenbedrijf Amsterdam en Eneco veel belang bij en invloed op het project hebben. Het is dus aan te raden om deze partijen in een vroeg stadium te betrekken. Verder hechten de Provincie Noord-Holland, Gemeente Velsen en de Milieufederatie Noord-Holland ook veel belang aan de pilot. Zij hebben minder invloed en/of zijn minder direct betrokken. Toch zijn ook dit belangrijke partijen om mee te laten denken. Verder is Corus een belangrijke speler, die veel invloed heeft op het gebied rond het gemaal. Doordat Corus minder geïnteresseerd lijkt in de pilot, zal het echter meer moeite kosten om hen er bij te betrekken.

Uit de actorenanalyse is ook gebleken dat alle partijen neutraal of positief tegenover Blue Energy staan; er is dus draagvlak voor een eventuele centrale. Wel gaven de benaderde actoren aan dat het nodig is om het concept meer te concretiseren, o.a. aan de hand van de onderstaande vragen:

- *Hoe snel kan dit gaan spelen?*
- *Hoeveel ruimte is er precies nodig?*
- *Over welke volumes voedingswater en brak effluent heb je het dan?*

De beantwoording van deze vragen zal in het vervolgproces plaats moeten vinden. Tot slot, willen we hier opmerken dat de resultaten uit deze actorenanalyse gebaseerd zijn op beperkte informatie uit een aantal interviews. Daarom moet betrokkenheid en invloed van de verschillende actoren in het vervolgproject 'Energieleverend gemaal IJmuiden' verder uitgezocht en ingevuld worden.

## 6.3 Kansrijke aspecten en mogelijke bottlenecks

*Onderzoeksvraag: Wat zijn kansrijke aspecten en waar zitten bottlenecks voor de haalbaarheid van een Blue Energy centrale langs het Noordzeekanaal?*

*Kansrijk*

- Het uitvoeren van een pilot project langs het Noordzeekanaal kan dienen ten behoeve van kennisontwikkeling en zal bijdragen aan het innovatieve imago van IJmuiden.
- Op het sluisencomplex en langs het Noorzeekanaal is voldoende ruimte beschikbaar voor een testfaciliteit. Uit de actorenanalyse blijkt dat er in het gebied, naast door RWS beheerde grond, meer ruimte beschikbaar is bij een aantal stakeholders. Voor een pilot langs het Noordzeekanaal zijn geen grote ingrepen in de bestaande infrastructuur vereist. Tevens zijn er weinig omgevingsrisico's aan verbonden.
- De harde scheiding tussen zoetwater en zoutwater die het sluisencomplex vormt, biedt een uitermate geschikte locatie voor een operationele Blue Energy centrale. In Nederland zijn er slechts enkele locaties die eenzelfde kans bieden. Het sluisencomplex biedt voldoende beschikbare ruimte voor een centrale. Er zijn geen grote ingrepen in de infrastructuur vereist om stromingen te scheiden; de huidige configuratie van het spuicomplex, met zijn eilanden en aanvoerkanalen is ideaal hiervoor. Dit is bevorderlijk voor het voorkomen van recirculatiestormen.
- Door de spuisluis wordt een debiet van minimaal ca. 40 m<sup>3</sup>/s zoetwater geloosd in de Buitenhaven, die momenteel volledig onbenut blijft. De gegarandeerde afvoer biedt een constante aanvoer van zoetwater die volledig kan worden ingezet voor Blue Energy

opwekking. Zo kan een deel van de energieconsumptie die gemoeid is met het gemaal eenvoudig terugverdiend worden.

- Door uitsluitend gebruik te maken van de spuiafvoer wordt voorkomen dat de waterhuishouding van het Noordzeekanaal negatief wordt beïnvloed. Andersom redenerend kan een Blue Energy centrale juist gezien worden als peilbeheersings-instrument. In wezen is een Blue Energy centrale een energieleverende pomp, die zodoende ingezet kan worden om het peilniveau te reguleren.
- Er kan potentieel gebruik gemaakt worden van zoetwaterbronnen met lagere zoutgehaltes dan het Noordzeekanaal water. Dit zal het rendement van een Blue Energy centrale verhogen. Mogelijke bronnen zijn bijvoorbeeld gemalen die lozen op Noordzeekanaal, afvalwater RWZI's en industriële koelwaterlozingen.
- Bij de debieten die met een operationele centrale gemoeid zijn zullen met name aan de zeezijde veranderingen in stroompatronen optreden. Door het inname- en lozingspunt slim te positioneren kan deze verandering mogelijk bij dragen aan het afnemen van de slibtoevoer naar de Buitenhaven. Daarmee zou het baggerbezwaar van de Buitenhaven gereduceerd kunnen worden.
- De piekstromsnelheden in de Buitenhaven zullen afnemen doordat de getij-afhankelijke afvoer deels vervangen wordt door een constante Blue Energy afvoer. Dit is gunstig voor de scheepvaart, wat rekening moet houden met de hoge stroomsnelheden door de spuistroom.
- Als de membraantechnologie verder ontwikkeld wordt zou in de toekomst Blue Energy winning eventueel ook bij lagere concentratieverschillen mogelijk worden. Dit zou betekenen dat de energiewinst per m<sup>3</sup> water hoger kan uitvallen dan in dit rapport wordt gepresenteerd, en dat mogelijk in de toekomst ook langs het Noordzeekanaal zelf Blue Energy rendabel kan worden.
- Uit de actorenanalyse, waarin gekeken is naar belangen van actoren in het gebied, blijkt een mogelijk pluspunt van Blue Energy dat het – anders dan zon of windmolens – dicht bij de core business van partijen staat die iets met afvalwaterbehandeling of waterbeheer hebben. Het watergebonden karakter van een centrale kan ook een pre zijn bij het vinden van vestigingsplaatsen in een havengebied. Tevens staan alle geïnterviewde actoren neutraal of positief tegenover Blue Energy, er is dus voldoende draagvlak.

#### *Bottlenecks*

- De Blue Energy technologie is nog niet bewezen buiten testopstellingen. Tot op heden bestaan er slechts proefopstelling op laboratoriumschaal, welke wel succesvol zijn maar lage rendementen halen. Voor zowel PRO als RED is de pilot project fase bereikt; de eerste conclusies van de PRO pilot in Noorwegen worden eind 2010 verwacht. Voordat een economisch rendabele toepassing haalbaar is, dient de membraantechnologie echter nog verder ontwikkeld te worden. Tevens dient de kostprijs voor membranen nog te zakken.
- De voorzuiveringstechnologie dient nog verder ontwikkeld te worden en op een kostenefficiëntere manier te worden ingezet. Vanwege de hoge eisen die momenteel aan de voorzuivering worden gesteld kan het hoge slibgehalte nabij het sluzencomplex – met name aan de zee kant – mogelijk problematisch worden.
- Gebaseerd op gegevens van het afgelopen decennium lijkt een afvoerdebit van 40 m<sup>3</sup>/s van het Noordzeekanaal een realistische ondergrens te zijn, wat benut kan worden voor Blue Energy. Er moet echter rekening mee gehouden worden dat in de toekomst dit minimum eventueel kan afnemen door klimaatveranderingen, bijvoorbeeld door toename van drogere zomers. In tijden van waterschaarste moet een Blue Energy

centrale concurreren om watertoelevering met functies als peilbeheer, navigatie, drinkwater en irrigatie. De prioriteit zal dan waarschijnlijk niet bij energieproductie liggen.

#### 6.4 Aanbevelingen voor het vervolgproces en voor vervolgonderzoek

Op basis van dit rapport lijkt de optie om Blue Energy in te zetten rond het sluiscomplex IJmuiden kansrijk om een deel van de energie die nodig is om het gemaal haar werk te laten doen duurzaam op te wekken. Echter, het financiële plaatje (kosten en baten) zijn vooralsnog buiten beschouwing gelaten. Als eerste vervolgstap bevelen we daarom aan om hier meer inzicht te krijgen, omdat het van belang is om na te gaan of en op welke termijn een Blue Energy (pilot) centrale financieel rendabel is. Dit zou een afweging inhouden van de investeringskosten en onderhoudskosten enerzijds en de energieopbrengsten anderzijds.

Ten tweede is het van belang om steun te verwerven van de directie RWS Noord-Holland om door te gaan met een pilot centrale. Uiteindelijk zijn zij diegene die hierover een besluit zullen nemen. Tegelijkertijd zou onderzocht moeten worden, hoe een Blue Energy centrale - naast de duurzame energieopwekking - kan worden ingezet als waterbeheerinstrument, om de operationele kerntaken beter uit te voeren. Hierbij kan worden gedacht aan de in dit rapport al genoemde pompfunctie, de baggerfunctie, de zoutcontroleerende functie en de stroomsnelheidsfunctie in de Buitenhaven. Er wordt aanbevolen om in een vervolgtraject, bijvoorbeeld het project 'Energieleverend gemaal IJmuiden' na te gaan wat de mogelijkheden zijn.

In deze studie zijn een aantal facetten in detail onderzocht, terwijl anderen slechts kort belicht worden. Factoren die verder onderzocht moeten worden in een vervolgstadium zijn:

- De zoutgehalten in de Buitenhaven van IJmuiden. Vanwege het gebrek aan meetdata is er in deze studie gebruik gemaakt van numerieke modelresultaten. De kwaliteit van deze resultaten is moeilijk te beoordelen zonder veldgegevens. Het wordt dus sterk aangeraden om zoutgegevens in te winnen, wat helderheid zou kunnen geven over de werkelijke zoutgehalten in de Buitenhaven. Een permanent zoutmeetpunt zou bijvoorbeeld op de Stroompaal IJmond kunnen worden geplaatst.
- Het zoutgehalte van het Noordzeekanaalwater. Het is gebleken dat een verlaging van het zoutgehalte van het zoete water een forse verhoging van de opbrengst van Blue Energy zou kunnen geven (ongeveer van 0.2 naar 0.4 MW per m<sup>3</sup>/s zoet water). Er moet verder onderzocht worden of er maatregelen te treffen zijn om dit te bereiken, bijvoorbeeld in relatie tot de nieuw aan te leggen grote zeesluis.
- De beschikbaarheid van zoetwaterlozingen. Er zijn door verschillende actoren en RWS NH suggesties gedaan over het benutten van zoetwater stromen van bronnen langs het Noordzeekanaal. Het moet verder onderzocht worden of deze stromen geschikt zijn en ook op een rendabele manier benut kunnen worden.
- De effecten van veranderende zout- en nutriënten huishouding op de ecologie en waterkwaliteit. Er is weinig bekend over de effecten aangezien er geen praktijkvoorbeeld bestaat. Het dient daarom aanbeveling zo snel mogelijk ecologen bij het onderzoek te betrekken, dit om onvoorziene problemen in een later stadium te voorkomen.
- De recirculatieproblematiek. In de huidige studie is de recirculatie van het brakke water onderzocht met sterk geschematiseerde modellen en scenario's. Om tot een optimale positionering van de inname – lozingspunten te komen is het nodig de huidige modellen verder af te regelen, liefst aan de hand van veldmetingen, en meerdere scenario's en gevoeligheden te testen. Ook de detailstroming rondom de inname- en lozingspunten moet onderzocht worden, waar de huidige modellen niet geschikt voor zijn.
- De effecten op slibhuishouding en morfologie. Het slibgehalte in de Buitenhaven is erg hoog; hiervan zijn veel veldgegevens bekend vanwege de aanzanding en het

baggeronderhoud van de vaargeul. Het is belangrijk te weten hoe de verandering in stromingspatronen ten gevolge van een Blue Energy centrale het slibtransport beïnvloedt. Potentieel kan dit leiden tot extra aanzanding van de vaargeul. Door het inname- en lozingspunt echter verstandig te positioneren zou de slibtoevoer naar de Buitenhaven echter ook kunnen afnemen. Dit dient met modelstudie nader onderzocht moeten worden.

