



Haalbaarheidsonderzoek naar het Delta21-concept

Foto: Esmee van Eeden, TU Delft Landschapsarchitectuur

Een innovatief en duurzaam energieopslagmeer

Deelrapport 1: de uitgangspunten

*Een energieopslagmeer met meerwaarde
voor waterveiligheid en natuurversterking*

FEBRUARI 2024

UITGEVOERD MET SUBSIDIE VAN DE PROVINCIE ZUID-HOLLAND IN HET KADER VAN 'KANSEN VOOR WEST 2' / REACT EU
19 APRIL 2023: 'SLIMME SYSTEMEN TER BEVORDERING VAN EEN EFFICIËNTERE ENERGIEVOORZIENING'

Colofon

Het onderzoek is uitgevoerd voor Verboon Maasland BV en partner Delta21 en medegefinancierd door 'Kansen voor West 2', een Europees programma voor mkb-bedrijven in Zuid-Holland.



**Medegefinancierd door
de Europese Unie**

Tekstverzorging: Het Nederlands Tekstbureau, Arie Verhoef

Inhoudsopgave

1. Inleiding	8
2. Samenvatting deelrapport 1	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
3. De energiefunctie in het Delta21-concept	21
3.1 Het energiedeel van Delta21	21
3.1.1 Zeeniveau, zand en klei	22
3.1.2 Kenmerken energieopslagmeer	22
3.1.3 Locatie energieopslagmeer.....	23
3.1.4 Pumped storage hydro	23
3.2 Archimedes-pompturbines: locatie en vermogen.....	24
3.3 Aanlegkosten energiedeel Delta21-concept	25
3.3.1 Aanlegkosten duinen en ringdijk rondom energieopslagmeer.....	25
3.3.2 Toelichting op aanlegkosten duinen en ringdijk	26
3.3.3 Aanlegkosten civiele constructies nodig voor de pompturbines.....	28
3.3.4 Aanlegkosten pompturbines	33
3.3.5 Operationele en onderhoudskosten	35
3.4 Opbrengsten uit het energieopslagmeer – een kwalitatieve beschouwing	37
3.4.1 Leveringsbetrouwbaarheid en kwetsbaarheidparadox	37
3.4.2 De dienstverlening van TenneT	38
3.4.3 De toekomstscenario's van TenneT	40
3.4.4 De toegevoegde waarde van het Delta21-energieopslagmeer	41
3.5 Rol van de overheid, financiering en afschrijving	43
3.5.1 Als de overheid alle risico's dekt	44
3.5.2 Als de overheid de risico's deelt.....	44
3.5.3 Als de overheid alle risico's bij het bedrijfsleven legt.....	45
3.5.4 Twee scenario's onderzocht	45
3.6 Baten energieopslagmeer.....	46
3.6.1 In- en verkoop van stroom.....	47
3.6.2 Uitkomsten modelonderzoek Energie	47
3.6.3 Maatschappelijke baten volgens Ecorys-onderzoek	48
3.6.4 Analogie met de NorNed-kabel	48
3.6.5 Besparen op CO ₂ -uitstoot door opslag	48
3.6.6 Combinatie met andere opwekfaciliteiten.....	49
3.7 Grondeigendom, pacht en exploitatie Delta21-concept.....	49
3.7.1. Integrale, partiële of sequentiële uitvoering	50

3.7.2	Met welk bevoegd gezag heeft Delta21 te maken?	50
3.7.3	Het Delta21-concept en de vragen rond eigendom	51
3.7.4	Wie gaat het project exploiteren?	53
3.7.5	Beoogde organisatie exploitatiebedrijf	54
3.7.6	Rijk, provincie, gemeente en commerciële partij.....	55
3.8	Marktpositie Delta21 op de energiemarkt in Nederland.....	55
3.9	Wind- en zonneparken en AQUABATTERY-systemen.....	58
4.	Het integrale Delta21-concept.....	59
4.1	Het integrale concept en de ontwikkeling ervan.....	59
4.2	Delta21-concept als duurzame energiehub.....	61
4.3	Waterveiligheid als hoofddoel van het Delta21-concept	62
4.3.1	Nieuwe kering	64
4.3.2	Nieuwe overlaat of inlaat	65
4.3.3	Meerwaarde ten opzichte van traditionele oplossingen.....	66
4.4	Natuurherstel als hoofddoel van het Delta21-concept.....	66
5.	Ruimtelijke inpassing Delta21-concept in de Haringvlietmonding	69
5.1	Gevolgen van menselijk ingrijpen in de monding van het Haringvliet	69
5.2	Het Delta21-concept in de Haringvlietmonding	71
5.2.1	Naar een duurzaam estuarien landschap	71
5.3	Ruimtelijke inpassing Delta21-concept in het landschap	72
5.4	Morfologische situatie in de monding van het Haringvliet.....	75
5.4.1	Slibmorfologie.....	75
5.4.2	Morfologische situatie na de aanleg van het energieopslagmeer of valmeer ...	77
5.4.3	Aanslibbing in het energieopslagmeer of valmeer	79
5.4.4	Aanslibbing in het getijdemeer	80
6.	Bodemgegevens Haringvlietmonding	81
6.1	Grondgegevens Haringvlietmonding	81
6.2	Geologische opbouw.....	82
6.3	Grondmechanische eigenschappen.....	82
6.4	Geohydrologische eigenschappen	83
7.	Ontwerp Archimedes-pompturbines	85
7.1	Pompturbines van het type 'low head-high volume'	85
7.2	Ontwerpkarakteristieken Archimedes-pompturbines.....	86
8.	Delta21 en de waterveiligheid	90
8.1	Pompturbines bieden een grotere overstromingsveiligheid.....	90
8.2	Het benedenstroomse bekken van Rijn en Maas.....	92
8.2.1	Nieuwe Waterweg en Deltawerken	92

8.2.2	Verzilting in het benedenstroomse bekken.....	93
8.2.3	Haringvlietsluizen, kierbesluit en verdere verzilting	93
8.2.4	Sluitingspeil en faalkans Maeslantkering	94
8.2.5	Opslagcapaciteit en pompen in het benedenstroomse bekken.....	95
8.3	Het Deltaprogramma en de Deltacommissaris	96
9.	Versterking van de biodiversiteit in vier Natura 2000-gebieden.....	99
9.1	Stand van zaken in de vier Natura 2000-gebieden	99
9.2	Kansen die het Delta21-concept biedt	101
9.2.1	Milieueffectrapportage en ADC-toets.....	101
9.2.2	Impact van Delta21-concept op diverse habitats	102
9.3	Situatie van de natuur in de Voordelta.....	104
9.4	Situatie van de natuur in het Haringvliet.....	105
9.5	Situatie van de natuur in de Voornse duinen	106
9.6	Situatie in de Duinen van Goeree en de Kwade Hoek.....	107
9.7	Compensatiemaatregelen aanleg Delta21-concept.....	109
9.7.1	Inrichting getijdemeer als natuurpark.....	110
9.7.2	Aanleg vismigratierivier bij Stellendam	110
9.7.3	Twee gebieden met krekens en geulen.....	111
9.7.4	Gebruik van visvriendelijke pompturbines.....	113
9.7.5	Maatregelen verbod en beperking bodemvisserij	113
9.7.6	Open verbinding tussen getijdemeer en Oostvoornse Meer	113
9.7.7	Integratie vier Natura 2000-gebieden met valmeer	114
9.7.8	Inrichting getijdemeer en een aquatisch nationaal park	115
9.7.9	Aquacultuur in het energieopslagmeer als interessante bijvangst	116
10.	Natuurvriendelijke aanleg en inrichting energieopslagmeer	117
10.1	Biogene riffen	117
10.2	Substraten.....	118
10.3	Benthische biodiversiteit.....	119
10.4	Voorgestelde Nature Enhancing Designs (NED's)	120
10.4.1	Zeegras lijkt kansrijk en heel nuttig.....	121
10.4.2	Vismigratierivier	121
10.4.3	Terrassen langs de rand van het meer	122
10.4.4	Drijvende platformen met begroeiing in het energieopslagmeer	123
10.4.5	Drijvende platformen zonder begroeiing in het energieopslagmeer	124
10.4.6	Kunstmatige riffen onder water	126
10.5	Nature Enhancing Designs.....	127
10.5.1	Effecten van de NED's op de Habitat Directive Species (HDS)	127

10.5.2 Evaluatie van HDS per NED	128
11. Wind- en zonneparken en AQUABATTERY-systemen.....	131
11.1 Interessante energiebijvangsten uit het Valmeer	131
11.2 Opslag in AQUABATTERY-systemen.....	134
11.3 Datacenters in het energieopslagmeer of valmeer.....	134
12. Kansen voor aquacultuur in het energieopslagmeer	136
12.1 Voedselrijk vers zeewater	136
12.2 Aquacultuur in het energieopslagmeer	137
12.2.1 Integrated Multitrophic Aquaculture system (IMTA)	137
12.2.2 SeaStairs-concept.....	138
13. Stakeholders Delta21	140
13.1 Elke ruimtelijke ingreep vereist overleg.....	140
13.2 Proces voorgesprekken met stakeholders is al begonnen.....	141
13.3 Eerste indrukken uit voorgesprekken	142
13.3.1 Visserijbelangen.....	142
13.3.2 Lokale belangen.....	143
13.3.3 Natuurorganisaties	144
13.3.4 Overheid en energie	145
13.3.5 Overheid en hoogwater	146
13.3.6 Overheid en natuur	148
13.3.7 Overheid en ruimtelijke ordening	149
13.3.8 Energiebedrijven	149
13.3.9 Havensector en bouw- en industriesector	151
13.4 Het proces van omgevingsmanagement.....	153
13.4.1 Voorbereiding	153
13.4.2 Analysefase	153
13.4.3 Gespreksrondes	154
Bijlagen	155
Bijlage 1 Referenties	155
Bijlage 2 Uitgevoerde onderzoeken voor Delta21.....	155
Bijlage 2.1 MSC. Afstudeerders TU Delft en Universiteit Wageningen.....	155
Bijlage 2.2 Universiteit van Wageningen: ACT groepen	156
Bijlage 2.3 Onderzoeken uitgevoerd door hogescholen en bachelorstudenten.....	157
Bijlage 3 Sponsors, sympathisanten en deelnemers klankbordgroepen	157
Bijlage 3.1 Sponsors Delta21	158
Bijlage 3.2 Sympathisanten Delta21	158
Bijlage 3.3 Klankbordgroep haalbaarheidsonderzoek.....	159

Bijlage 4 Raming Delta21-pompstation door Ballast Nedam	159
Bijlage 5 Cases bij haalbaarheidsstudie	161
Bijlage 5.1 Casus aquacultuur – kweek van mosselen en oesters in het valmeer ...	161
Bijlage 5.2 Casus aquacultuur – kweek van zeewier in het energieopslagmeer.....	162
Bijlage 5.3 Casus drijvend zonnepark	163
Bijlage 5.4 Casus AQUABATTERY-park.....	165
Bijlage 5.5 Casus windpark in het valmeer	167
Bijlage 5.6 Casus datacenters in en bij het valmeer	177
Bijlage 6 Kosten breakdown bouw en installatie Archimedes-pompturbine	179

1. Inleiding

In dit deelrapport 1 beschrijven we de uitgangspunten van ons Delta21-concept: een integraal plan om het mondingsgebied van het Haringvliet opnieuw in te richten. Daarbij bieden we een oplossing voor een grootschalige, duurzame energieopslag. We voorzien in belangrijke mate in de hoogwaterveiligheid van de deltaregio en we doen voorstellen om te komen tot herstel van de achteruitgaande Natura 2000-gebieden in dit mondingsgebied. Het concept levert het meeste op indien het integraal wordt toegepast.

Het deelrapport 1 is een lijvig document geworden. Voor wie graag wil weten wat het Delta21-concept inhoudt en opziet tegen heel veel leeswerk, hebben we na deze inleiding een samenvatting opgenomen (hoofdstuk 2). Voor wie het hele rapport wil lezen, geven we in deze inleiding beknopt weer wat hij of zij in de diverse hierna volgende hoofdstukken kan verwachten.

Het Delta21-concept voorziet in het ondiepe oostelijke deel van de Voordelta in een getidemeer, waar nieuwe natuur kan ontstaan. In het diepere westelijke deel van de Voordelta is plaats voor een 200 meter brede en 8 meter diepe vaargeul van Stellendam naar de Noordzee en voor een energieopslag- of valmeer dat 1100 miljoen m³ water kan bevatten.

Om de haalbaarheid van ons concept te onderzoeken hebben we aan consultancybureau Horvat & Partners in Delft gevraagd om het ontwerp, de uitvoering en de aanlegkosten kritisch onder de loep te nemen. De uitkomsten daarvan leest u in deelrapport 2. We hebben ook het bureau CE Delft gevraagd om de marktwaarde van het concept te onderzoeken en om te kijken welke economische en energetische functie het Delta21-concept kan innemen in het toekomstige energiesysteem. De uitkomsten van het CE Delft-onderzoek leest u in deelrapport 3. Hoewel we met Delta21 een integraal concept hebben ontwikkeld, concentreren we ons in de drie rapporten op het energieopslagdeel.

Het totale haalbaarheidsonderzoek hebben we kunnen uitvoeren dankzij een subsidie van de Provincie Zuid-Holland in het kader van het programma 'Kansen voor West 2'. Het onderzoek is uitgevoerd onder leiding van Verboon Maasland en Delta21 bv. Verboon Maasland treedt hierop als penvoerder.

Na deze inleiding (hoofdstuk 1) en de samenvatting (hoofdstuk 2) biedt hoofdstuk 3 een algemene beschrijving van de energiefunctie en de uitgangspunten voor het haalbaarheidsonderzoek. De uitgangspunten zullen verder worden uitgewerkt en verdiept in de deelrapporten 2 en 3.

In Hoofdstuk 4 laten we in algemene termen zien hoe het integrale Delta21-concept eruitziet. Wat zijn de verschillende functies? Hoe dragen die bij aan de energietransitie, aan de hoogwaterveiligheid en aan de versterking van de natuur?

In Hoofdstuk 5 lichten we toe waarom we als locatie van ons plan de monding van het Haringvliet hebben gekozen. Ook laten we zien hoe het plan maximaal kan worden geïntegreerd in het estuarialandschap, dat zo karakteristiek is voor de Haringvlietmonding.

In Hoofdstuk 6 gaan we dieper in op de ondergrond van de Voordelta en de mogelijkheden daarvan voor de aanleg van het energieopslagmeer.

In Hoofdstuk 7 beschrijven we hoe we de energiefunctie van het energieopslagmeer willen creëren met honderd pompturbines en waarom we hebben gekozen voor de Archimedes-pompturbines van Nederlandse makelij.

In Hoofdstuk 8 gaan we in op de hoogwaterveiligheidsfunctie. Dat is één van de hoofddoelen van het Delta21-concept. Die functie is beschikbaar vanwege de grote opslag- en pompcapaciteit. In tijden van zware storm en/of een hoge rivierafvoer kunnen we het overtollige rivierwater extra bergen in het energieopslagmeer en heel snel ook weer lozen op zee dankzij de pompcapaciteit. In dit hoofdstuk beschrijven we ook hoe het Delta21-concept zich verhoudt tot het huidige beleid, dat ondergebracht is binnen het Deltaprogramma en dat onder leiding staat van de Deltacommissaris.

In Hoofdstuk 9 gaan we in op de biodiversiteit in het mondingsgebied van het Haringvliet. Vier Natura 2000-gebieden liggen hier bij elkaar. Ondanks alle beschermende maatregelen gaat de biodiversiteit in het gebied achteruit. We analyseren de oorzaken daarvan en beschrijven hoe we met ons Delta21-concept het natuurherstel een extra kans kunnen geven.

In Hoofdstuk 10 doen we suggesties hoe we het energieopslagmeer en het getijdemeer zodanig kunnen inrichten, dat de biodiversiteit daar hersteld en versterkt kan worden.

In Hoofdstuk 11 beschrijven we de kansen voor een grootschalig windpark en een drijvend zonnepark. Naast waterkracht benutten we dan ook wind- en zonne-energie. Ook is er in principe ruimte voor de plaatsing van AQUABATTERY-systemen.

In Hoofdstuk 12 laten we zien welke traditionele en innovatieve vormen van aquacultuur een plaats kunnen vinden in het energieopslagmeer.

In Hoofdstuk 13 lichten we toe welke voorbereidende initiatieven Delta21 al heeft genomen in het kader van omgevingsmanagement.

In Bijlage 2 laten we zien welke onderzoeken we de afgelopen jaren hebben laten uitvoeren door studenten van de TU Delft, Wageningen Universiteit & Research, Hogeschool Zeeland, De Haagse Hogeschool en Hogeschool Rotterdam. In Bijlage 3 geven we de namen van sponsors en sympathisanten, die de afgelopen jaren het concept mee hebben helpen ontwikkelen. Een aantal cases vindt u uitgewerkt in bijlage 5.

Naast Horvat & Partners en CE Delft hebben de volgende organisaties bijdragen geleverd aan ons onderzoek naar de haalbaarheid van het Delta21-concept:

Provincie Zuid-Holland, Ballast Nedam, Volker Wessels/van Hattum en Blankevoort, BAM Infra, Unica Datacenters, Hogeschool Zeeland, TU Delft, Boskalis Nederland, Van Oord, DEME, NOVAR, Groenleven, Movares, FishFlow Innovations, Spie, Shell Nederland, Campus@Sea, Brown Green, Dutch Wind Design, The Seaweed Company.

Samenvatting deelrapport 1

Nederland staat voor grote opgaven om het leven voor komende generaties leefbaar te houden. In allerlei overheids- en beleidsgremia wordt nagedacht over klimaatverandering, afstand nemen van fossiele brandstoffen, waterveiligheid en natuurherstel. Kenniscentra doen onderzoek op elk van deze thema's. Het Delta21-concept bundelt – als het integraal wordt uitgevoerd – oplossingen voor alle drie deze thema's: energiezekerheid, waterveiligheid en natuurherstel. In dit haalbaarheidsonderzoek focussen we op de voordelen van grootschalige energieopslag in ons concept.



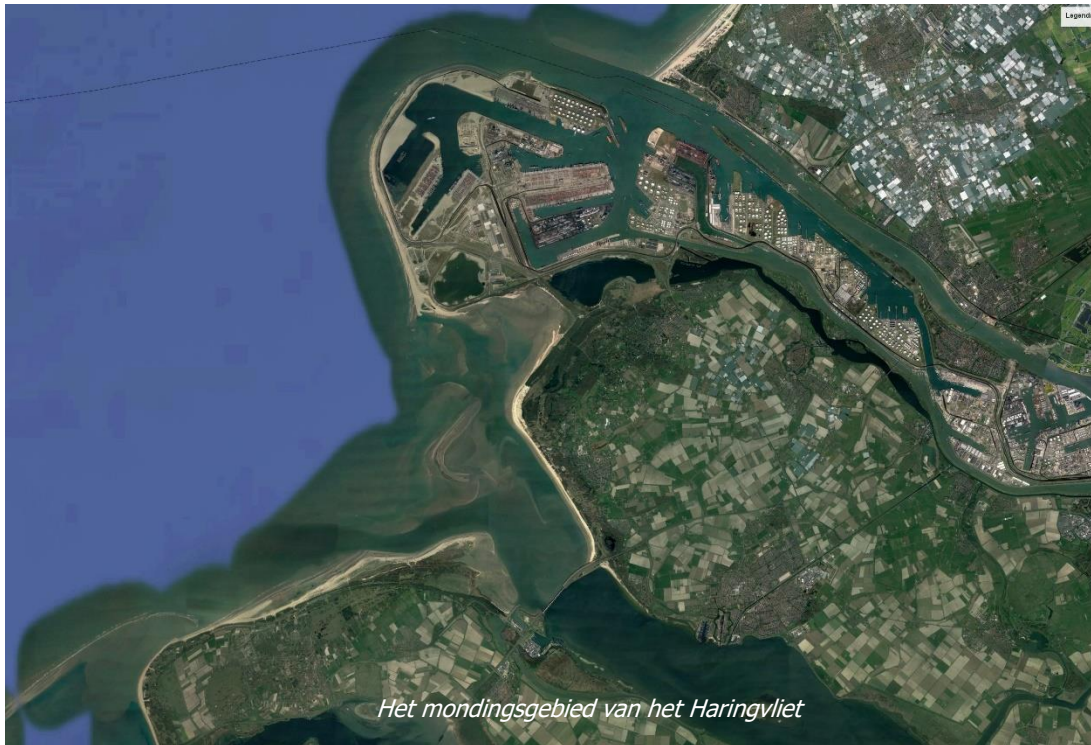
Delta21-concept in vogelvlucht

Waarom die focus op energie?

De Provincie Zuid-Holland heeft ons subsidie gegeven om in het kader van 'Kansen voor West' de haalbaarheid te onderzoeken van het Delta21-concept voor alleen het thema grootschalige energieopslag. We focussen hier daarom op dát deel van het plan, zonder de andere delen te negeren. We zijn er namelijk van overtuigd dat het Delta21-concept, integraal uitgevoerd, het meeste effect heeft en de meeste revenuen oplevert.

Een energieopslagmeer in de Voordelta

De monding van het Haringvliet, met aan de noordkant Rockanje en de Maasvlakte en aan de zuidkant Stellendam en Goedereede. Voor de komst van de Nieuwe Waterweg was dit de



hoofdafvoer van Rijn en Maas. De Haringvlietdam heeft die afvoer afgesneden. Het water in het Haringvliet is zoet geworden. De zee westelijk van de dam – de Voordelta – heeft te maken met sterke verslibbing en verzanding. De vissers van Stellendam kunnen alleen blijven uitvaren als de smalle vaargeul continu wordt uitgebaggerd.

Nieuwe natuur en een diepe vaargeul

Het Delta21-concept voorziet in het ondiepe oostelijk deel van die Voordelta in een getidemeer, waar nieuwe natuur kan ontstaan. In het diepere westelijke deel van de Voordelta is plaats voor een 200 meter brede en 8 meter diepe vaargeul naar Stellendam en voor een valmeer of energieopslagmeer.

Pumped storage hydro

Het wateroppervlak van het energieopslagmeer is km² groot. Aan de windgevoelige Noordzeekant het meer van de zee gescheiden door nieuwe duinen en dus nieuwe biodiversiteit. Aan de luwe Haringvlietkant liggen honderd Archimedes-pompturbines in een drie kilometer lange ringdijk. Delta21-concept maakt gebruik van pumped storage hydro (PSH). Wereldwijd vindt 93 procent de energieopslag plaats met deze methode. Pump storage hydro is efficiënt, milieuvriendelijk en goedkoop in onderhoud. PSH heeft bovendien een levensduur.



Nieuwe duinvorming

40
wordt

Het
van

lange

Hoe werkt pumped storage hydro?

Een PSH-centrale in een gesloten systeem werkt vrijwel hetzelfde als een conventionele waterkrachtcentrale. Het verschil is dat de PSH-centrale hetzelfde water keer op keer kan gebruiken. In tijden van een hoog energieaanbod en weinig vraag pompen de honderd Archimedes-turbines het water van het onderste reservoir naar het bovenste. In tijden van laag energieaanbod en veel vraag wordt het water uit het bovenste reservoir vrijgegeven aan het onderste reservoir via de turbines waardoor elektriciteit wordt opgewekt. Het blijft in het onderste reservoir totdat het bij een hoog energieaanbod en een lage vraag weer naar het bovenste reservoir wordt gepompt.