Op basis van het vervolgproces zal bepaald moeten worden, wanneer welke onderzoeken gedaan moeten worden. Verder wordt aanbevolen om het vervolgproces in te steken als een gebiedsontwikkeling. Gebiedsontwikkeling is de ontwikkeling van een afgebakend gebied in al haar facetten, gericht op het op een lijn brengen van publieke, private en particuliere belangen die bestuurlijke en sectorale grenzen doorsnijden, waarbij overheden samenwerken met maatschappelijke partners en risicodragend participeren. Gebiedsontwikkeling is een samenspel van publiek, private en particuliere partijen (drie p's). Voordat men een proces van gebiedsontwikkeling kan starten, moet er bepaald worden wat de zogenaamde beleids- en gebiedsurgenties zijn. In dit geval is de beleidsurgentie verduurzaming zoals is vastgelegd in het beleidsprogramma 'Schoon en Zuinig' (Ministerie van VROM, 2007). Voor het bepalen van de gebiedsurgentie moet eerst duidelijk zijn wat de afbakening van het gebied is. Richten we ons puur op het gemaal en het Noordzeekanaalgebied of nemen we een groter gebied? Door het gebied uit te breiden tot IJmuiden haven en sluisen zouden combinaties gevonden kunnen worden met andere gebiedsurgenties, zoals: uitbreiding sluisen IJmuiden<sup>5</sup> en vernieuwing Buitenhaven (Planstudie Lichtenen Buitenhaven IJmuiden, WINN-project 2010, M. Ketelaars).

Er wordt aanbevolen om in het vervolgproject 'Energieleverend gemaal IJmuiden' samen met de relevante actoren, die in het huidige project verkend zijn, een systeemanalyse (moeten-willen-kunnen) uit te voeren. Tevens dient de rolverdeling initiator-realisator-facilitator bepaald te worden. Als dit gelukt is kan er gestart worden met de gebiedsontwikkeling. Ook kan er het nuttig zijn om een procesontwerp op te stellen voor het vervolgproject 'Energieleverend gemaal IJmuiden'. Dit kan het beste in samenspraak met de direct belanghebbenden en betrokkenen gebeuren. Die samenspraak is nodig om de spelregels aanvaardbaar te maken voor de belanghebbenden en daarmee legitiem te maken. In Appendix G is een aantal methodieken voor gebiedsontwikkeling beschreven.

---

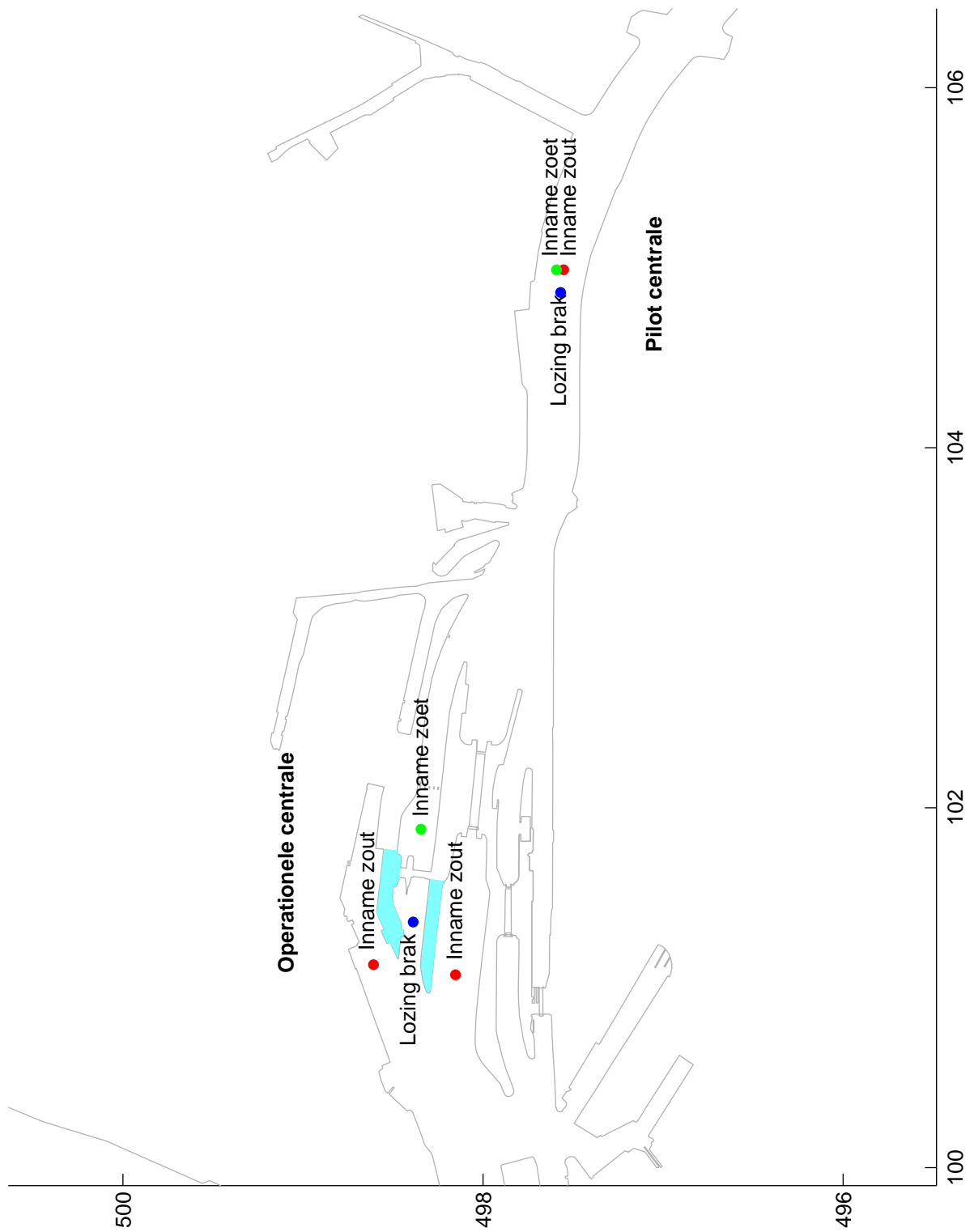
5. In 2016 krijgt de Amsterdamse haven een nieuwe grotere zeesluis bij IJmuiden, die de hoofdstad al lange tijd graag wil. Begin december 2009 tekenden de betrokken partijen hiertoe een convenant (Technisch Weekblad, 2009).

## 7 Literatuur

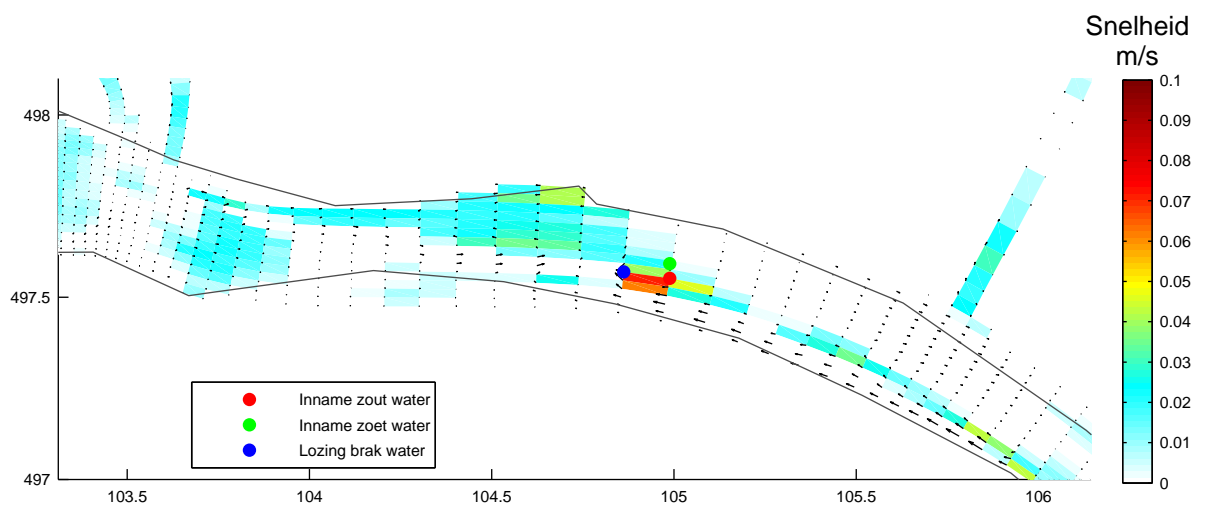
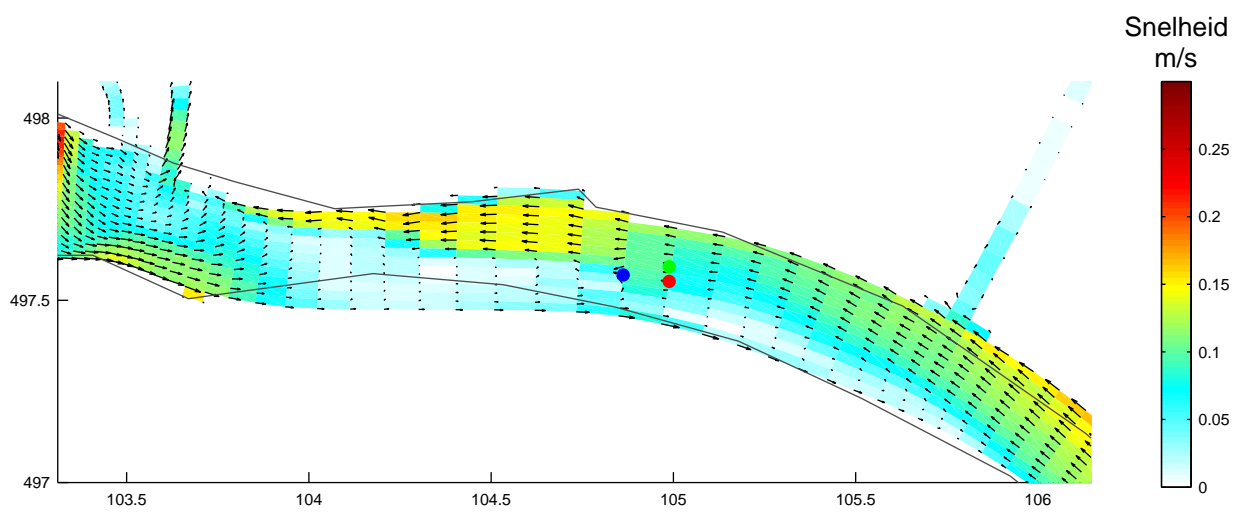
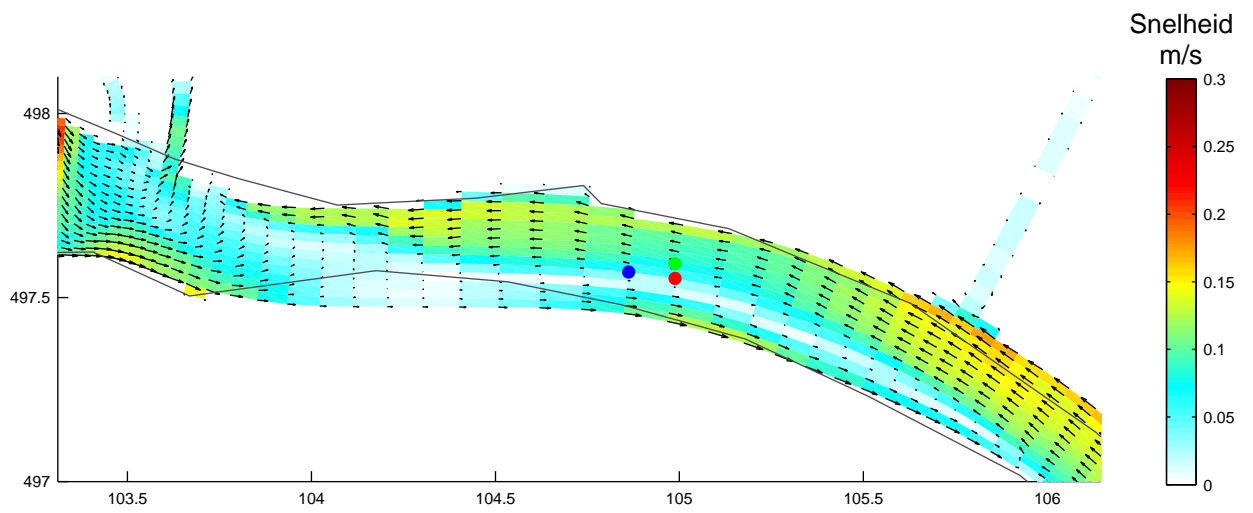
- Akkermans, R., 2003. Variatie van zout- en zuurstofconcentraties in tijd en ruimte in het Noordzeekanaal, Stageverslag, afdeling ANWW, RWS Dienst Noord-Holland.
- Alkyon, 2005. Data-analyse voor simulaties Noordzeekanaal model. Rapport A1524. In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland.
- Bijlsma, A.C., A.C.S. Mol & J.C. Winterwerp, 2007. Numeriek modelonderzoek naar de reductie van de neer in de monding van de voorhaven van IJmuiden. WL|Delft Hydraulics, Rapport H4926. In opdracht van RWS-RIKZ.
- De Bruijn, J.A., Ten Heuvelhof, E.F., In 't Veld, R.J., 1998. Procesmanagement : over procesontwerp en besluitvorming, Den Haag: Academic Service.
- Deltares, 2008. Water als bron van duurzame energie – Inspiratieatlas van mogelijkheden.
- Enserink B. (2008), Actor and network analysis EPA 1121 Advanced Policy Analysis, ppt presentation, April 2008.
- Gittenberger, A. 2008. Ecologische kwaliteit van Nederlandse zeehavens op basis van epifauna-inventarisatie. DGW. Natural rapport 2008/01
- Icke, J., 2009. Quick Scan Blue Energy. Deltares Memo, kenmerk 1200188-008-VEB-0002.
- Karelse, M. en J.A.G. van Gils, 1991. Noordzeekanaal, Amsterdam-Rijnkanaal waterbeweging en zouthuishouding. Voorstudie t.b.v. modellering, nota ANW 91.11. Waterloopkundig Laboratorium, Rapport T0827. In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland.
- MGMC, 2009. Actorenanalyse voor het project Europa's grootste energieleverend gemaal, uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat Noord-Holland.
- Molenbroek, E.C., 2007. Energie uit zout en zoet water met osmose; een visualisatie van de Afsluitdijk. Ecofys Netherlands BV, 17 oktober 2007. In opdracht van het Energie-Nul programma van Rijkswaterstaat
- Ministerie van VROM, 2007. Nieuwe energie voor het klimaat, werkprogramma Schoon en Zuinig.
- NLBWikipedia, bezocht op 3 december 2009, beschikbaar op:  
<http://traverse.sharepointsite.net/NLBWWiki/Wikipagina's/Introductiepagina.aspx>
- Post, J.W., J. Veerman, H.V.M. Hamelers, G.J.W. Euverink, S.J. Metz, K. Nymeijer, C.J.N. Buisman, 2007. Salinity-gradient power: Evaluation of pressure-retarded osmosis and reverse electrodialysis, Journal of Membrane Science, Volume 288, Issues 1-2, 1 February 2007, Pages 218-230.