De pumped storage hydro in het Delta21-concept wijkt in die zin van het gesloten systeem af dat het bovenste reservoir de Noordzee is.

Noordzee als bovenste reservoir

Maximaal 5 terawattuur per jaar

Het energieopslagmeer in het Delta21-concept is goed voor 34 gigawattuur energieopslag. Het heeft een capaciteit van 2 gigawatt oftewel 2.000 megawatt opgesteld vermogen. Ter vergelijking: de in 2015 in bedrijf genomen Energiecentrale Rotterdam is met een nettocapaciteit van 731 megawatt één van de meest efficiënte energiecentrales ter wereld. In het energieopslagmeer van 40 km² is ruimte voor zonneparken en eventueel windparken. Op de bodem van het meer kunnen aquabatterijen worden geïnstalleerd om nog eens een extra hoeveelheid energie op te slaan. In het Delta21-concept kunnen we jaarlijks maximaal 5 terawattuur per jaar opslaan. Dat is ongeveer 10 procent van wat TenneT in 2050 nodig denkt te hebben aan vereiste opslagcapaciteit.

De voordelen van dit energieopslagmeer

De energietransitie – de overgang van een conventionele naar een duurzame energievoorziening – legt een grote druk op de leveringszekerheid van elektriciteit. Dat is de uitdaging waar TenneT voor staat. Op een windstille dag is er geen energie uit wind. Is er meer wind- en zonne-energie beschikbaar dan op dat moment gebruikt wordt, dan gooien we die energie veelal weg. Grootschalige energieopslag is daarom essentieel voor een duurzame energievoorziening. Het energieopslagmeer in het Delta21-concept kan een belangrijke bijdrage daaraan leveren: ongeveer 10 procent van de totale opslagcapaciteit die TenneT in 2050 nodig denkt te hebben.

Ontlasting opslagstation en hoogspanningsnet

De locatie in de Voordelta ligt pal onder de Maasvlakte. Daar heeft TenneT al een opslagstation staan voor ongeveer 8 gigawatt, met een aansluiting op het 380 kilovolt (kV) hoogspanningsnetwerk. Maar grootschalige opslag in de orde van grootte van 5 terawattuur ontbreekt. Het energieopslagmeer in het Delta21-concept zal met die capaciteit zowel het TenneT-opslagstation als het 380 kV hoogspanningsnetwerk ontlasten.

Duurzame energiehub voor Rotterdam

De Maasvlakte maakt onderdeel uit van de Rotterdamse haven. Deze is nu nog voor 40 procent een conventionele energiehaven met een industrie die nu nog vooral draait op conventionele energie. De havensector hecht grote waarde aan de opzet van een duurzame energiehub met een grootschalige opslag in de directe regio. Het Delta21-energieopslagmeer in de Haringvlietmonding kan die duurzame energiehub voor Rotterdam worden.

Ontvangst van het Delta21-concept

In dit haalbaarheidsonderzoek hebben we met een groot aantal belanghebbenden veel informele gesprekken gevoerd over de wenselijkheid en uitvoerbaarheid van het Delta21-concept.

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat vindt de integratie van zonne- en windparken binnen het concept veelbelovend. Zij pleit ervoor het energieopslagmeer aan te laten sluiten op de nieuwe kerncentrales die mogelijk in Borssele verrijzen en tevens op de waterstoffabrieken die op de Maasvlakte gebouwd gaan worden.



Het Delta21-concept zou het 380 kV-netwerk kunnen ontlasten.

Als het Delta21-concept ertoe bij kan dragen dat het 380 kV hoogspannings-netwerk wordt ontlast, zou dat voor het ministerie een welkome ontwikkeling zijn, waarvan ook andere energieactiviteiten in de regio baat bij kunnen hebben.

TenneT

TenneT is uitgesproken positief over de mogelijkheden van het Delta21-concept. De uitvoeringsorganisatie steunt onze initiatieven vooral, omdat die bijdragen aan de zo gewenste balans in netbelasting tussen vraag en aanbod van energie.

Provincie Zuid-Holland

De Provincie Zuid-Holland is actief betrokken bij ons concept. Zij heeft interesse voor alle plannen die een belangrijke bijdrage aan de energietransitie kunnen leveren, zonder dat de belangen van

de hoogwaterveiligheid en de natuur worden geschaad. Het Delta21-concept doet niets af aan waterveiligheid en natuur; wij vergroten het natuurareaal en verbeteren de waterveiligheid (zie kader).

Havens, bouw en industrie

De havensector is blij met het Delta21-concept. De sector hecht grote waarde aan de opzet van een duurzame energiehub met een grootschalige opslag in de directe regio. Ook de bouwsector en industrie erkennen dat de energietransitie om grootschalige nieuwe oplossingen vraagt. Zij zien grote kansen in ons concept. Belangrijk voor bouw en industrie is dat het hele waterbouwkundige project kan worden uitgevoerd met de inzet van Nederlandse kennis en productiefaciliteiten.

Voordelen buiten het thema energie



Het Delta21-concept zal het meeste opleveren als het integraal wordt uitgevoerd, met het oog op energietransitie, waterveiligheid en natuurherstel. Ook belanghebbenden buiten het thema energie zijn geïnteresseerd in ons concept.

De **visserij** is vooral gebaat bij een bredere, diepere vaargeul van Stellendam naar de Noordzee. Mossel- en oestertelers en algenkwekers zien in het energieopslagmeer economische kansen voor verplaatsing of uitbreiding van hun activiteiten elders.

Ook enkele **natuurorganisaties** erkennen dat de grootschalige opslag van duurzame energie essentieel is voor het welslagen van de energietransitie. Ze zijn blij dat de pompturbines in het concept visvriendelijk zijn. Dat er aan de oostkant van het energieopslagmeer en in het getijdemeer ruimte komt voor nieuwe natuur. De natuurorganisaties maken zich zorgen over de achteruitgang van de biodiversiteit in de vier Natura 2000-gebieden in deze regio: de Kwade Hoek, de Voordelta, het Haringvliet en de Voornse Duinen (zie kader). Een voorwaarde voor hun steun aan het Delta21-concept is dat de biodiversiteit aantoonbaar moet worden verbeterd door de actieve natuurherstelingsrepen die in ons concept zijn voorzien.

De **Deltacommissaris** is namens het ministerie van Infrastructuur & Waterstaat en de waterschappen verantwoordelijk voor de zoetwatervoorziening en hoogwaterveiligheid in deze



regio.
De

activiteiten in het kader van de hoogwaterveiligheid zijn nu vooral gericht op het versterken van de rivierdijken. De Deltacommissaris ziet het Delta21-concept als een mogelijke en interessante (deel)oplossing voor de effecten van een zeespiegelstijging in de benedenstroom van Rijn en Maas. De Deltacommissaris heeft ook veel interesse in de pompcapaciteit van 10.000 m³/seconde. Die kan de waterveiligheid zeer ten goede komen tijdens stormen of hoogwater in de rivieren.

De kosten en opbrengsten

De begrote kosten voor de aanleg van het energieopslagmeer bedragen € 8 miljard. Hoewel de technische levensduur langer is, kunnen deze aanlegkosten in honderd jaar worden afgeschreven. De verbreding en verdieping van de vaargeul naar Stellendam is hierin nog niet meegenomen. De begroting is gebaseerd op het prijsniveau van 2023.

De operationele kosten van het energieopslagmeer zijn deels te vergelijken met die van een energiecentrale, maar de operatie van een energiecentrale is veel complexer. Bij het energieopslagmeer heb je enkel een operator nodig om de pompen en turbines aan te zetten of om te zetten.

Het consultancybureau Horvat & Partners B.V. (H&P) uit Delft heeft in deelrapport 2 het Delta21-ontwerp, onze uitvoeringsmethode en de kosten gevalideerd. H&P heeft ook gekeken naar de mogelijkheden om de functie te verbreden naar waterveiligheid en natuurherstel, dus naar een integrale toepassing van ons concept. Horvat & Partners meent wel dat verder onderzoek nodig is om de kostenrisico's bij de aanleg nauwkeuriger te kunnen inschatten. Ook is H&P van mening dat de duur en de kosten van het vergunningenproces te optimistisch door Delta21 is ingeschat.

Accent op verdienen

De eenmalige aanlegkosten zijn relatief hoog. Dat die in een periode van honderd jaar mogen worden afgeschreven, maakt die kosten niet veel draaglijker. Want wie is in staat om een periode van honderd jaar te overzien?!

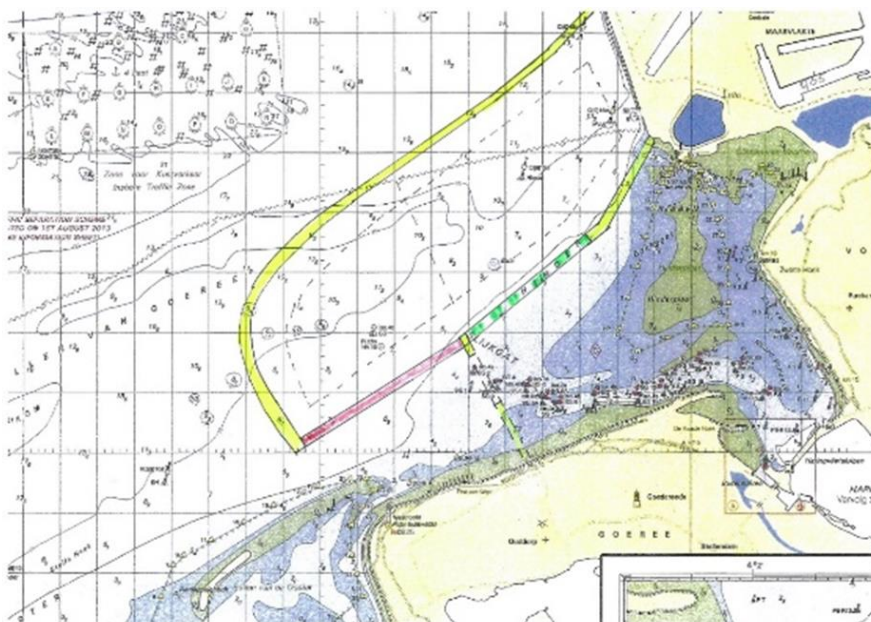
Het is daarom goed om het accent te leggen op de grote verdiensten van deze grootschalige energieopslag. In deelrapport 3 beschrijft CE Delft wat de kwantitatieve verdiensten zijn van het energieopslagmeer in het Delta21-concept. CE Delft is het onafhankelijke onderzoeks- en adviesbureau dat is gespecialiseerd in het ontwikkelen van innovatieve oplossingen van milieu- en duurzaamheidsvraagstukken. CE Delft heeft voor de businesscase een vergelijking gemaakt met andere bronnen van flexibiliteit gebaseerd op de levelised cost of storage (LCOS), oftewel de kosten per geleverde MWh. Daaruit komt naar voren dat de LCOS van Delta21 kostencompetitief is bij een gunstige financiering en voldoende vollasturen, eea gebaseerd op een afschrijfperiode van 30 jaar.

Groot maatschappelijk belang

Het energieopslagmeer in het Delta21-concept maakt het mogelijk om jaarlijks maximaal 5 terawattuur op te slaan. Daarmee vormt het energieopslagmeer niet alleen een noodzakelijk deel van de regionale en nationale energie-infrastructuur, maar krijgt het ook een groot maatschappelijk belang. De leveringszekerheid van duurzame energiebronnen is minder groot dan die van conventionele energiebronnen. Geen wind of zon, dan ook geen energie. Grootschalige opslag is dus essentieel om verstoringen tegen te gaan. Als zo'n verstoring langer dan acht uur duurt, is de situatie maatschappelijk dermate ontwrichtend dat je die kunt vergelijken met een ramp. Bovendien kunnen met energieopslag de weersafhankelijke energiebronnen ook veel beter benut worden en ook dat levert aanzienlijke maatschappelijke baten op.