- Post, J.W., Goeting, C.H., Valk, J., Goinga, S., Veerman, J., Hack, P.J.F.M., 2009. Towards implementation of reverse electro dialysis for power generation from salinity gradients. Beschikbaar op <http://www.senternovem.nl/>
- Post, J.W., 2009. Blue Energy: Electricity Production from Salinity Gradients by Reverse Electro dialysis. Universiteit van Wageningen, PhD Thesis.
- Skilhagen, S.E., J.E. Dugstad & R.J. Aaberg, 2008. Osmotic power — power production based on the osmotic pressure difference between waters with varying salt gradients. Desalination 220 (2008) 476–482.
- Sportvisserij, 2009. [www.pos-sportvisserij.nl](http://www.pos-sportvisserij.nl). Bezocht 12-11-2009.
- Statkraft, 2009. The world's first osmotic power plant opened! Beschikbaar op: <http://www.statkraft.com/presscentre/news/the-worlds-first-osmotic-power-plant-opened.aspx>. Gepubliceerd op 24-11-2009.
- Steenkamp, B.P.C., Jacobs, P. en D. Ludikhuizen, 1999. Verkennend onderzoek effect nieuwe sluis IJmuiden op zoutindringing Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal. RWS – RIZA.
- Technisch Weekblad, 2009. Nieuwe Sluis IJmuiden in 2016. Beschikbaar op: [www.technischweekblad.nl](http://www.technischweekblad.nl). Gepubliceerd 4 december 2009.
- Van der Zwan, S., I. Pothof, B. Blankert, J. Bara & M. Busch, 2009. Feasibility of Pressure Retarded Osmosis from a hydrodynamic analysis at module and plant scale. Tijdschrift artikel in voorbereiding.
- Waterloopkundig Laboratorium, 1995. Stroomonderzoek Sluizen IJmuiden – Effecten van het verwijderen van bepaalde delen van het sluizencomplex in combinatie met een vergroting van het spuidebiet. Rapport H2251.
- Witteveen & Bos, 2008. MIRT-verkenning zeetoegang IJmond. RW1664-10/dijw/084.
- Zoutmeetnet 1996. Hoofdrapport. Nota ANWW 96.16.

## A Figuren



Locaties inname- en lozingspunten voor de verschillende scenario's De blauwe gebieden geven geschikte locaties aan voor een BLue Energy centrale	Blue Energy NZK	
<b>DELTA</b>		Figuur A1

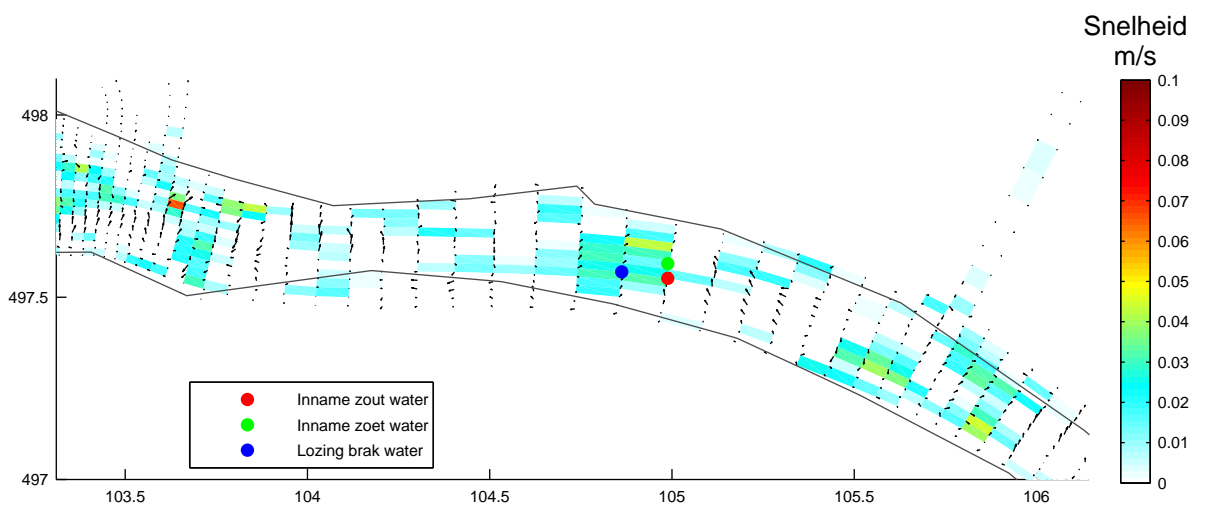
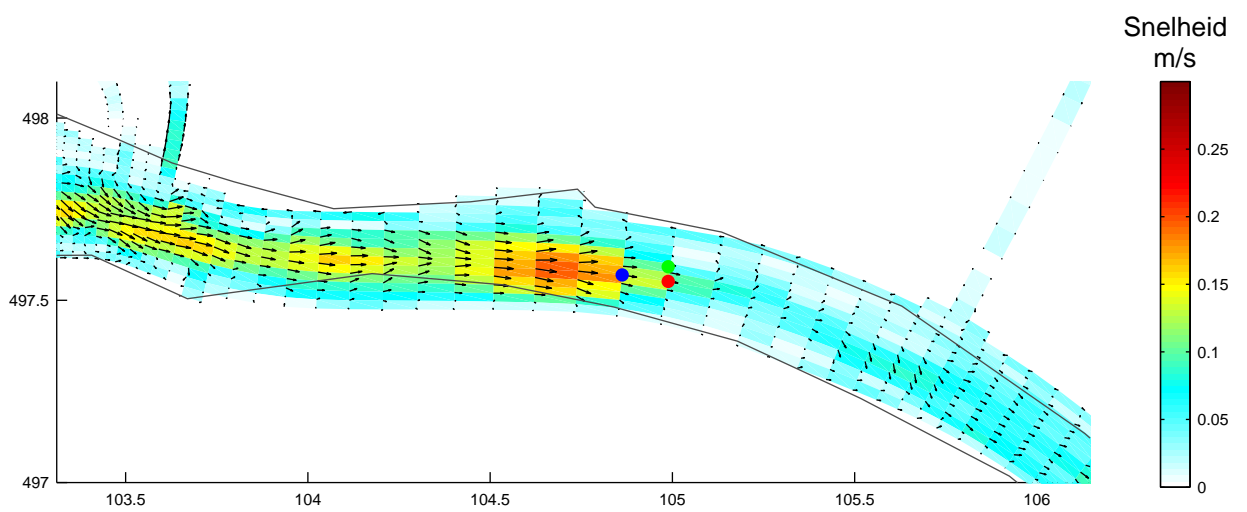
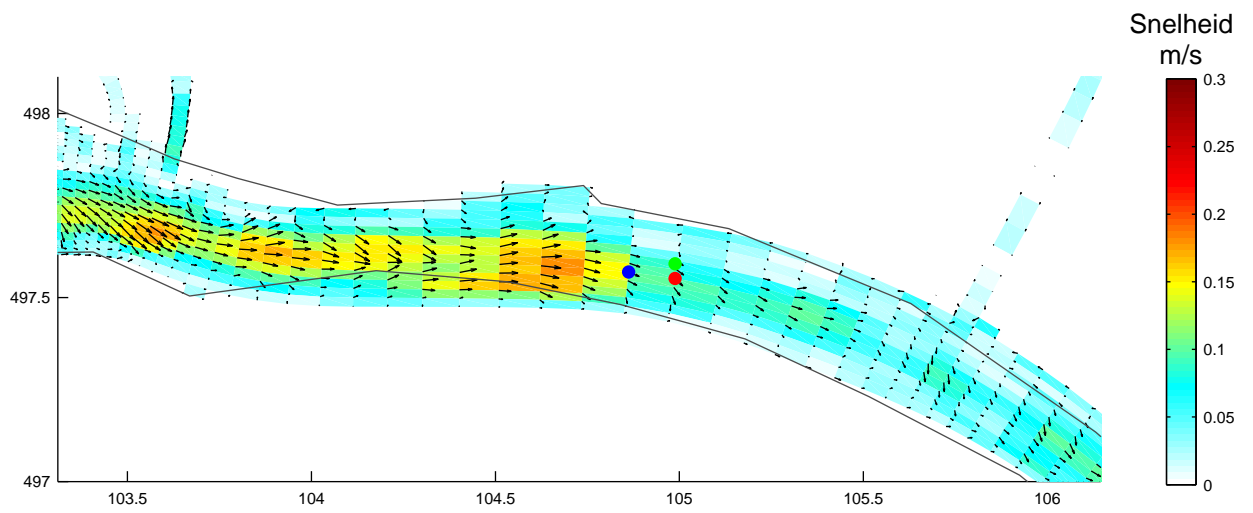


Snelheidsvectoren nabij oppervlakte NZK voor situatie zonder BE pilot centrale (boven), met BE pilot centrale (midden) en verschil (onder)

Blue Energy NZK

DELTA RES

Figuur A2

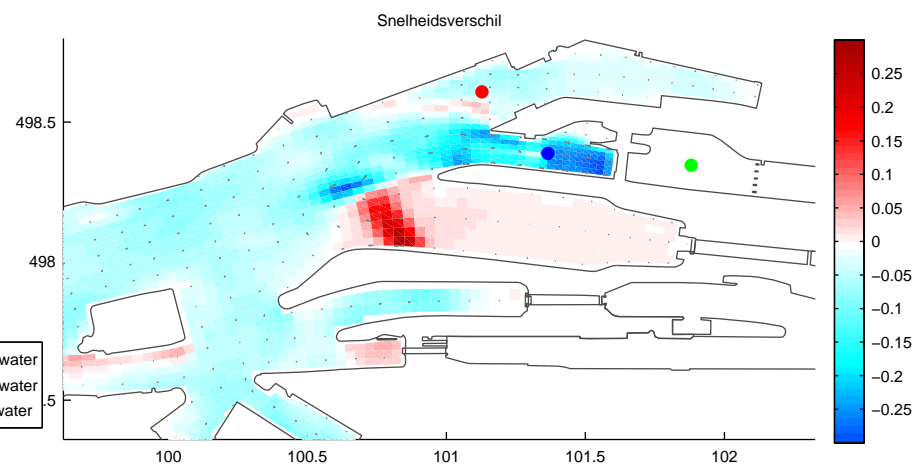
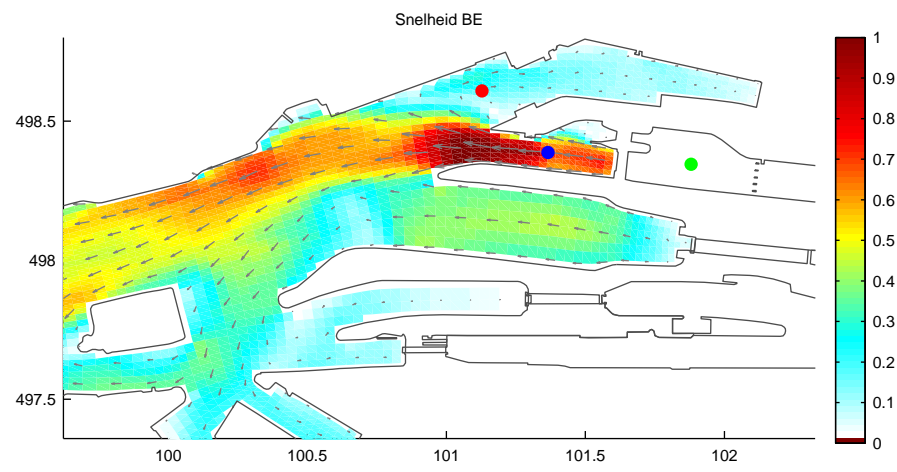
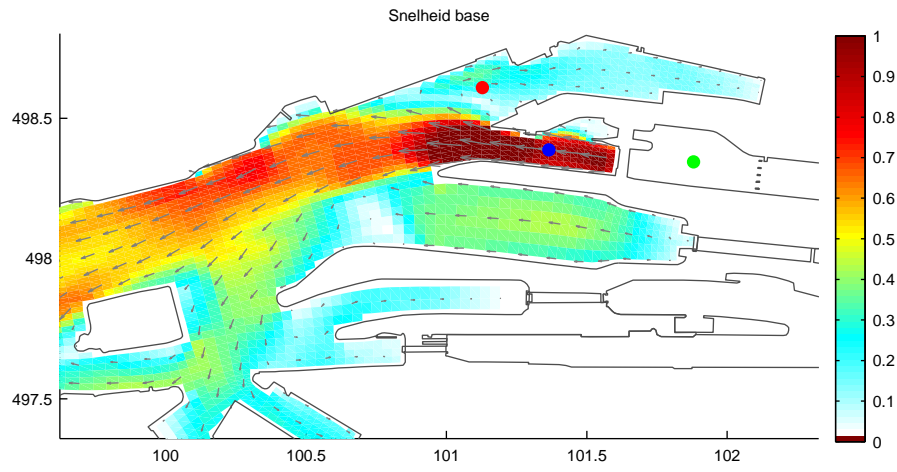


Snelheidsvectoren nabij bodem NZK voor situatie zonder BE pilot centrale (boven), met BE pilot centrale (midden) en verschil (onder)

Blue Energy NZK

DELTA RES

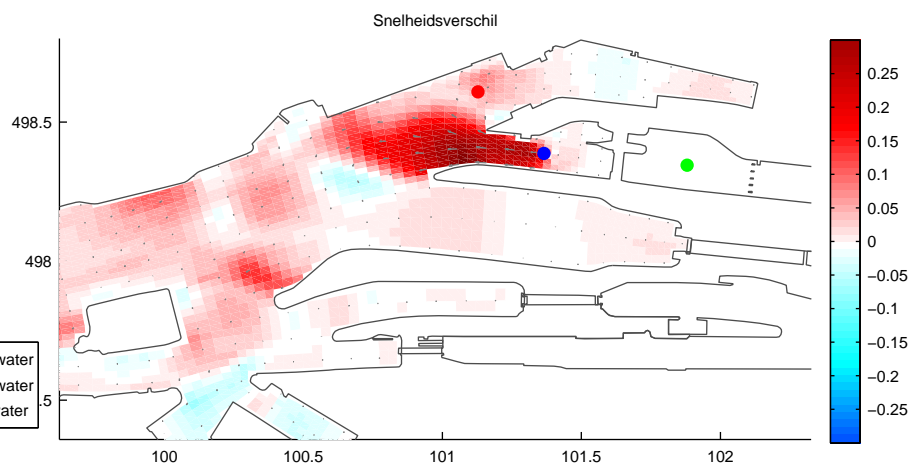
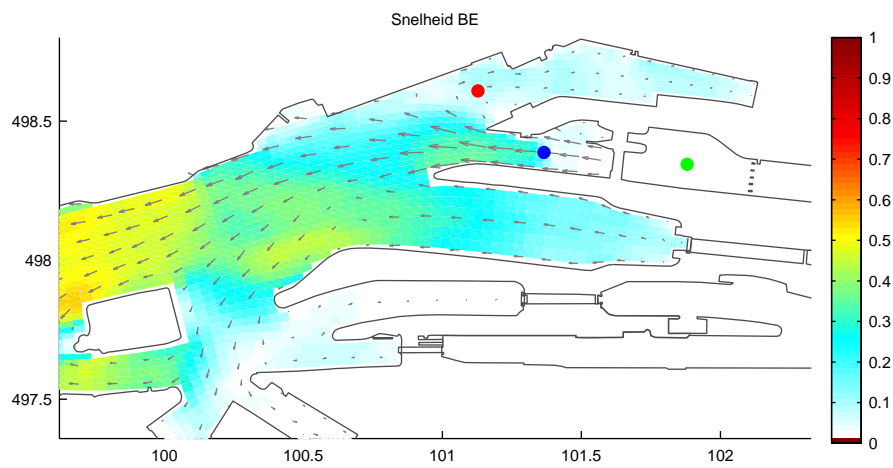
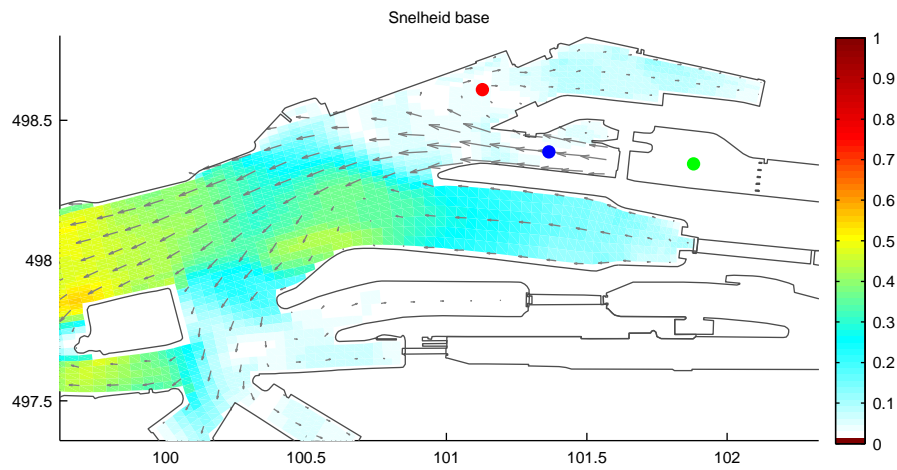
Figuur A3



- Inname zout water
- Inname zoet water
- Lozing brak water

Snelheidsvectoren nabij oppervlakte Buitenhaven voor situatie zonder BE centrale centrale (boven), met BE centrale (midden) en verschil (onder).  
Situatie: LW