Redelijke terugverdientijd aannemelijk

De te maken investeringen in pumped storage hydro kan met diverse vormen van baten worden terugverdiend. Er is uitgegaan van een terugverdientperiode van 30 jaar, maar de levensduur van het bassin is, met uitzondering van de pompturbines, minstens 100 jaar. Vanwege de hoge voorinvesteringen weegt de hoogte van de rentelasten zwaar op de exploitatie. Waar we in de huidige situatie steeds meer overtollige energie weg moeten gooien bij een hoog aanbod en lage vraag, kun je in de nieuwe situatie die energie goed vermarkten. Die energie is groen en schoon en voorziet in een optimaler gebruik van andere energiebronnen. In de nieuwe situatie hoef je dus minder uit te geven om de CO₂-uitstoot te verlagen naar netto 0.



Het ontwerp zoals gemaakt door Esmée van Eeden (bron: TU Delft, Landschaps-architectuur).

Uitvoering van het Delta21-concept

De realisering van het Delta21-concept levert altijd winst op. Dat doet het al wanneer we alleen kijken naar het energieopslagdeel. Dat doet het helemaal als we daarbij ook het natuurherstel en de hoogwaterveiligheid betrekken (zie kader). En toch kijken overheid en marktpartijen op dit moment vooral naar elkaar.

Energiecentrale of energie-infrastructuur?



Ziet de overheid de aanleg van het energieopslagmeer als de bouw van een energiecentrale, dan gaat het om een privaat project, waarbij marktpartijen aan zet zijn. Als de overheid de aanleg van

het meer ziet als een noodzakelijke stap in de toekomstige energie-infrastructuur, kan de aanleg plaatsvinden in een publiek-private constructie waarin de overheid mede risico draagt.

Langjarige afnamegaranties nodig

Zolang dat niet zo is, staan marktpartijen niet te springen om hun handtekening te zetten voor de aanleg van het energieopslagmeer. Ook Delta21 heeft (nog) niet de mogelijkheden om het initiatief daarvoor te nemen. Grote marktpartijen zijn niet bereid om de geschatte € 8 miljard risicodragend kapitaal in dit project te investeren, zonder eerst langjarige afnamegaranties te krijgen.

Commerciële aarzeling energiebedrijven

Ook de energiemaatschappijen staan niet overwegend positief tegenover de aanleg van het energieopslagmeer. Waar het maatschappelijk belang van grootschalige energieopslag en daarmee netbalancing evident is, hebben energiemaatschappijen juist een commercieel belang bij het in stand houden van pieken en dalen in vraag en aanbod. Want bij schaarste in het aanbod kunnen zij een hogere energieprijzen vragen.

Waarom TenneT niet?

TenneT beheert als uitvoeringsinstantie van de overheid het hoogspanningsnet in Nederland en een groot deel van Duitsland. De belangrijkste taak van TenneT is: zorgen dat het licht blijft branden. Dat elektriciteit altijd en overal met één druk op de knop beschikbaar is en blijft. Met een leveringszekerheid van 99,99963 procent is TenneT een van de beste netbeheerders op deze wereld.

Maar TenneT is slechts een uitvoerings- en beheerdersorganisatie en heeft niet het wettelijke mandaat om te investeren in energieproductie en -opslag. Om dat mandaat te krijgen, zou een wetwijziging nodig zijn. Omdat de maatschappelijke belangen zo groot zijn, is een constructie denkbaar dat het Rijk de aanleg van het energieopslagmeer en het getijdemeer betaalt. Wanneer andere partijen dan de turbinepompen en constructies voor hun rekening nemen, dan zou TenneT een afnamegarantie kunnen geven voor dertig jaar. TenneT wil daar op dit moment niet voor pleiten, omdat de organisatie wettelijk aan handen en voeten gebonden is. Het Rijk zou hierin het initiatief moeten nemen en TenneT meer speelruimte moeten geven. Het maatschappelijk belang is daarvoor groot genoeg.

Deelrapporten 2 en 3

Waar we in dit deelrapport 1 de uitgangspunten van het Delta21-concept formuleren, zullen de twee volgende deelrapporten op basis van deze uitgangspunten dieper ingaan op hoe dit concept het beste kan worden gerealiseerd tegen welke kosten en opbrengsten. In deelrapport 2 heeft consultancybureau Horvat & Partners B.V het Delta21-ontwerp, de uitvoering en de aanlegkosten gevalideerd. In deelrapport 3 valideert CE Delft de markt voor grootschalige energieopslag en de opbrengsten van het energieopslagmeer.

Delta21-concept: cruciaal voor de waterveiligheid in Nederland

De zeespiegel zal de komende decennia naar verwachting alleen maar stijgen. De kans op hoogwater in onze rivieren wordt ook groter naarmate we meer te maken krijgen met hevige regenbuien in het hele Europese stroomgebied. Het energieopslagmeer in het Delta21-concept biedt een prachtige mogelijkheid voor een tijdelijke wateropslag. Vooral het economisch waardevolle benedenstroomse gebied van Rijn en Maas wordt bedreigd door de combinatie van stormopzet, hoge rivierafvoeren en een zeespiegelrijzing. Daar zijn ingrijpende maatregelen voor nodig, Delta21 biedt daarvoor een aantrekkelijk optie.

Scherpere keuzes maken

De Deltacommissaris voert de regie over alle waterveiligheidsmaatregelen. Bij de presentatie van zijn Deltaprogramma 2024 drong hij erop aan om vaart te maken en grenzen te stellen aan het ruimtegebruik en het watergebruik. "Dat betekent ook scherpere keuzes maken over waar we wel en niet bouwen, waar we ruimte creëren om water op te slaan voor droge perioden en waar we ruimte reserveren voor toekomstige dijkversterkingen."



Nu ligt het accent van de waterveiligheidsmaatregelen volledig op het dijkversterkingsprogramma.

Delta21: eenvoudiger en doeltreffender

Maar dijken verzwaren heeft veel impact op de gebouwde omgeving. Waar en wanneer stuiten we op de grenzen van almaar hogere en bredere dijken aanleggen? Het Delta21-concept biedt een alternatief dat het doorrekenen meer dan waard is. In ons concept focussen we op de combinatie van een groot waterreservoir en honderd pompturbines in de monding van het Haringvliet.

Het energieopslagmeer kan 1100 miljoen m³ water bevatten. Even om een beeld te krijgen: de Rijn voert maximaal 18.000 m³ per seconde af. Dat is 65 miljoen m³ per uur. De Rijn kan dus 17 uur in het energieopslagmeer stromen voordat dat vol is. Daarbij komen nog de honderd Archimedes-pompturbines die samen de functie hebben van één megagroot gemaal.

Het Delta21-concept is wat de waterveiligheid betreft een eenvoudiger en doeltreffender alternatief voor het almaar verder verhogen en versterken van de dijken. Niet vreemd dus dat zowel de provincies als de waterschappen met belangstelling kijken naar de voordelen van ons concept op het gebied van waterveiligheid.

Delta21-concept: volop kansen voor natuurherstel

De natuurwaarden in de vier Natura 2000-gebieden rond de monding van het Haringvliet gaan langzaam maar zeker achteruit, tot grote bezorgdheid van de natuurorganisaties. De Kwade Hoek, de Voordelta, het Haringvliet zelf en de Voornse Duinen laten een kwijnende biodiversiteit zien, ondanks de strenge Natura 2000-regelgeving vanuit Den Haag. Het Delta21-concept biedt volop kansen voor natuurherstel.

Oorzaken achteruitgang biodiversiteit

Door de afsluiting van het Haringvliet en de aanleg van de Eerste en de Tweede Maasvlakte is een natuurlijk evenwicht verstoord geraakt. Deze ingrepen hebben nog steeds grote effecten op de natuur en de biodiversiteit, zowel voor flora als fauna, in de vier Natura-2000 gebieden en ook daarbuiten. Zo heeft het zand op de stranden van Oostvoorne plaatsgemaakt voor slib waarop steeds meer begroeiing plaatsvindt. De aanslibbing verplaatst zich in zuidelijke richting. Door een sterke zoutspray vanwege de brekende golven zijn de Voornse Duinen de vindplaats van een aantal voor Nederland unieke ziltminnende planten. Nu de golven van de Noordzee al ver van de duinen breken en de zoutspray is afgenomen, verdwijnen deze voor Nederland unieke planten.



Verslibbing en verzanding

Langs de Kwade Hoek is sprake van een zandtransport. De Hinderplaat beweegt steeds verder richting Rockanje. Met de zuidwaartse verslibbing is dit voor het strand van Rockanje een grote bedreiging. De verslibbing zorgt voor een slikkenbiotoop in plaats van stranden. De verzanding maakt dat de smalle, kronkelige vaargeul van de Noordzee naar Stellendam zeer frequent, door te baggeren, op diepte moet worden gehouden.

Biodiversiteit herstellen

Door het energieopslagmeer aan te leggen in het diepere deel van de Haringvlietmonding zal de Hinderplaat zich niet verder verplaatsen richting Rockanje. De verzanding van de Kwade Hoek wordt gestopt. Om de verslibbing tot staan te brengen worden maatregelen genomen die de slibstroom leiden naar een aan te leggen diepe vaargeul, die één keer per twintig tot veertig jaar moet worden uitgebaggerd.

Het ondiepe gebied tussen het energieopslagmeer en de Haringvlietsluizen biedt in het Delta21-concept echter ook plaats aan een getijdemeer. Het zout-brakke water daarin zal de oorspronkelijke brakwaterbiotoop ten dele herstellen. Het getijdemeer is ook gunstig voor de vismigratie tussen rivierengebied en de Noordzee. Die vismigratie willen we in het Delta21-concept verder ondersteunen door een vismigratierivier aan te leggen tussen het getijdemeer en het Haringvliet.

De biodiversiteit boven water kunnen we stimuleren door een duinenrij aan te leggen aan de westkant van het energieopslagmeer, waar brekende golven weer voor de zoutspray zullen zorgen die de unieke ziltminnende planten nodig hebben. In het getijdemeer zullen banken en geulen elkaar afwisselen. Kunstmatige riffen en andere natuurfaciliteiten in het energieopslagmeer zullen ook bijdragen aan herstel van de oorspronkelijke biodiversiteit.

Waar zonder Delta21-concept de zee hier langzaam maar zeker verandert in één grote slib- en zandvlakte, zal ons concept volop kansen bieden aan natuurherstel.

3. De energiefunctie in het Delta21-concept

Hoewel het Delta21-concept een integrale oplossing wil geven voor de energietransitie, de waterveiligheid en het natuurherstel, beperken we ons in dit derde hoofdstuk tot een algemene beschrijving van de energiefunctie en de uitgangspunten voor het haalbaarheidsonderzoek.

3.1 Het energiedeel van Delta21

Het energiedeel bestaat uit een energieopslagmeer of valmeer met pompturbines in het diepere westelijke deel van de Haringvlietmonding. In het ondiepe oostelijke deel van de monding ligt een getijdemeer dat in open verbinding staat met de Noordzee.

Het energieopslagmeer doet méér dan de naam zegt. Het biedt ook ruimte voor een zonnepark en een windpark. Eventueel is er in het meer ook plaats voor AQUABATTERY-systemen met een energieopslagfunctie. Het getijdemeer dient om de biodiversiteit in het gebied te vergroten.