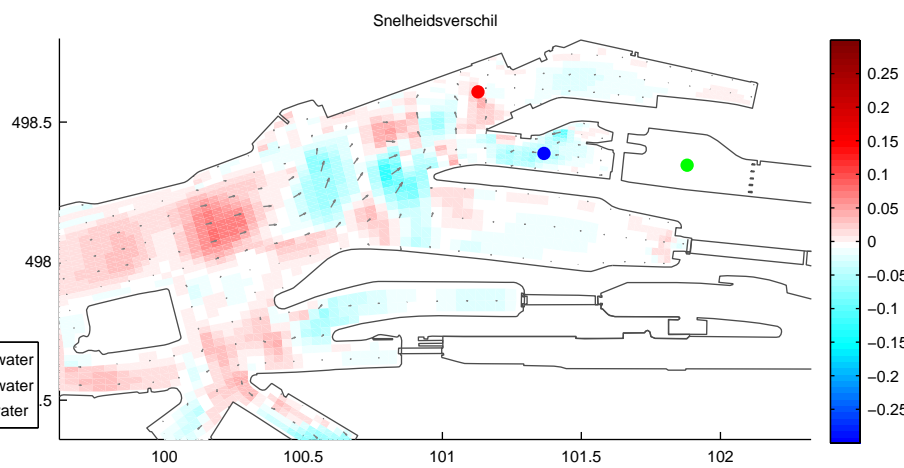
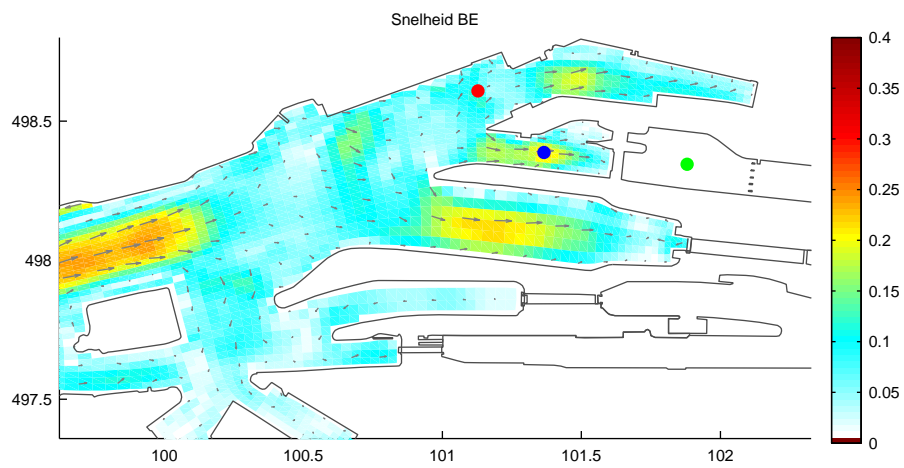
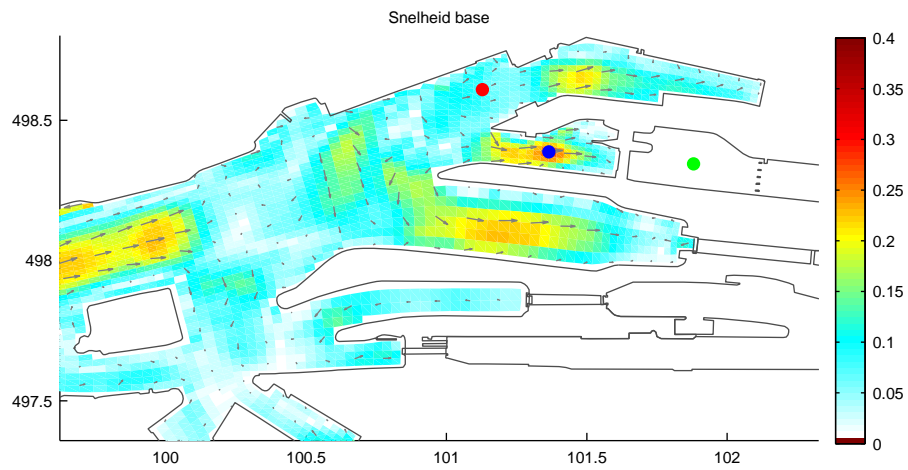
Blue Energy NZK



- Inname zout water
- Inname zoet water
- Lozing brak water

Snelheidsvectoren nabij oppervlakte Buitenhaven voor situatie zonder BE centrale centrale (boven), met BE centrale (midden) en verschil (onder).  
Situatie: HW

Blue Energy NZK



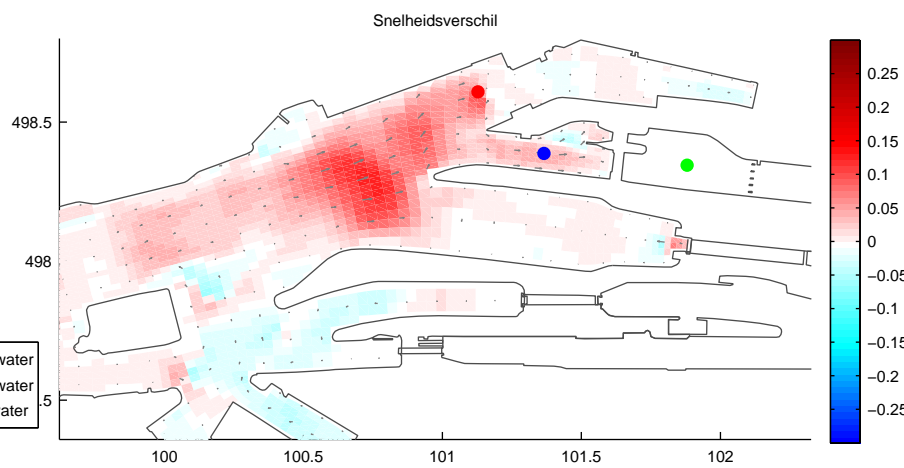
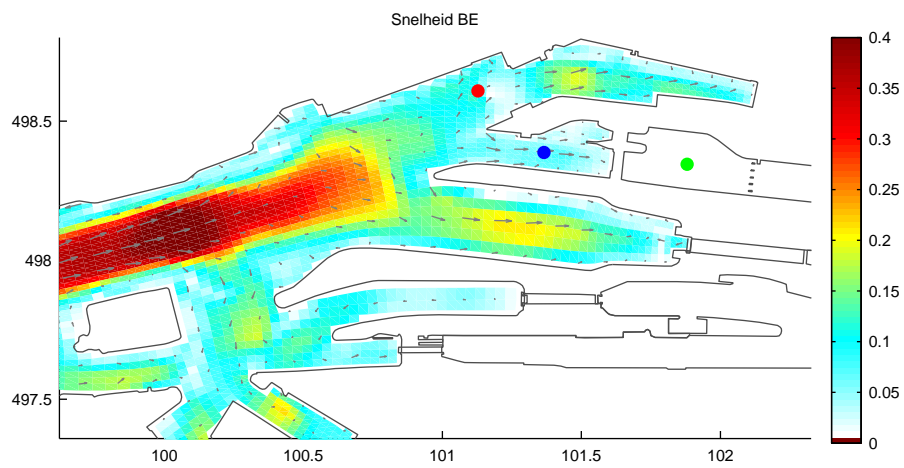
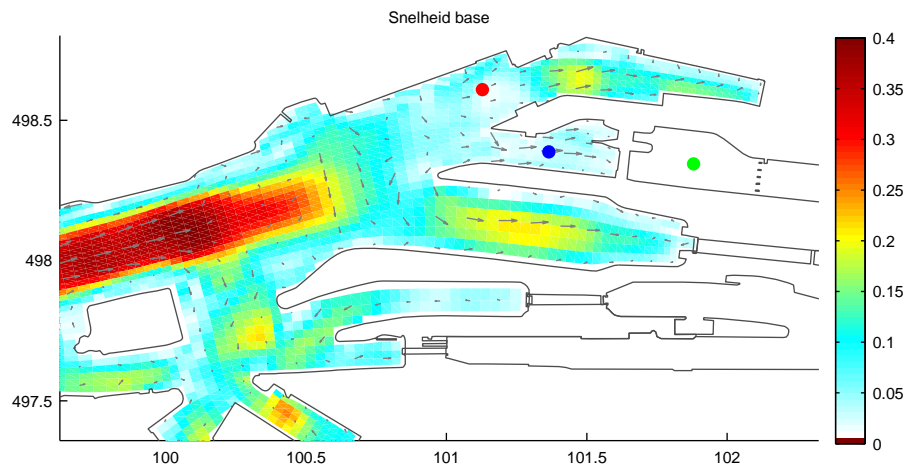
- Inname zout water
- Inname zoet water
- Lozing brak water

Snelheidsvectoren nabij bodem Buitenhaven voor situatie zonder BE centrale centrale (boven), met BE centrale (midden) en verschil (onder).  
Situatie: LW

Blue Energy NZK

**DELTARES**

Figuur A6



- Inname zout water
- Inname zoet water
- Lozing brak water

Snelheidsvectoren nabij bodem Buitenhaven voor situatie zonder BE centrale centrale (boven), met BE centrale (midden) en verschil (onder).  
Situatie: HW

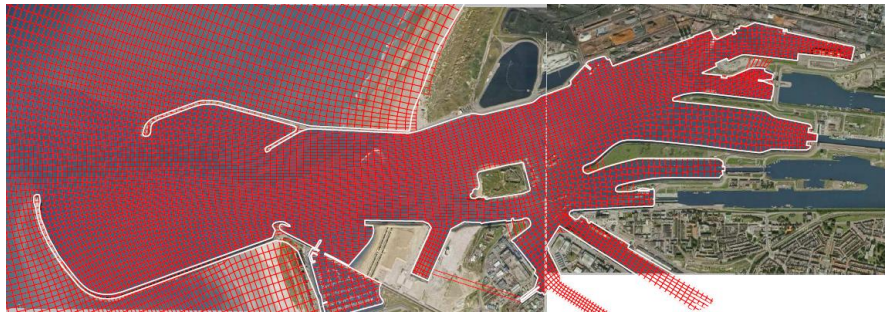
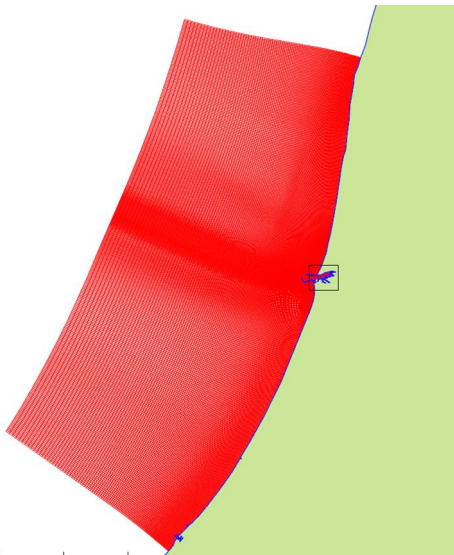
Blue Energy NZK

**DELTARES**

Figuur A7

## **B Model beschrijvingen**

## Modelbeschrijving IJmond model



### Introductie

Het IJmond model is een RWS model, opgezet voor het simuleren van de waterbeweging langs de Nederlandse kust onder Simona. Het 2DH model is in het kader van eerdere studies (bv WL | Delft Hydraulics, 2007) omgezet naar Delft3D formaat, waarbij de resolutie in de havenmond van IJmuiden is vergroot naar aanleiding van een studie naar lokale neervorming.

Als uitgangspunt voor de huidige studie is gebruik gemaakt van de Delft3D versie, met als scenario een gemiddeld getij met een jaarlijks gemiddelde afvoer vanaf het Noordzeekanaal.

### Geografische ligging

Het IJmond model is een kromlijinig model in RD coördinaten. Het omvat de haven van IJmuiden en het omliggende deel van de Noordzee. In het noorden eindigt het model ter hoogte van Petten, terwijl het in het zuiden doorloopt tot Scheveningen. Zeewaarts strekt het model zich over ongeveer 33 km uit.

### Roosterafmetingen:

Het rooster is een aanpassing op het bestaande Simona IJmond model (versie 3) van RWS, waarbij lokaal verfijningen zijn toegepast om meer detail in de buitenhaven van IJmuiden te krijgen. Het rooster meet 383 bij 286 roosterpunten waarvan circa 55% van de roostercellen actief (bijna 60,000 roostercellen) zijn.

### Resolutie

De resolutie varieert sterk. Langs de zeerand liggen rekencellen van 400 tot 600 m. Naar de kust toe verfijnt de resolutie naar rond de 100 tot 200 m. In de haven van IJmuiden komen de fijnste roostercellen voor met een resolutie van ongeveer 20 m.

### Courantgetallen

In het zeegebied zijn de Courant getallen overal kleiner dan 10. In de haven loopt de waarde op tot rond de 10 tot 20 in de diepste gedeelten. Ook voor de haventoeegang komen nog waarden van tussen de 10 en de 15 voor.