Onderstaande lay-out is geïnspireerd door het ontwerp van Esmée van Eeden (bron: TU Delft Landschapsarchitectuur). Het donker ingekleurde deel rechts is het getijdemeer. Het met een gele duinenrand begrensde deel is het energieopslagmeer. De duinen worden opgespoten met het zand dat we overhebben als we het energieopslagmeer op diepte maken.



Esmée stelde in dit ontwerp een zeer brede duinenrand voor aan de zeezijde. Zo'n duinenrij biedt kansen aan biodiversiteitsvergroting. Omdat we hier focussen op de energiedoelstellingen, hebben we de brede duinen in het ontwerp weggelaten. Ook de overlaat en nieuwe stormvloedkering zijn voor de

energiefunctie niet nodig. Daarom zijn die gestippeld weergegeven. Beide constructies kunnen we toevoegen als ook de hoogwaterveiligheid- en natuurherstelfunctie van het Delta21-concept wordt nagestreefd. De honderd Archimedes-pompturbines ziet u in het zuidoostelijke deel van het energieopslagmeer. Daar is deze civiele constructie het beste beschermd tegen de aanval van golven. Op deze schets hebben we onze begroting en het haalbaarheidsonderzoek gebaseerd.

3.1.1 Zeeniveau, zand en klei

Het gemiddelde zeeniveau op deze locatie in de Voordelta varieert van NAP -0,75 meter bij laagwater tot gemiddeld NAP +1,25 meter bij hoogwater. Waar we het energieopslagmeer hebben geprojecteerd in bovenstaand model ligt het bodempeil tussen NAP -5 tot -14 meter.

Zandbalans

Om kosten te besparen, moet de zandbalans tussen enerzijds het baggeren in het energieopslagmeer en anderzijds het opspuiten van zand uit het energieopslagmeer voor de duinenrand zo veel mogelijk in evenwicht zijn. In het huidige voorstel is de hoeveelheid op te spuiten zand lager dan de gebaggerde hoeveelheden zand en slib uit het energieopslagmeer. Wel moet gezegd, dat een deel van de gebaggerde hoeveelheden onbruikbaar lijken te zijn voor het opspuiten van de duinen. De hoeveelheid goed overtollig bruikbaar zand kan worden gebruikt voor diverse doeleinden, zowel binnen als buiten het project. Primair kan het overtollige zand worden aangeboden aan de markt voor doeleinden op het land, maar het kan ook worden gebruikt voor bijvoorbeeld de kustverdediging. Voorlopig hebben we ervoor gekozen om het overtollige, goed bruikbare zand te benutten om het strand aan de zeezijde te verbreden.

Onder de vissers in Stellendam bestaat de behoefte om de vaargeul naar Stellendam te verbreden en te verdiepen. In het model zoals dat nu voor ons ligt, lijkt daar geen ruimte voor te zijn. Als die vaargeul er wel komt, wordt gedacht aan een breedte van bijvoorbeeld 250 meter en een diepte van 8 meter over een lengte van ruim 6 kilometer. Daarmee zou ongeveer 5 tot 10 miljoen m³ extra zand beschikbaar komen. Maar dit onderdeel hebben we niet in de huidige aannames meegenomen, evenmin als het gebruiken van de kleilaag en het fijne zand of slib in de kern van de duinen.

Kleilaag

Op de locatie van het energieopslagmeer ligt op een diepte van NAP -20 meter een kleilaag, zo blijkt uit een aantal boringen. Deze laag heeft een dikte van 1 tot 3 meter. In onze berekeningen hebben we rekening gehouden met een verwerking van deze kleilaag in de aanleg van het meer. Zo zouden we die laag kunnen benutten als kern van het duin, om daarmee de kwel te verkleinen. Als daartoe wordt beslist, is wel een deels andere werkmethode nodig, bijvoorbeeld met grijpers. Ook kan overwogen worden om de overtollige kleilaag af te voeren naar zee. Uit nader grondonderzoek moet blijken hoe dik en uitgebreid deze kleilaag in werkelijkheid is.

Het huidige bodempeil in het gebied waar het getijdemeer is voorzien, varieert van NAP -5 meter tot ongeveer NAP, met uitzondering van het diepere deel bij de uitgang van de Haringvlietsluizen.

3.1.2 Kenmerken energieopslagmeer

Het energieopslagmeer is in totaal ongeveer 50 km² groot. Het natte oppervlak is ruim 40 km². De diepte is maximaal NAP -33 meter met hellingen van 1:20. Waar de pompturbines zijn voorzien, zal altijd ongeveer 5 meter water moeten blijven staan ten behoeve van de drijvers en de pompturbines. Daar zal het bodempeil op ongeveer NAP -33 meter komen te liggen. Wat verder verwijderd van de pompturbines kan het bodemniveau tot 4 meter omhoog (circa 29 meter diep), omdat daar bij een leeggepompt energieopslagmeer een waterdiepte van 1 meter voldoende is.

Uit onderzoek door Boskalis blijkt, dat er enige kwel naar het energieopslagmeer zal optreden, maar dat de dagelijkse hoeveelheden grondwater die instromen minder dan 1 procent van het volume in het energieopslagmeer bedragen. Er is voor een eerste ruwe inschatting van de kwel uitgegaan van een waarde van $2 \cdot (10^{-4})$ m/s. Het verval varieert van 3 tot 28 meter, gemiddeld, 15,5 meter. De kwallengte varieert van 2 tot 8 kilometer. Dan kom je op kwelsnelheden van ca. $2 \cdot (10^{-3})$ m/uur. Met een geschatte natte doorsnede van 30 km² wordt het gemiddeld kweldebiet orde 0, 1 miljoen m³/uur. Per jaar is dat ongeveer de bassinhoud. De kleilaag van 1 tot 3 meter op NAP -20 meter kan eventueel benut worden in de kern van de duinen. Dit zal de kwel verminderen. Kwel lijkt dus niet tot grote problemen te leiden. Er is geopperd om eventueel een verticaal bentoniet- of kunststofscherf te plaatsen rond het energieopslagmeer. De aanlegkosten daarvan zouden minder dan 1 procent van de aanlegkosten bedragen. Wel moeten ter plaatse van de pompturbines damwanden worden toegepast, om de onderloopsheid te beperken en de opwaartse druk onder de constructie te verkleinen. We zijn daarbij uitgegaan van een damwand tot NAP -34,5 m en een filterconstructie aan beide zijden. De afmetingen hiervan zijn niet bepaald.

Bodempeil	max. NAP -33 m	Inhoud waterschijf	ca. 1100 M m ³
Waterpeil	NAP -28 m tot NAP -3 m	Netto energie-inhoud	34 GWh ¹
Gem. verval	15,50 m	Totaal opgesteld vermogen	2 GWe
Waterschijf	25,00 m	Uit te breiden tot	6 GWe

3.1.3 Locatie energieopslagmeer

Als locatie van het energieopslagmeer of valmeer is bewust gekozen voor de Voordelta van het Haringvliet. Niet alleen omdat dit vanouds de afvoer is van Rijn en Maas. Ook omdat het mondingsgebied raakt aan de Tweede Maasvlakte en daarmee het hele Rotterdamse havengebied.

De Rotterdamse haven is nu voor 40 procent een conventionele energiehaven met een industrie die vooral nog conventionele energie gebruikt. Zowel haven als industrie heeft de wens om in de toekomst de functie te vervullen van duurzame energiehub. Daarbij werd aanvankelijk vooral gedacht aan lpg en lng, maar nu ook aan ammoniak, ethanol en waterstof. Dit gebied is ook prima geschikt voor de aanlanding van elektrische stroomverbindingen vanuit het Verenigd Koninkrijk (BritNed-kabel²) en van de grote offshore windparken.

TenneT heeft al een energieopslagfaciliteit van circa 8 GWe op de Maasvlakte met een aansluiting op het 380 kV hoogspanningsnetwerk. Maar een grootschalige opslag ontbreekt nog, wat belemmerend werkt op een aantal ontwikkelingen. Het energieopslagmeer in de Voordelta van het Haringvliet, zoals voorzien in het Delta21-concept, ligt in de directe nabijheid van de Maasvlakte. Daarmee voldoet dit energieopslagmeer volledig aan de wens van TenneT om te kunnen beschikken over een grootschalige opslag van energie. Het Delta21-concept zal het TenneT-station op de Maasvlakte kunnen ontlasten.

3.1.4 Pumped storage hydro

Het Delta21-concept maakt gebruik van pumped storage hydro (PSH), wereldwijd een zeer vaak toegepaste methode van energiewinning. Pump storage hydro is efficiënt, milieuvriendelijk, relatief goedkoop in onderhoud en heeft een lange levensduur. Een PSH-centrale in een gesloten systeem werkt vrijwel hetzelfde als een conventionele waterkrachtcentrale. Het verschil is dat de PSH-centrale hetzelfde water keer op keer kan gebruiken. In tijden van een hoog energieaanbod en weinig vraag wordt het water van het onderste reservoir naar het bovenste gepompt. In tijden van laag

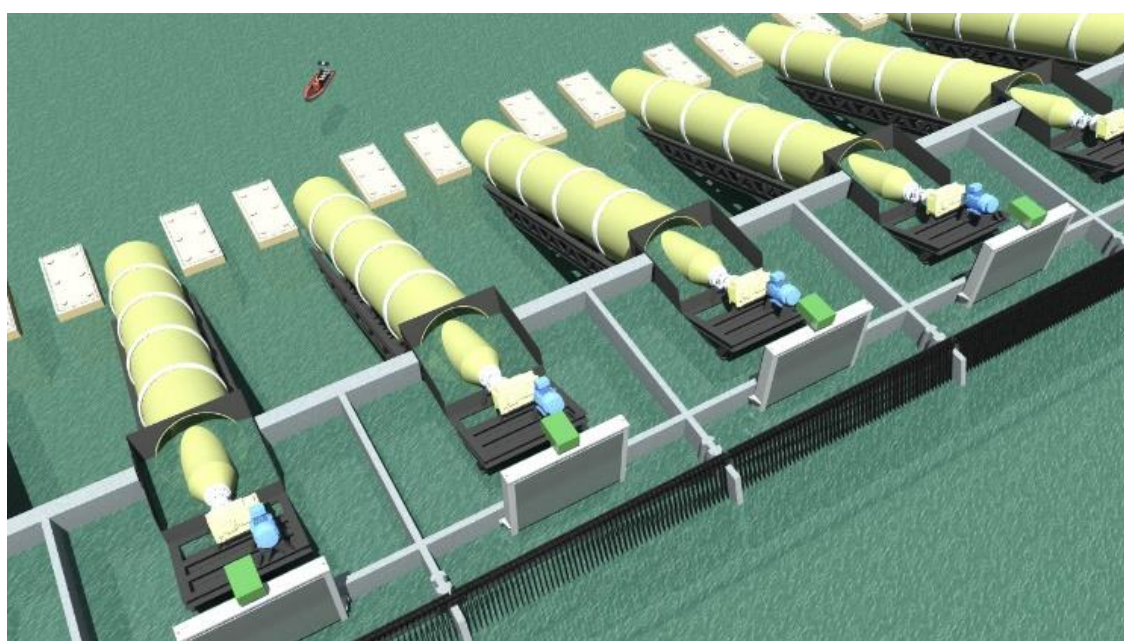
¹ Als volgt berekend: $0,85^2 \cdot 1,1 \cdot 9,8 \cdot 1,013 \cdot 15,75 / 3,6 = 34$ GWh

² De BritNed-kabel is een gelijkstroom hoogspanningskabel over de bodem van de Noordzee tussen Nederland en Groot-Brittannië. Het project is door NLink, een dochteronderneming van TenneT, en National Grid ontwikkeld. TenneT en National Grid zijn ieder voor 50 procent eigenaar van de kabel.

energieaanbod en veel vraag wordt het water uit het bovenste reservoir vrijgegeven aan het onderste reservoir via de turbines waardoor elektriciteit wordt opgewekt. Het blijft in het onderste reservoir totdat het bij een hoog energieaanbod en een lage vraag weer naar het bovenste reservoir wordt gepompt. De pumped storage hydro in het Delta21-concept wijkt in die zin van het gesloten systeem af dat het bovenste reservoir de Noordzee is.