## Schematisatie

In de schematisatie zijn de volgende elementen meegenomen:

- havendammen en scheidingsdammen
- voor de bodemschematisatie is gebruik gemaakt van de schematisatie zoals beschreven in WL | Delft (2007). Deze is geconstrueerd op basis van de meest recente veldmetingen uit 2005, aangevuld met de diepteschematisatie uit het destijds beschikbare IJmond model en zeekaarten.
- een 3d laagverdeling om de verticale zoutverdeling te simuleren

## Modelkarakteristieken

Het model wordt aangestuurd met Riemann-randvoorwaarden langs de zeerand en debietrandvoorwaarden voor het gemaal en de spuisluis. De zeerandvoorwaarden zijn uit het Kuststrook model verkregen. De zoetwater-aanvoer door het sluisencomplex nabij IJmuiden wordt gesimuleerd door een pulserende lozing nabij het oppervlak. De zout-randvoorwaarden op open zee zijn constant in de tijd, en bevatten zoals gebruikelijk een schematisatie van de zoetere kusttrivier die langs de Nederlandse kust beweegt.

Voor het draaien van het model worden de volgende instellingen aangehouden:

- tijdstap = 12 seconden
- bodemruwheid: Manning coëfficiënt =  $0.024 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$  voor het zeegebied, Manning coëfficiënt =  $0.02 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$  voor de buitenhaven
- horizontale viscositeit =  $1 \text{ m}^2/\text{s}$
- horizontale diffusie =  $0.5 \text{ m}^2/\text{s}$

Voor het draaien in 3D-mode:

- laagverdeling: 10 sigmalagen, elk 10% van de waterdiepte
- verticale viscositeit =  $1\text{e-}4 \text{ m}^2/\text{s}$
- verticale diffusie =  $1\text{e-}7 \text{ m}^2/\text{s}$
- 3d-turbulentiemodel: k-epsilon

## Nauwkeurigheid / calibratie

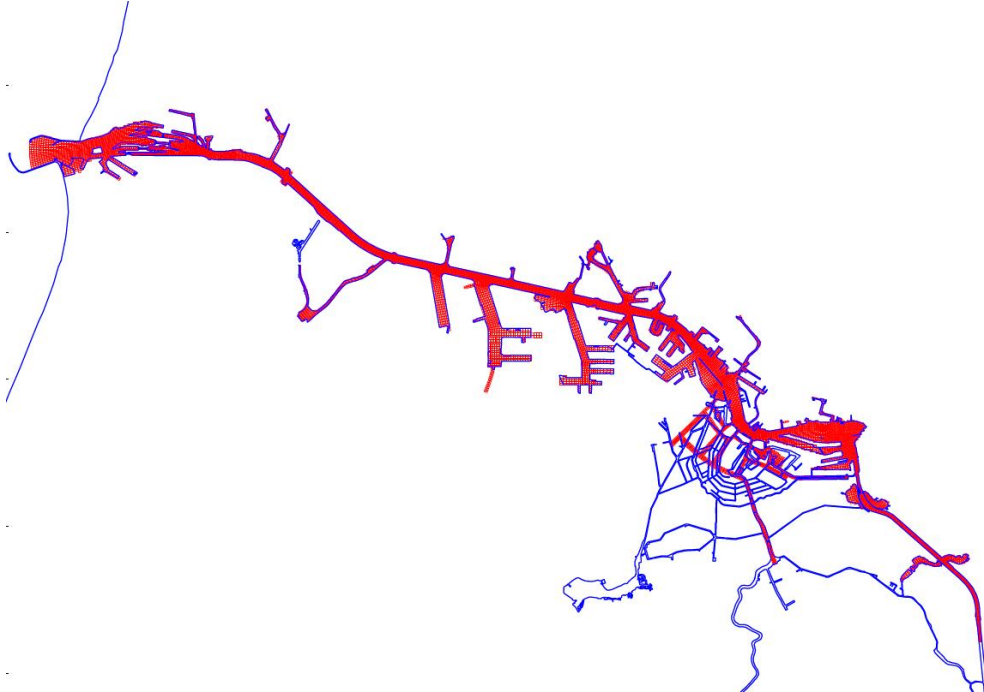
Het oorspronkelijke IJmond model is uitgebreid gekalibreerd door RWS, waarbij een nauwkeurigheid in waterstand van ca. 0.1m in de havens van IJmuiden en Scheveningen is gerealiseerd. In het kader van het huidige onderzoek is geen verdere calibratie of validatie uitgevoerd. Op basis van een kwalitatieve beoordeling van zoutwaarden in de buitenhaven is het 3D model goed bevonden voor de huidige studie.

## Referenties

RWS - [www.helpdeskwater.nl](http://www.helpdeskwater.nl). Modelbeschrijving IJmond Model – Simona-ijmond-1999-v3

WL | Delft Hydraulics (2007). Numeriek Modelonderzoek naar de Reductie van de Neer in de Monding van de Voorhaven van IJmuiden. H4926

## Modelbeschrijving Noordzeekanaal model



### Introductie

Het Noordzeekanaal model is een RWS model, opgezet voor het simuleren van de waterbeweging, watertemperatuur en saliniteit in TRIWAQ. Het 3D model simuleert het gedrag van water en zout (dus ook dichtheidseffecten) en laat zien hoe de stromingen en de zouttong zich gedragen onder verschillende omstandigheden. Het model is recentelijk door Alkyon omgezet naar Delft3D formaat; Alkyon (2009) beschrijft een vergelijking tussen TRIWAQ en Delft3D resultaten.

Als uitgangspunt voor de huidige studie is gebruik gemaakt van de Delft3D versie, met als scenario een warme zomer met lage afvoeren.

### Geografische ligging

Het 3D model van het Noordzeekanaal bestaat grofweg uit het gebied vanaf de sluisen in IJmuiden tot ongeveer Weesp. Er is ook een deel voor de buitenhaven wat echter nu niet wordt gebruikt, omdat de sluisen dicht staan (schutten en spuien middels bron- en puttermen).

### Roosterafmetingen

Het rooster meet 124 bij 566 roostercellen, waarvan ca 20% van de roostercellen (bijna 13,500) actief zijn.

### Resolutie

Het rooster kent twee hoofdkanalen met de volgende eigenschappen:

1. Noordzeekanaal: 12 cellen in breedterichting en circa 125 in lengterichting
2. Amsterdam-Rijnkanaal: 6 cellen in breedterichting en circa 125 m in lengterichting

In de dwarsrichting van het rekenrooster resulteert dit voor de hoofdkanalen in rekencellen met breedte van ca. 30 m. In de zijkanalen en havens varieert de breedte tussen de 20 en 100 meter. In de

lengterichting van de hoofdkanalen NZK en ARK is de rekencel tussen 50 en 120 m lang, in de zijkanalen en havens varieert dit tussen de 40 en 120 meter.

### Schematisatie

- Voor de kleinere waterlopen zoals de grachten van Amsterdam is gekozen voor een sterk geschematiseerde representatie.
- Voor de bodem-schematisatie is gebruik gemaakt van meetgegevens uit 2000.

### Modelkarakteristieken

Het model wordt aangestuurd met debietrandvoorwaarden bij Weesp en Amstel. In het model zijn verder diverse bronnen (koelwaterlozingen en innames) aangebracht. Er wordt voor de aanvoer van water bij de sluizen nabij IJmuiden gebruik gemaakt van bronnen. De zoutaanvoer bij de sluizen wordt gesimuleerd door een pulserende lozing nabij de bodem.

Voor het draaien van het model worden de volgende instellingen aangehouden:

- tijdstap = 30 seconden
- bodemruwheid: constante Manning coëfficiënt =  $0.02 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$
- horizontale viscositeit =  $0.1 \text{ m}^2/\text{s}$
- horizontale diffusie =  $0.1 \text{ m}^2/\text{s}$
- temperatuurmodel: exces temperatuur

Voor het draaien in 3D-mode:

- laagverdeling: 20 sigmalagen, elk 5% van de waterdiepte
- verticale viscositeit =  $1\text{e-}5 \text{ m}^2/\text{s}$
- verticale diffusie =  $1\text{e-}7 \text{ m}^2/\text{s}$
- 3d-turbulentiemodel: k-epsilon

### Nauwkeurigheid / calibratie

Het oorspronkelijke NZK model is uitgebreid gekalibreerd door Alkyon, beschreven in Alkyon (2006). In het kader van het huidige onderzoek is geen verdere calibratie of validatie uitgevoerd.

### Referenties

Alkyon, 2006. Kalibratie en 3D Simulaties Noordzeekanaal Model met Temperatuur en Saliniteit, Plan van Aanpak. A1564R1r1.

Alkyon, 2009. NZK-Model Vergelijking Triwaq met Delft3D-Flow. A2312

RWS - [www.helpdeskwater.nl](http://www.helpdeskwater.nl). Modelbeschrijving Noordzeekanaal Model – Simona-nzk-2003-v1

## C Verslag RWS Dienst Noord-Holland workshop

Datum workshop:	22 april 2009
Plaats:	RWS DNH, Toekanweg 7, Haarlem
Tijd:	9:30 – 13:30 uur
Datum verslaglegging:	10-05-2009
Verslagleggers:	Kirsten van Dijk (RWS Waterdienst) & Saskia Hommes (Deltares)
Bijlagen:	Excel-sheet met overzicht actoren (appendix D), presentaties H. Overbeek en A. Bijlsma (niet opgenomen in deze rapportage)

### Aanwezig

Hans Overbeek (RWS DNH WSA, *projectcoördinator*), Peter Oudhuis (RWS DNH district NZK), Anke Zindler (RWS DNH WSA), Jan Kuperus (RWS DNH district NZK), Saskia Hommes (Deltares, *facilitator*), Arnout Bijlsma (Deltares), Marcel Bruggers (Deltares), Rick Hoeksema (RWS Waterdienst), Guus Scholten (RWS DNH WSA, *dagvoorzitter*), Paul Overtoom (RWS DNH infraprovider), Frans Loman (RWS DNH infraprovider), Wim van de Peet (RWS DNH verkeersmanager nat), Geert Jan Ebbinge (RWS DNH district NZK), Marijke Visser (RWS DNH DNH regiocoördinator), Peter Beuse (RWS DNH WSA, *projectcoördinator*), Kirsten van Dijk (RWS Waterdienst, *facilitator*), Cilia Swinkels (Deltares), Willem Zeilmaker (RWS DNH district NZK) en Casper de Lange (RWS DNH WSA).

### 1. Opening

Om 9:30 wordt de workshop geopend door de dagvoorzitter, Guus Scholten. Hij heet iedereen van harte welkom en licht het programma van de workshop toe. Omdat er te weinig tijd is om een uitgebreide voorstelronde te doen, vraagt Guus aan een aantal deelnemers wat zijn/haar redenen zijn om mee te doen met de workshop. Vervolgens wordt een korte namenronde gedaan.

### 2. Inleiding context pilot Noordzeekanaal (Hans Overbeek) en Blue Energy (Arnout Bijlsma)

Ter inleiding op de quick-scan van stakeholders geeft Hans een presentatie over de aanleiding en doel van het project en de samenhang met het Duurzaamheidsprogramma van Rijkswaterstaat. Arnout vertelt wat over de Blue Energy techniek en benodigdheden. In de bijlagen zijn deze presentaties te vinden.

### 3. Identificeren van actoren en belangen

Kirsten licht toe wat de bedoeling is van de actorenanalyse. Deze analyse, waar de workshop een start van is, heeft betrekking op een nog op te starten praktijkproef op kleine schaal (pilotfase). Wie heb je allemaal nodig om van start te kunnen gaan met een pilot Blue Energy? Met welke partijen zou je een samenwerking willen aangaan? Hierbij is wel een doorkijk gemaakt naar de toekomst (dus zowel pilotproject als semi full scale project). De fase van het proces (verkenning, starten pilot, doorontwikkeling, realisatie etc.) is echter van invloed op de actoren waar Rijkswaterstaat mee rond de tafel wil/moet zitten. Dit betekent dat bij het ingaan van een nieuwe fase, de actorenanalyse moet worden aangevuld en aangepast.

Jan Kuperus merkt op dat het volgens hem bij het inzichtelijk maken van actoren gaat om verschillende stappen: 1) verkennen, 2) herkennen en 3) erkennen. De workshop vandaag

heeft alleen tot doel gediend om de verschillende mogelijke actoren en hun belangen te verkennen. Dus een verkenning naar met wie er allemaal rekening gehouden moet worden. Als vervolg zal – in het WINN project Blue Energy Noordzeekanaal – gekeken worden of de actoren zich herkennen (interview) en hoe we ze zouden kunnen erkennen.

Iedereen krijgt 15 minuten de tijd om (individueel) actoren en hun belangen op te schrijven op post-its. Er zijn blauwe en gele post-its, om respectievelijk “vrienden” en “tegenwerkers” aan te geven.

#### **4. Uitwisselen ervaringen Alternatieve Energie tot op heden/Aandachtspunten**

- Bij het opschalen van de pilot fase naar semi-full scale niveau is naar verwachting ruimte een probleem. Actoren die ruimte ter beschikking zouden kunnen stellen, zijn belangrijk om al vroeg te informeren en te betrekken.
- Geert Jan Ebbinge stelt voor om te beginnen met een kleine pilot, op eigen terrein. Beperk je tot bepaalde aspecten. Laat eerst zien dat de techniek werkt en schaal het daarna op. Dan heb je veel in eigen hand en is de complexiteit nog beperkt. Zijkanaal B en de Kruithaven zijn voorbeelden van eigen gebied van Rijkswaterstaat en daardoor mogelijke locaties voor een pilot. Een overzicht waar RWS DNH grondeigenaar is langs het NZK is voorhanden.
- Anke Zindler merkt op dat het belangrijk is om er een gezamenlijk project van te maken door belangen te verbinden. Het idee is dan om te helpen bij het realiseren van elkaars doelstellingen. Zij kent een voorbeeld waar gewerkt is met energie uit geothermie, die gebruikt wordt voor tomatenkassen en woningen.
- Betrek de stakeholders zoveel mogelijk vanaf het eerste moment. Je kunt er niet vroeg genoeg mee beginnen. Ook al heb je partijen in het begin nog niet nodig, als je ze niet informeert kunnen ze zich gepasseerd voelen en later dwars gaan liggen.
- De IJmond is een compacte omgeving waar de meesten elkaar goed kennen. Gebruik dat. Zet in de regio een platform op van bedrijfsleven en overheid die een programma duurzaamheid neerzetten.
- Ten aanzien van duurzaamheid is de Provincie Noord-Holland een belangrijke speler. De gedeputeerde heeft duurzaamheid hoog in het vaandel staan en wil een regisseurrol vervullen.

#### **5. Aanvullen actoren en belangen**

Na de discussie krijgt iedereen nog even de tijd om zijn/haar actoren aan te vullen.

#### **6. Ordenen actoren op kenmerken**

De geïdentificeerde actoren worden, door de deelnemers, geordend aan de hand van de driehoek initiatiefnemer – financier – realisator. Ook wordt aangegeven hoe “dicht” ze bij het project (pilot Blue Energy Noordzeekanaal) zitten en dus hoe intensief ze betrokken zouden moeten worden. De actoren zijn zoveel mogelijk bij (individuele) naam genoemd. Actoren van eenzelfde bloedgroep zijn gebundeld, door Kirsten en Saskia, waarbij wel de individuele namen staan vermeld. Vervolgens is in beeld gebracht wat de mogelijke rol van een actor is en welk belang een rol speelt. Op basis daarvan is een inschatting gemaakt of het om een mogelijke mee- of tegenstander gaat.

Uit de analyse kwam naar voren dat veel actoren verschillende petten op hebben en zowel medestander als tegenstander zouden kunnen zijn, afhankelijk van welk belang bij hen het sterkst speelt. Nader inzicht en strategisch communiceren is dan belangrijk.

Voor elke actor is vervolgens bekeken of deze:

- a. Actief betrokken zou moeten worden bij het opzetten van de pilot
- b. Gericht geïnformeerd moet worden over de pilot (bv. expliciet uitnodigen om: aan te sluiten, kennis ter beschikking te stellen, randvoorwaarden mee te geven etc.),
- c. Via algemene informatie op de hoogte gebracht moet worden van het Blue Energy project (gelegenheid bieden om aan te haken).
- d. Later op de hoogte gebracht moet worden (bv. wanneer locatie bekend is of een volgende fase van het proces wordt ingegaan).

## **7. Identificeren key-stakeholders**

Op basis van bovenstaande indeling zijn 34 specifieke (groepen van) actoren onderscheiden. Hiervan zijn er 12 medestanders, 2 tegenstanders en de rest (20) kunnen medestanders en/of tegenstanders zijn. De medestanders zijn vooral overheden. De tegenstand wordt vooral uit de natuurhoek (ecologie) verwacht.

De belangrijkste spelers om nader te bevragen (interviewronde) of en hoe ze de pilot samen met Rijkswaterstaat mee vorm willen geven zijn:

- Corus
- Havenbedrijf
- Deltares
- Energiemaatschappijen (NUON, ENECO etc.)
- Waterschappen (HHNK, Waternet / AGV, Rijnland)
- De ontwikkelaars/producenten van de Blue Energy techniek (REDSTACK en Osmose PRO)
- Provincie Noord-Holland

In bijgevoegd Excel bestand staan hun belangen en (mogelijk) rol genoemd.

## **8. Lunch**

Van 12:30 tot 13:00 is er een pauze ingelast om te lunchen.

## **9. Rondvraag**

- Op 8 mei a.s treffen de bestuurders in de IJmond elkaar en op 25 mei a.s is er een bijeenkomst van de Noord-Hollandse waterbeheerders. Zijn dit gelegenheden om het Blue Energy idee alvast te melden door de HID van RWS-NH?
- Om mee te denken over de projectopzet voor het toekomstige (op kortere termijn dan de pilot Blue Energy) "Energie neutraal gemaal" melden de volgende mensen zich aan: Geert Jan Ebbinge, Jan Kuperus, Casper de Lange, Anke Zindler, Peter Beuse. Verder worden de suggestie gedaan om ook Raymon Westhoven en een jurist uit te nodigen.

## **10. Afsluiting**

Om 13:15 wordt de workshop afgesloten door Guus. Hij bedankt iedereen voor zijn/haar inzet

## D Overzicht actorenanalyse

Het overzicht in de onderstaande tabel is gebaseerd op de uitkomsten van de RWS workshop op 22 april 2009 en de bevindingen uit de interviews die in de periode van juni t/m september 2009 plaats hebben gevonden.

	Naam actor	Mogelijke rol	Belang	Mate van betrokkenheid	Opmerkingen	Geïnterviewd
1	RWS DNH	financier, draagvlak en meedenken, beschikbaar stellen van terrein	Voldoende vaardiepte, vlotte doorvaart, baggerkosten zo laag mogelijk, geen verstoringen van het profiel door extra / andere stromen. Geen negatieve effecten op waterbeheer, zo goedkoop mogelijk water afvoeren en kunstwerken bedienen, geen negatieve ecologische effecten. Uitvoering geven aan het programma Zeker Duurzaam. Ontwerp en aanleg nieuwe zeeluis moet energieneutraal.	Actief betrekken	Initiatiefnemer van het project 'Energieleverend gemaal IJmuiden'	
2	Deltares	kennisleverancier, kennisregisseur	Invullen afgesproken opdrachtnemerschap	Actief betrekken	Reeds betrokken bij het project.	
3	Havenbedrijf Amsterdam	Grondeigenaar, medefinancier, afnemer energie, medebeheerder, draagvlak bij bedrijven, stimuleren van samenwerking (afnemen blue energy)	Constance waterpeil, voldoende vaardiepte, vlotte doorvaart (geen hinder), haven op de kaart zetten (duurzaam imago)	Actief betrekken	Nautisch belang staat voorop. Blue energy mag de kernactiviteit (ladenlossen) niet in de weg zitten. Verandering van het zoutgehalte (door Blue Energy centrale) heeft invloed op de diepgang van schepen.	X

	<b>Naam actor</b>	<b>Mogelijke rol</b>	<b>Belang</b>	<b>Mate van betrokkenheid</b>	<b>Opmerkingen</b>	<b>Geïnterviewd</b>
4	Miliefederatie NH, Noord Hollands landschap, Stichting Noordzee, Stichting Reinwater	Zorgen voor draagvlak, publieke opinie, vertragen procedures	Versterking duurzame energie, geen verstoring (omliggende) natuur (N2000)	Actief betrekken	Brakke waterstroom uit centrale kan mogelijk positief zijn voor natuurontwikkeling.	X (milieu-federatie NH)
5	Corus	medefinancier, energieafnemer, energieleverancier, leverancier van waterstroom (debiet), afnemer brakwaterstroom (effluent blue energy), medebeheerder (PPS)	Zo laag mogelijke productiekosten, imago, genoeg milieuruimte en grondbeslag.	Actief betrekken / Gericht informeren	Corus is bezig met eigen energie opwekking (warmtekracht centrale). Staat positief tegenover Blue Energy, noemt Averijhaven als mogelijke locatie voor proefopstelling.	X
6	Provincie Noord Holland	Regisseur, contacten met gemeenten en bedrijven, bevoegd gezag (vergunningverlening).	Versterken thema duurzame energie.	Actief betrekken / Gericht informeren	Beperkt budget beschikbaar, treden voornamelijk stimulerend en faciliterend op.	X
7	NUON, ENECO etc.	medefinancier, eigenaar energie infra, afnemen overtollige energie, medebeheerder	Borgen leveringszekerheid van energie, eenvoudige beheerorganisatie (kabels en afnemers).	Actief betrekken / Gericht informeren	Eneco: grote interesse voor kleinere regionale projecten als Blue Energy. Nuon: investeert in onderzoek (Wetsus) naar Blue Energy.	X (NUON en ENECO)

	<b>Naam actor</b>	<b>Mogelijke rol</b>	<b>Belang</b>	<b>Mate van betrokkenheid</b>	<b>Opmerkingen</b>	<b>Geïnterviewd</b>
8	Waterschappen (Hollands Noorderkwartier, Waternet / AGV, Rijnland)	leverancier van zoetwater (gemalen en rwzi's), energieconsument, energieproducent, medebeheerder en mogelijk medefinancier	Aanwezig zijn van voldoende water van goede kwaliteit (waterkwantiteitsbeheer), drinkwaterproductie zo goedkoop en duurzaam mogelijk (Waternet), kwijt kunnen van voedselrijk water uit veenweidegebied en zoute kwel.	Gericht informeren	Continu debiet leveren is lastig (peilbeheer). Wijziging van het spui en maalregime en zouthuishouding op NZK kan effect hebben op maalregime waterschappen (inname van water als uitslaan van water). Waternet heeft locaties en zoetwater (effluent RWZI) beschikbaar voor Blue Energy.	X (Waternet)
9	Gemeenten (Velsen, Beverwijk, Zaanstad, Spaarnwoude Haarlemmerliede, Haarlem, Amsterdam)	Grondeigenaar, energieconsument, bevoegd gezag (VV), gebiedskennis inbrengen.	Versterken eigen programma's op het gebied van duurzaamheid.	Gericht informeren	Haal liever geen zoet water uit de natuur. RWZI-effluent mogelijk wel interessant.	X (Gemeente Velsen)
10	Klimaatbureau Amsterdam	grondeigenaar, initiatiefnemer voor duurzame energie projecten in Amsterdam (mogelijkheid tot samenwerking).	Onderdeel van gemeente Amsterdam, deze wil schaalprong in duurzame energie bereiken.	Gericht informeren	Vooral gericht op lokale - binnen gemeentegrenzen - productie en consumptie.	X, *
11	Landelijke Diensten (WD en DVS)	(advisering) verdeling RWS budgetten, vergroten samenwerking andere projecten, financiering (WINN programma)	Werken vanuit overzicht, voorkomen ieder zijn eigen wiel uitvinden (coördinatie).	Gericht informeren		