Pumped storage hydro kent een breed toepassingsgebied. De methode kan worden ingezet voor de levering van piek-, balancerings- en andere netdiensten, voor de reservemarkten en voor arbitrage bij variabele prijzen. Steeds vaker dient pumped storage hydro om de vermogens van wind- en zonneparken optimaal te benutten. Dat kan ook de nevenfunctie zijn in het Delta21-concept. In ons concept maken we bij PSH gebruik van honderd Archimedes-pompturbines.

3.2 Archimedes-pompturbines: locatie en vermogen



De Archimedes-pompturbines zijn gepositioneerd aan de zuidoostkant van het energieopslagmeer of valmeer³. Dit vanwege de geringe golfbelastingen op die plek. De Archimedes pompturbines hebben elk een vijzeldiameter van 10 m met inwendige schroefgangen en een zekere spoed met de volgende karakteristieken:

Vijzel-buislengte	81,5 m	totale netto breedte installatie	25*100= 2500 m
Aantal pompturbines	100	gemiddeld pompdebiet	ruim 100 m ³ /s per pompturbine bij 85% efficiency
Opgesteld pompturbinevermogen	20 MW per pompturbine	debiet	varieert van ca. 50 m ³ /s bij een leeg tot ca. 200 m ³ /s bij een vol valmeer
Werkende breedte pompturbine met drijvers	25 m	leegpompduur bij 100 pompturbines	$1.100 \text{ M}/100/100/3600 = \text{ca. } 30 \text{ uur}$

³ In hoofdstuk 7 gaan we uitgebreid in op het ontwerp van de Archimedes-pompturbines.

Naast de genoemde 2 GW aan opgesteld vermogen en de 34 GWh energieopslag biedt het energieopslagmeer ook ruimte voor 40 km² zonneparken, eventueel aan te vullen met windparken. Op de bodem van het meer is meer dan voldoende ruimte voor AQUABATTERY-systemen, waarin energie kan worden opgeslagen.

3.3 Aanlegkosten energiedeel Delta21-concept

In deze paragraaf gaan we uitvoerig in op de aanlegkosten van het energieopslagmeer of valmeer. We beschrijven eerst de werkzaamheden die nodig zijn. Daarbij onderscheiden we vier hoofdonderdelen:

- de duinen rondom het energieopslag- of valmeer;
- de civiele constructies die nodig zijn voor de pompturbines;
- de bouw, het transport en de plaatsing van de pompturbines;
- de elektrische aansluiting van de pompturbines.

Voor deze hoofdonderdelen hebben we een schetsontwerp gemaakt, dat voldoende volledig is om daarop een eerste begroting te baseren. Na de beschrijving van ieder hoofdonderdeel geven we de kosten die voor dat onderdeel zijn geraamd. We ronden de paragraaf af met een cumulatie van de kostenonderdelen.

De begrote aanlegkosten voor het energieopslagmeer of valmeer zullen naar het prijspeil van 2023 uitkomen op ongeveer € 8 miljard.

3.3.1 Aanlegkosten duinen en ringdijk rondom energieopslagmeer

Er is voorzien in een duinconstructie rondom het energieopslagmeer of valmeer. Het zand daar daarvoor nodig is, wordt gebaggerd uit het te ontgraven meer. De totale hoeveelheid bagger- en opspuitwerk bedraagt ongeveer 600 miljoen m³. Voor de aanleg van de duinen rondom het energieopslagmeer onderscheiden we de volgende doorsnedes:

- *Minimaal duinontwerp west- en zuidzijde*
 Totale lengte: 23 km
 Peil duintop: NAP +10 m
 Duinbreedte op NAP +10 m: 50 m
 Helling 1:5 tussen NAP +5 m en NAP +10 m: 25 m aan beide zijden
 Totale breedte duin op NAP +5 m: 50+25+25= 100 m
 Helling: 1:80 aan de zeezijde tussen NAP +5m en NAP +1 m: 320 m
 Helling 1:40 aan de kant van het meer tussen NAP +1 m en NAP +5 m: 160 m
 Duinbreedte op NAP +1 m: 320+160+100= 580 m
 Taludhelling aan zeezijde 1:50 tussen NAP -15 m en NAP +1 m = 800 m
 Taludhelling aan kant van het meer: 1:20, tussen gemiddeld NAP -31 m en NAP +1 m: 640 m
 Totale breedte duin aan de teen: 100+320+160+800+640= 2020 m
- *Minimaal duinontwerp noordzijde*
 Totale lengte: 5 km
 Peil duintop: NAP +7 m
 Duinbreedte op NAP +7 m: 20 m

Helling 1:5 tussen NAP +5 m en NAP +7 m: 10 m aan beide zijden
 Totale breedte duin op NAP +5 m: 40 m
 Helling 1:40 aan de kant van het meer tussen NAP +1 m en NAP +5 m: 160 m
 Duinbreedte op NAP +1 m: $160+40=200$ m
 Taludhelling 1:20 aan de kant van het meer, tussen NAP -29 m en NAP +1 m: 600 m
 Totale breedte duin aan de teen: $40+160+600=800$ m

- *Minimaal duinontwerp oostzijde*

Totale lengte: 8.5 km
 Duinbreedte op NAP +7 m: 20 m
 Helling 1:5 tussen NAP +5 m en NAP +7 m: 10 m aan beide zijden
 Totale breedte duin op NAP +5 m: 40 m
 Helling 1:40 aan de kant van het meer tussen NAP +1 m en NAP +5 m: 160 m
 Helling 1:40 aan de kant van het getijdemeer tussen NAP +5 m en NAP -4 m: 360 m
 Duinbreedte op NAP +1 m: $160+30+160=350$ m
 Taludhelling aan valmeerzijde 1:20 tussen NAP -31 m en NAP +1 m: 640 m
 Totale breedte duin aan de teen: $40+160+360+640=1200$ m

Aan de oostzijde of landzijde van het energieopwekkings- of valmeer zijn honderd Archimedes-pompturbines gedacht. Om die te realiseren is een civiele constructie nodig. Aan weerszijden daarvan leggen de baggeraars een ringdijk aan.

- *Ringdijk*

Totale lengte van de ringdijk: 3.000 m
 Bouwput voor de constructie van de sluis en de civiele constructie van de pompturbines
 Totale lengte bouwput: circa tweemaal 3.000 m, inclusief vleugels aan beide zijden
 Bouwputdiepte: NAP -8 m
 Bouwput breedte: 80 m
 Bouwput hellingen: 1:5
 Oppervlakte doorsnede 975 m^2
 Totale hoeveelheid opspuitwerk : $975 * (3000+ 3000+ 600)= 6,5$ miljoen m^3
 Niveau dijk kruin: NAP +7 m
 Dijkbreedte kruin: 20 m
 Huidig bodempeil: NAP -6 m

3.3.2 Toelichting op aanlegkosten duinen en ringdijk

Duinen en overtollig zand

Wanneer we het energieopslagmeer of valmeer uitbaggeren tot NAP -33 meter, komt er ruim voldoende zand vrij om de duinen aan te leggen. Er blijft zelfs zand over: circa 180 miljoen m^3 . Om die reden zijn vooral de duinen aan de zeezijde in ons model flink overgedimensioneerd. Daar is dus een flinke optionele besparing mogelijk.

We stellen voor om met het zandsurplus het strand aan de zeezijde van de nieuwe duinen te verbreden over een lengte van 18 kilometer. Berekend is dat we voor elke honderd meter strandverbreding 30 miljoen m^3 extra zand moeten storten. Het zandsurplus is circa 180 miljoen m^3 . Daarmee kunnen we een het strand over 18 kilometer 600 meter breder maken.

Daarnaast stellen we voor om van dat zand maximaal 30 miljoen m³ te gebruiken om de bestaande Zandmotor aan te vullen. Eventueel kan ook het strand bij Hoek van Holland of andere zandsuppleties met dit overtollige zand worden aangevuld.



Integratie duinen met kunstmatige riffen

Wanneer we de duinenrand integreren met kunstmatige riffen in het energieopslagmeer, bereiken we een aanzienlijke meerwaarde in het natuurherstel dat we met het Delta21-concept beogen. Omdat we in dit haalbaarheidsonderzoek focussen op het energiedeel van ons plan, hebben we de optie van kunstmatige riffen niet opgenomen in de begroting.

Onderhoud duinen

Voor de kop van de huidige Maasvlakte 2 ontstaat regelmatig een erosieput, die tijdens regulier onderhoud weer moet worden aangevuld. Deze put zal zich na de aanleg van het valmeer naar het zuiden verplaatsen, zo blijkt uit onderzoek van een student. Om de duinen vitaal te houden, is onderhoud nodig. We verwachten dat de toekomstige hoeveelheid onderhoudssuppletie niet veel zal afwijken van de huidige hoeveelheden.

Ringdijk

De baggeraars zullen aan beide kanten van de schutsluis en de civiele constructie die nodig is voor de honderd Archimedes-pompen een ringdijk opleveren. Nadat de civiele werken zijn uitgevoerd, zullen de baggeraannemers het talud van de ringdijk aanpassen aan de gewenste eindsituatie. De baggeraars nemen de ontgraving en de bemaling mee in hun begroting.

Laag klei

Zoals eerder is aangegeven, is op een diepte van ongeveer NAP -20 m bij een aantal sonderingen een laag klei aangetroffen van één tot drie meter dik. Vooralsnog is deze kleilaag in de begroting direct afgevoerd naar zee. De laag kan echter ook optioneel goed in het werk worden benut. Dat vergt een andere werkmethode die nu niet in de uitvoering en begroting is meegenomen.

Een verwerking van de klei in de duinen is technisch goed mogelijk en is een mooi voorbeeld van bouwen met de natuur zoals we die ook kennen bij de aanleg van de Marker Wadden. Met deze natuurvriendelijke oplossing worden de duinen ook een stuk breder aan de zeezijde. Daarnaast kunnen we de uitgegraven klei óók gebruiken om de ringdijk te versterken.

Kwel en piping

Voor dit haalbaarheidsonderzoek zijn grove berekeningen gemaakt in hoeverre we rekening moeten houden met kwel en piping door uittredend water. De kwel lijkt erg mee te vallen. De aanleg van een kwelscherm in het hart van de duinen behoort tot de mogelijkheden, maar is vanwege de lage k-waarde waarschijnlijk niet nodig. In een latere fase kan ook nog eventueel een verticaal kunststof- of bentonietscherm worden geplaatst.

Uit een onderzoek naar piping van het binnentalud van de duinen door een student van de TU Delft bleek dat een talud van 1:10 nog haalbaar is, voordat het gevaar van piping zich voordoet. Extra maatregelen om kwel en piping tegen te gaan, hebben we daarom niet meegenomen in de begroting.

Bredere vaargeul



Door eerder ingrijpen van de mens in het mondingsgebied van het Haringvliet – denk aan de aanleg van de Haringvlietdam en van Maasvlakte 1 en Maasvlakte 2 – moet de kronkelende vaargeul tussen Stellendam en de Noordzee frequent worden uitgebaggerd. Vissers in Stellendam hebben belang bij een rechte, brede en diepere vaarweg. Zij zien het Delta21-concept als een kans om dit te realiseren. De vaarweg kan over een lengte van 5 tot 8 kilometer worden verbreed tot 200 meter en verdiept tot een bodemniveau van NAP -8 meter. Omdat deze optie kostenverhogend werkt, is zij niet meegenomen in de begroting.

Maasvlakte 2

Eisen aan stikstofuitstoot

We verwachten dat de overheid over enkele jaren hogere eisen stelt aan de uitstoot van stikstof. De meeste baggerschepen zijn daar momenteel nog niet geheel op aangepast. Met eventuele prijsverhogingen door deze aanpassing hebben we in de begroting geen rekening gehouden.

Prijsniveau

De bagger- en opspuitbegroting hebben we gebaseerd op het prijsniveau van 2023. Daarbij hebben we rekening gehouden met winst en risico's. We hebben geen rekening gehouden met eventuele grote risico's die zich vooral in de ondergrond zouden kunnen voordoen. In dit stadium van het project met dit schetsontwerp lijkt het ons redelijk om vooralsnog een bandbreedte van 30 procent te hanteren bij de begroting. Een risico-opsomming is beschikbaar. In de begroting is een post voor engineeringkosten meegenomen.

Ten slotte: voor het totaal aan bagger- en opspuitwerkzaamheden (circa 600 miljoen m³) hebben we een bedrag begroot van € 4 miljard (zie deelrapport 2).

3.3.3 Aanlegkosten civiele constructies nodig voor de pompturbines

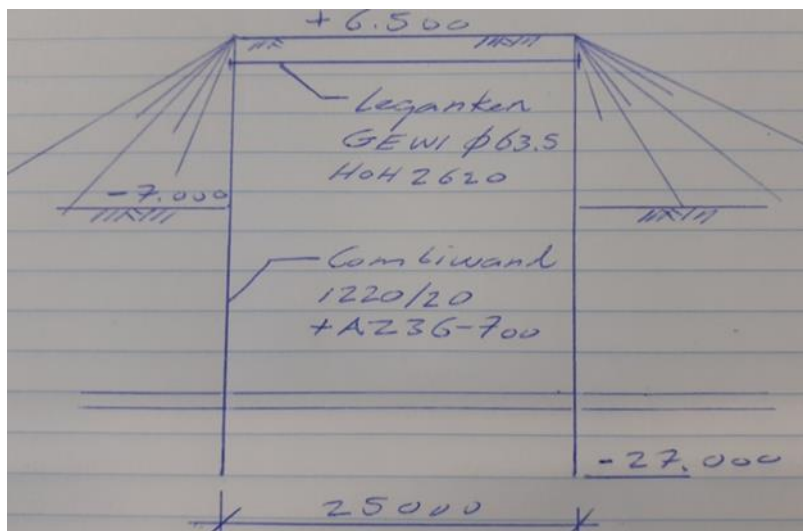
De civiele constructie voor de pompturbines is in totaal 2.600 meter lang en dient om de pompturbines aan de binnenzijde van het energiemeer of valmeer te kunnen installeren. De civiele constructie kan in twee fasen worden aangelegd, zodat ook het inhangen van de pompturbines in twee fasen kan plaatsvinden.

Installatie bouwput

De aannemer zal de civiele constructie 'in den droge' (in een bouwput) uitvoeren, zoals dat ook met de Haringvlietssluisen is gebeurd. Daarvoor zullen aan beide zijden van de 50 meter brede constructie damwanden geslagen worden om de kwel tijdens en na de bouw te verminderen. Ook hebben de damwanden een functie in de eindsituatie om de horizontale en verticale waterdrukbelastingen op te vangen.

Voor de aanleg van de damwand hanteren we een constructiebreedte van 25 m per pompturbine. De totale minimale lengte van de damwand bedraagt 2.500 meter voor 100 pompturbines. Aan beide zijden worden landhoofden aangelegd van 300 meter kistdam. De twee rijen damwanden met een totale

lengte van 5.000 meter liggen permanent onder de civiele constructie vanaf NAP -7 m tot een diepte van circa NAP -34,5 m. De oppervlakte van beide damwanden bedraagt 137.500 m², exclusief de landhoofden met de kistdam. Omdat we een kleilaag op NAP -20 m verwachten, neemt de onderloopsheid zodanig af, dat er nauwelijks sprake zal zijn van waterdruk onder de constructie, noch grondwaterstroming.



De landhoofden aan beide zijden van de damwand moeten achterloopsheid voorkomen. Zij hebben een forse kerende hoogte met een groot verval. Daarvoor moeten aanvullende maatregelen worden genomen. Voor ieder landhoofd stellen we daarom een kistdam voor die het talud van de ringdijk inloopt tot aan de kruin.

Landhoofden met kistdam

De civiele aannemer zal de ontgraving voor de bouwput tot een peil van NAP -12,5 m zelf uitvoeren. Er zal worden gebouwd in eenheden van telkens vier pompturbines met een breedte van telkens totaal 4*26 m = 104 m.

Met de civiele werkzaamheden kan een aanvang worden gemaakt wanneer de baggerfirma's de ringdijk hebben opgeleverd en wanneer er voldoende beschutting is tegen de golfaanval uit zee.

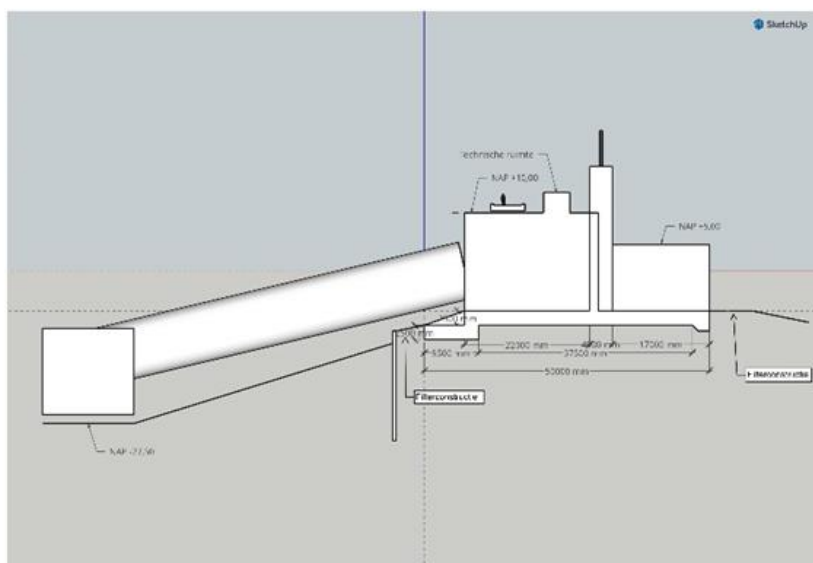
Schutsluis

Ook wordt een schutsluis van 15 meter breed en 80 meter lang in de ringdijk voorzien. Deze kan worden gebruikt om de pompturbines te kunnen vervoeren naar het energieopslagmeer of valmeer. De schutsluis heeft ook een blijvende functie voor alle activiteiten die nodig zijn om het energieopslagmeer te onderhouden. De civiele werkzaamheden kunnen begonnen worden als de ringdijk is opgeleverd en er voldoende beschutting is tegen de golfaanval uit zee.

Installatie pompturbines

Wanneer de civiele werkzaamheden voor de helft zijn uitgevoerd, kan de pompleverancier het eerste deel van de in totaal honderd pompturbines installeren. De aanvoer van de turbines gaat via de Noordzee. Het energieopslagmeer of valmeer wordt bereikt via de schutsluis. Het civiele werk met de pompturbines kan desgewenst in bijvoorbeeld twee delen worden opgeleverd, telkens met vijftig pompturbines, mits de elektrische installaties daarvoor gereed zijn.

Voor het civiele werk is een schetsontwerp gemaakt, waarbij rekening is gehouden met het functioneren van de pompturbines tot een waterstand op de Noordzee van maximaal NAP +4 m. De ophanging van de pompturbines moet enkele meters mee kunnen bewegen in verticale richting als dat nodig is. Bijvoorbeeld als de turbines ook worden ingezet voor de veiligheidsfunctie tijdens een zeer zware storm en een zeeniveau tot bijvoorbeeld NAP +6 m. Of als rekening gehouden moet worden met een zeespiegelstijging van enkele meters. Om dat te kunnen realiseren, is een extra aanpassing in de civiele constructie nodig. Daarvoor wordt wel enige ruimte gereserveerd, maar daarmee is nog geen rekening gehouden in het ontwerp van de ophanging zelf.



Talud en bodembescherming

Zowel aan de valmeerzijde als aan de zeezijde moet het talud van het civiele werk worden beschermd. Daarvoor hebben we berekeningen gemaakt en stellen we beschermingsmethoden voor.

- Bescherming talud aan de zijde van het energieopslagmeer of valmeer
 Taludhelling: 1:3, tussen NAP -5 m en NAP -33 m
 Taludlengte: 84 m
 Taludoppervlakte: $100 \times 2500 \text{ m} = 250.000 \text{ m}^2$
 Taludbescherming: grof grind zonder geotextiel met een dikte van 0,4 m
 Bodembreedte: $100 \text{ m} \times 2500 \text{ m} = 250.000 \text{ m}^2$.
 Totale oppervlakte: 500.000 m^2
 Totale inhoud talud en bodem: 200.000 m^3
 Totaal: 0,4 miljoen ton grof grind en stortsteen: 20 tot 200 mm zonder geotextiel.
- Bescherming talud aan de zeezijde
 Benodigd materiaal: $2500 \times 300 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} = 300.000 \text{ m}^3$ stortsteen met een dikte van 20 tot 200 mm
 Totaal: 0,6 miljoen ton grof grind en stortsteen: 20 tot 200 mm
- Totaal aan grindbestorting: 1 miljoen ton stortsteen met een dikte van 20 tot 200 mm of vergelijkbaar.

Wanneer na verder grondonderzoek blijkt, dat de kleilaag op die locatie afwezig is, stellen we voor om de kwelengte te vergroten door op de bodem aan de zeezijde over de hele lengte van de constructie een filter te plaatsen. Hoewel het logisch lijkt dat het filterdoek zal dichtslibben, kan overwogen worden ook in de bodemconstructie een waterkerend doek op te nemen met een breedte van ongeveer 100 m.

Stroomsnelheden aan uiteinde pompturbines

We houden rekening met een stroomsnelheid aan de kant van het energieopslagmeer of valmeer van 0,8 m/s. Bij de uitgangen van de leidingen houden we rekening met een plaatselijke pieksnelheid van 1,5 m/s. De berekening die hieraan ten grondslag ligt, is als volgt: breedte: 2500 m; diepte: minimaal

5 m; maximaal debiet: 10.000 m³/s; natte doorsnede: 12.500 m². De stroomsnelheid is dan $10.000/5/2500 = 0,8$ m/s.

Aan de zeezijde houden we rekening met een stroomsnelheid van 0,8 m/s en met maximaal 1,5 m/s vlak bij de uitgang van de leidingen. De uitschuringsgrens volgens de Hjulström-grafiek is 20 tot 200 mm stortsteen of vergelijkbaar.

Het pompstation

Het pompstation in het Delta21-ontwerp heeft primair de volgende vier doelstellingen:

- energie opwekken door water in te laten in het energieopslagmeer;
- afvoeren van water uit het energieopslagmeer;
- keren van buitenwater;
- faciliteren van wegverkeer.

Voor de uitwerking van de bovenstaande functies hebben we geen uitputtende eisenset geformuleerd. De belangrijkste eisen met betrekking tot het in- en uitlaten van het water zijn geformuleerd in het haalbaarheidsonderzoek dat Ballast Nedam heeft uitgevoerd (zie bijlage 4). De hydraulische randvoorwaarden voor de functies zijn slechts gedeeltelijk bepaald.

Gekozen voor in situ variant

Voor het ontwerp hebben we een beknopte afweging gemaakt tussen twee varianten:

- een in situ variant, gefundeerd op staal, aangelegd in een bemalen bouwput;
- een variant met pijlers die worden voorgebouwd en afgezonken.