	<b>Naam actor</b>	<b>Mogelijke rol</b>	<b>Belang</b>	<b>Mate van betrokkenheid</b>	<b>Opmerkingen</b>	<b>Geïnterviewd</b>
12	Staf DG (RWS)	verdeling RWS budgetten, draagvlak	Uitvoeren kerntaken RWS, PNM (agenda2012), programma Zeker duurzaam, beschikbare geld zo goed mogelijk verdelen.	Gericht informeren		
13	RED STACK	kennis, financier, initiatiefnemer, realisator	Verkopen RED techniek.	Gericht informeren	Concurrentie met PRO systeem, wil dan mogelijk niet meewerken	
14	Osmose PRO (energiepartij Noorwegen)	kennis, financier, initiatiefnemer, realisator	Verkopen PRO techniek.	Gericht informeren	Concurrentie met RED systeem, wil dan mogelijk niet meewerken.	
15	ORAM	draagvlak	Geen hinder voor de bedrijfsvoering van de bedrijven.	Algemeen informeren	Koepelorganisatie van bedrijven langs het NZK.	X, *
16	Schiphol Group	Beschikbaar stellen terrein.	Duurzame mobiliteit.	Algemeen informeren		X, *
17	Industrie (alle bedrijven met een afvalwaterstroom rond het NZK)	Leverancier van waterstroom en energieafnemer	Geen verstoring productieproces. Voldoende water van goede kwaliteit. Bedrijven die zelf energie willen produceren, moeten in gesprek met NUON (of andere infrabeheerder) over afnemen energie. Aansluiten kan voor versterking positie richting deze partijen zorgen.	Algemeen informeren	Diverse groepen, die nader uitgesplitst en onderzocht moet worden.	X (Crown van Gelder), *
18	Triodos, ASN, Rabo Bank	medefinancier	Stimuleren groene projecten. Strategisch geld wegzetten.	Algemeen informeren	Financier van groene projecten, door de kredietcrisis minder kans vanwege risicovolheid project. Niet nodig om pilot te starten, mogelijk wel nodig om naar een energieneutraal gemaal te kunnen.	

	<b>Naam actor</b>	<b>Mogelijke rol</b>	<b>Belang</b>	<b>Mate van betrokkenheid</b>	<b>Opmerkingen</b>	<b>Geïnterviewd</b>
19	VROM	subsidieverstrekker	Stimuleren groene projecten	Algemeen informeren	Ondersteuning voor thema duurzaamheid (kennis, mensen etc.)	
20	RWS PPS kennispool	kennis over samenwerking publiek- en private partijen.	Stimuleren PPS.	Algemeen informeren		
21	DGW / staatssecretaris	medefinancier	Zichtbaar resultaat op het gebied van blue energy (doelstelling nat. Waterplan).	Algemeen informeren	In nationaal waterplan staat blue energy expliciet genoemd	
22	ECN	Kennis	Onderzoek	Algemeen informeren	Energie onderzoek centrum, testen duurzame energievormen	
23	Ministerie van EZ	subsidie voor duurzame Energie	Goed wegzetten van subsidies in projecten.	Algemeen informeren		
24	SenterNovem	Kennis, beheerder en realisator subsidieprogramma's	Onderzoek	Algemeen informeren	Verlengstuk van VROM en EZ	
25	Recreatieschap	Grond, beschikbaar stellen terrein.	Geen gevaarsschade en hinder	Algemeen informeren		
26	VNG	draagvlak bij gemeenten verzorgen	Versterken eigen duurzaamheidsprogramma's	Algemeen informeren		
27	Wetsus	Kennis	Onderzoek	Algemeen informeren		
28	Imares	kennis	Onderzoek	Algemeen informeren		
29	Visstandbeheercommissies / hengelsportvereniging	draagvlak en kennis	Goede visstand, geen verstoring en goede visplekken.	Algemeen informeren	Visbeheerplan.	

	<b>Naam actor</b>	<b>Mogelijke rol</b>	<b>Belang</b>	<b>Mate van betrokkenheid</b>	<b>Opmerkingen</b>	<b>Geïnterviewd</b>
30	Universiteiten (WUR, TU Delft, TU Eindhoven)	draagvlak en kennis	Goed onderzoek, versterken onderzoeksprogramma's en projecten.	Algemeen informeren		
31	RWS DUT, RWS DNZ, RWS DNN en RWS DIJG	Kennis (vooral proceskennis)	Goede uitvoering kerntaken etc.	Algemeen informeren		
32	Olieproducenten (SHELL etc.)	kennis	Energie verkopen.	Later informeren	Versterken eigen duurzame energieprogramma's of kunnen blue energy als concurrentie ervaren.	
33	Omwonenden	draagvlak, vertragen procedure	Geen hinder van een centrale ondervinden, borging continue electriciteitaanvoer.	Later informeren (als locatie bekend)	Strategisch informeren	
34	DLG	Grondverwerving	Doelen voor landbouw en natuur (helpen) realiseren.	Later informeren.	Uitvoeringsorganisatie van LNV die zorgt voor grondverwerving om de doelstellingen voor landbouw en natuurbeheer te kunnen realiseren.	
35	PWN	leverancier van zoetwater, energieafnemer, kennis van osmose	Drinkwaterproductie zo goedkoop en duurzaam mogelijk.	Later informeren	PWN heeft WRK waterleiding bij Velsen (ruw drinkwater)	

\* Interview toegevoegd a.h.v. "sneeuwbal"-methode

## E Stakeholder interviews

### E.1 Overzicht geïnterviewde stakeholders

Datum	Organisatie	Geïnterviewde
25-06-2009	Eneco Nederland	Dick Jonker
03-07-2009	Klimaatbureau Amsterdam	Stephanie van de Wiel*
06-07-2009	Provincie Noord-Holland	Pim van Herk Marcel van de Putten
07-07-2009	Havenbedrijf Amsterdam	Sacha Dieperink
18-08-2009	Nuon	Dirk Snickers
25-08-2009	Corus	Gerard Jägers Hans Coossens
27-08-2009	Waternet	André Struker Jan Peter van den Hoek
01-09-2009	Ondernemersvereniging ORAM	Rein Aarts
03-09-2009	Milieudienst IJmond/Gemeente Velsen	Jos van Kessel Richard van Hardeveld
03-09-2009	Miliefederatie Noord- Holland	Juriaan Jansen Rolf van Arendonk
11-09-2009	Schiphol Group	Denise Pronk
11-09-2009	Crown van Gelder N.V.	Dhr. Jansen

\* Dit interview heeft per mail en telefonisch plaatsgevonden.

## E.2 Vragenlijst interviews

### 1. (Op welke manier) is uw organisatie *gelinkt* aan het onderwerp duurzame energie?

(Hoe) is uw organisatie ermee bezig? Is het bij u een onderwerp in beleid, plannen, lopende projecten? Zijn er binnen dat thema specifieke onderwerpen die eruit springen?

### 2. Als RWS Dienst Noord-Holland aan de slag gaat met de genoemde deelprojecten: is er dan een mogelijk raakvlak met uw activiteiten, met uw belangen?

Welke? En wanneer zou zoiets al dan niet interessant voor u zijn, zou het al dan niet uw belang raken (randvoorwaarden)? Welke informatie zou u eventueel nog moeten hebben om dit te bepalen?

- Bij *verduurzaming van de energielevering* valt bijvoorbeeld te denken aan wind, zon, biomassa, of warmtekrachtkoppeling

- Kunt u ten aanzien van het idee om *innovatieve bronnen te onderzoeken* specifiek ingaan op hoe u aankijkt tegen *blue energy* (kansen, bedreigingen)?

- Ten aanzien van *besparing*: een mogelijke invalshoek is hier ook om te sleutelen aan (het beheer van) het totale watersysteem dat water afvoert via het gemaal, met als resultaat een gunstig *end of pipe*-effect.

### 3. Wilt u op de hoogte worden gehouden van de ontwikkelingen in de deelprojecten in de loop van dit jaar?

En zo ja: op welke wijze wilt u dat we contact met u onderhouden?

### 4. Welke andere actoren zouden we in deze fase nog meer moeten benaderen.

En waarom moeten we hen consulteren?

## **F Overzichtskaart Noordzeekanaalgebied**

## G Methodieken gebiedsontwikkeling

### *Methodieken voorafgaand aan gebiedsontwikkeling: systeemanalyse en relatieontwerp*

Om te bepalen of en met welke partijen het proces ingegaan kan worden, zijn twee methodieken voorhanden (NLBWikipedia, 2009):

- Systeemanalyse; moeten-willen-kunnen
- Relatieontwerp; initiator-realisator-facilitator

Een succesvolle gebiedsontwikkeling vereist een overtuigende aanwezigheid van urgenties, ambities en condities. Anders gezegd moeten beslissende actoren de noodzaak van handelen voelen, moeten zij er persoonlijk echt voor willen gaan en moeten er ook mogelijkheden zijn in de sfeer van fysieke mogelijkheden, instrumenten, middelen, mensen met de nodige vaardigheden, etc. Met de Moeten-Willen-Kunnen-Analyse kunnen verschillende inzichten worden verkregen. Op de eerste plaats gaat het om een vroegtijdige analyse van de voorwaarden voor succes. Als één of twee van de drie elementen grotendeels ontbreken, is het weinig zinvol verder te gaan met een gebiedsproces. Het is dan zaak te achterhalen wat nodig is om de zwakke elementen sterker te maken. Op de tweede plaats gaat het om een vroegtijdige analyse van posities op basis van onderlinge afhankelijkheden en aantrekkelijkheden van beslissende actoren.

Om samenhang te realiseren, moet je verbinden, ofwel sturen op relaties. Het is de kern van elk proces. Binnen de methodiek Systeemanalyse staan het moeten, het willen en het kunnen centraal. De volgende stap is om deze elementen te vertalen in een relatieontwerp. Elk proces valt namelijk terug te brengen tot een interactie tussen drie actoren: tussen een initiator, een realisator en een facilitator. Degene, die iets wil, degene die iets doet en degene die helpt. Elk geslaagd proces combineert deze drie rollen. En dat betekent dat je er dus naar op zoek moet. Meestal zijn er altijd wel twee: zoek de derde, is dan de opdracht.

### *Procesontwerp voor gebiedsontwikkeling*

Een dergelijk project over gebiedsontwikkeling is in de praktijk vaak grillig en dynamisch en daarmee onvoorspelbaar. Een procesontwerp biedt houvast om met deze complexiteit om te kunnen gaan en hierin te overleven. Een procesontwerp richt zich op veiligheid, openheid, inhoud en voortgang van een complex proces (De Bruijn e.a., 1998). Het procesontwerp biedt een voorstructurering en voorbereiding van complexe processen met als achterliggende gedachte dat dit bijdraagt tot een vloeiend procesverloop en gedragen en rijke resultaten. Een procesontwerp kan gezien worden als het geheel van spelregels en procesafspraken dat voorafgaand aan de uitvoering van een proces van gebiedsontwikkeling wordt opgesteld door een projectleider en/of procesregisseur (in goed overleg met de ontwerper als daar voor is gekozen).