Zonder een uitgebreide trade-off te maken, hebben we gekozen voor variant 1. In het schetsontwerp vullen we globaal bovengenoemde functies in. Dit ontwerp is rekenkundig (hydraulisch, geotechnisch, constructief) niet onderbouwd. Het in situ-ontwerp van het pompstation voorziet in onderstaande elementen:

- *Open goot als in- en uitlaat van het pompstation*

Om het water in en uit te laten maken we gebruik van een open goot met vrije waterspiegel. Aan de zeezijde is deze goot voorzien van een in- en uitlaatconstructie. Hier kan het water enerzijds geleidelijk instromen en anderzijds wordt tijdens het afvoeren van water de stroomsnelheid hier gereduceerd.

Hierbij kan gebruik worden gemaakt van een debietspreider. De instroomconstructie gaat over in een goot met een constante doorsnede. De goot wordt uitgevoerd in een betonconstructie die op staal wordt gefundeerd en die wordt aangelegd in een te bemalen bouwput.

- *Scharnierende verbinding voor vijzel*

Aan de meerzijde van de goot wordt de vijzel opgelegd. Deze scharnierende verbinding is niet uitgewerkt. Op kleinere schaal is deze echter reeds diverse malen uitgevoerd. Bij elke vijzel is een technische ruimte aanwezig. Hierin worden onder meer de powerpack en de schakelkasten opgenomen.

- *Koker*

De aansluiting tussen buis en koker wordt in rubber uitgevoerd. Aan de andere zijde van de vijzelbuis wordt deze scharnierend verbonden met een drijfconstructie. Deze drijvers zullen, haaks

op de stroomrichting geborgd moeten worden om de wind en golfbelasting te kunnen opnemen. Dit is niet nader uitgewerkt.

- *Schuif om het water te keren*

Om het water te keren, kan de koker worden afgesloten met een schuif die voorzien is van een hydraulisch bewegingswerk. De schuif en de bovenliggende wand vormen samen de waterkering. Deze wand wordt buiten de koker doorgetrokken tot tegen de naastliggende goot. De onderlinge aansluiting moet met een nog te bepalen voegprofiel worden uitgevoerd.

Voor de schuif in de constructie gaan we uit van een gewicht van 75 ton. Daarbij hebben we als referentie genomen de enkele draaideur van de Reeve-schutsluis. Deze heeft qua breedte en hoogte ongeveer vergelijkbare afmetingen. Deze deur keert ongeveer 5 meter water en weegt 51 ton. De schuif in de kering van het Delta21-concept keert meer dan het dubbele. Het bewegingswerk bestaat uit twee hydraulische cilinders, die elk in een cardanstoel zijn geplaatst en die worden aangedreven door een hydraulische powerunit.

- *Wegverbinding bij pompstation*

Voor de wegverbinding wordt een brug geplaatst over de diverse stroomgoten.

- *Grondkerende constructie*

Aan de benedenstroomse zijde van het pompstation is een grondkerende constructie opgenomen om een deel van het hoogteverschil te overbruggen.

Eisen stikstofuitstoot

Bij het ontwerp van het pompstation hebben we beperkt rekening gehouden met de verwachte hogere stikstofeisen. De civiele aannemers denken hiervoor in 2030 voldoende geëquipeerd te zijn.

Prijsniveau van 2023

We hebben de begroting van de civiele werken gebaseerd op het prijsniveau van 2023. Daarbij hebben we rekening gehouden met winst en risico's, maar niet met grote risico's die we nu nog niet kunnen voorzien en die zich vooral kunnen voordoen in de ondergrond en in de hoeveelheid staal in het beton. We hebben ook geen rekening gehouden met onderhoud tijdens de bouwperiode. Het lijkt ons redelijk in dit stadium van het project met deze schets om vooralsnog een zekere bandbreedte te hanteren bij de begroting. Voor de civiele werken is nu nog geen uitgewerkte risico-opsomming beschikbaar. Wel is in de begroting een post voor engineeringkosten meegenomen.

Totale kosten civiele werken

Ten slotte: voor het totaal aan civiele werken hebben we een bedrag begroot van ongeveer € 1,8 miljard, met een bandbreedte van circa 70 procent zekerheid. Dit betekent dat we in de raming een risicovoorziening van 11,9 procent hebben opgenomen. Die voorziening bestaat uit de 'normale onzekerheden' (spreiding van waarden in hoeveelheden en eenheidsprijzen) en de risico's van gebeurtenissen die kunnen optreden. De aannames en uitgangspunten hiervoor hebben we opgenomen in een tekstvak.

Voor dit project hebben we ook de projectrisico's of object overstijgende risico's geraamd. Daarom houden de civiele bouwers op dit moment (naast de totale raming) ook nog eens 10 procent van de totale raming aan voor onvoorziene kosten en kosten voortvloeiend uit onzekere factoren. Het betreft hier vooral de risico's van de mogelijk aangescherpte milieuwetgeving of de risico's die voortvloeien uit politieke besluiten waarop de bouwers geen invloed hebben, maar die wel tot een scopevermeerdering kunnen leiden.

De kosten van de aanleg van de schutsluis zijn apart meegenomen in de begroting. De baggeraars leveren een 100 meter breed terrein op met een lengte van 3.000 meter. De nodige constructiebreedte voor de bouwput is 70 meter. Het graven van de bouwput en de bemaling ervan zijn mee begroot. Na de uitvoering van de civiele werken zullen de baggeraannemers het talud aanpassen op de eindsituatie.

3.3.4 Aanlegkosten pompturbines



Fish Flow Innovations zal de pompturbines bouwen op een locatie bij Den Oever/Medemblik. De vijzels hebben een diameter van 10 meter. Zij zijn gemaakt van composiet met een vakwerkondersteuning en drijvers aan de kant van het valmeer. Door de vulling met water zijn dat zware constructies van ongeveer 81 m lang.

Aan de zeezijde worden de vijzels opgehangen met een scharnier in de betonnen

civiele constructie, onder het waterniveau en met een aandrijving via tandwielkasten of via een 'direct-current'-aandrijving. Uit een aantal berekeningen over het nodige vermogen van de pompturbines blijkt dat 20 MW per pompturbine een goed uitgangspunt is. Uit aanvullende berekeningen moet blijken wat het gewenste optimale pompturbine-vermogen is, hetgeen ook samenhangt met de gewenste efficiency van de pompturbines en de kosten van de civiele werken.

De vijzels worden over zee, per ponton vervoerd naar de Voordelta en via de schutsluis in het valmeer of energieopslagmeer toegelaten. Als de helft van de civiele constructie gereed is, kunnen de eerste vijftig vijzels aan de valmeerkant worden ingehangen. Dat gebeurt bij een waterstand van ongeveer NAP in het valmeer. Wanneer de civiele bouw is afgerond, kunnen de overige vijftig vijzels worden ingehangen.

Ten slotte zal ook de aandrijving met de tandwielkasten en invertors worden gemonteerd. Voor elke tien pompturbines bouwen we een tussenstation van 200 MW met 150 kV en centraal één hoofdstation van 2 GW en 150 kV, nog exclusief de eventuele aansluitingen voor het windpark en/of zonnepark. Het geheel wordt via het hoofdstation verbonden met het TenneT 380 kV hoofdstation op de Maasvlakte 2, op een afstand van ongeveer 19 kilometer.

De begroting van de pompturbines is gebaseerd op het prijsniveau van 2023. We hebben daarin rekening gehouden met winst en risico's, maar niet met grote risico's die we nu nog niet kunnen voorzien zoals onverwachte prijsstijgingen of andere nog onvoorziene problemen. Het lijkt ons redelijk om in dit stadium van het project en met deze schets vooralsnog een bandbreedte van 10 tot 20 procent te hanteren bij de begroting. Voor de bouw en aanleg van de pompturbines is nog geen adequate risico-opstelling beschikbaar. Wel hebben we in de begroting een post voor engineeringkosten meegenomen.

We geven hieronder twee kostenramingen voor de civiele werken en de pompturbines:

- voor een opgesteld vermogen van 2 GWe en een energie-inhoud van 34 GWh;
- voor een opgesteld vermogen van 6 GWe en een energie-inhoud van 34 GWh.

<i>Omschrijving</i>	<i>2 GWe/34 GWh</i>	<i>6 GWe/34 GWh</i>
Baggerwerk, ca. 600 miljoen m ³	€ 3,9 miljard	
Baggerwerk, ca. 600 miljoen m ³		€ 4 miljard
Civiele werken voor 2600 m onderbouw voor 100 turbines	€ 1,9 miljard	
Civiele werken voor 7800 m onderbouw voor 300 turbines		€ 5,7 miljard
Pompturbines 100 resp. 300	€ 1,4 miljard	€ 4,2 miljard
Aansluiting op TenneT-hoofdnet ⁴	€ 0,3 miljard	€ 0,6 miljard
Onvoorzien/onzekerheden	€ 0,5 miljard	€ 1,5 miljard
Schatting totale aanlegkosten circa	€ 8 miljard	€ 16 miljard

De begroting van de aanlegkosten voor 6 GWe, 34 GWh is grotendeels een lineaire extrapolatie van de begrotingen voor het valmeer of energieopslagmeer met 2 GWe, 34 GWh. In deelrapport 2 is door Horvat & Partners een inschatting en analyse gegeven van deze opstelling en deze wijken enigszins af van bovenstaande cijfers. Vanwege enkele onzekere factoren, maken Horvat & Partners wel een hogere inschatting van de aanlegkosten en de kosten van voorbereiding van het vergunningstraject. Zij achten verder onderzoek nodig om de kostenrisico's nauwkeuriger te kunnen inschatten. Ook meent Horvat & Partners dat de duur en de kosten van het vergunningenproces te optimistisch door Delta21 is ingeschat, zie deelrapport 2.

Accent op verdienen

Aan de bovenstaande opstelling van de aanlegkosten liggen vier begrotingen ten grondslag:

- voor de bagger- en opspuitwerken;
- voor de civiele werken;
- voor de pompturbine-leverantie en -installatie;
- voor de elektrische installaties.

In alle gevallen hebben de betrokken bedrijven een eerste grove risicoanalyse en een geschatte winst aan de begroting toegevoegd. Voor een deel zijn de onvoorziene kosten en de risico's in de afzonderlijke begrotingen verwerkt.

De bagger- en opspuitwerken zijn deels ontworpen door Boskalis Nederland, van Oord Nederland en DEME. Ook hebben zij de uitvoeringsmethode en de begroting met een risicoanalyse opgesteld. Het deel van de ring waar de pompturbines in den droge worden aangelegd, wordt gereedgemaakt door de baggeraars.

De civiele werken voor de behuizing en de aanleg van de pompturbines zijn deels ontworpen door Van Hattum en Blankevoort (KVV), Ballast Nedam en BAM Civiel. Ook zij hebben de uitvoeringsmethode en de begroting met een risicoanalyse opgesteld.



⁴ Dit is een ruwe schatting. Het gaat om de aansluiting, de behuizing en de aanleg en bekabeling naar de deelstations. Geschatte levensduur is 100 jaar.

De civiele constructies worden aan de pompturbine-leverancier FishFlow Innovations opgeleverd door de civiele bouwers, waarna de aandrijfmotoren, de drijvers en de vijzels erin gebouwd kunnen worden.⁵ Spie heeft een inschatting gemaakt van de aansluitkosten.

3.3.5 Operationele en onderhoudskosten

De operationele kosten, onderhoudskosten en kosten van vervanging schatten we (op basis van het prijspeil van 2023) op € 50 miljoen gedurende de eerste vijftig jaar. Daarna verdubbelt het bedrag tot € 100 miljoen per jaar en dat blijft zo tot de levensduur van honderd jaar is bereikt. Hierbij hebben we ook gebruikgemaakt van informatie uit de PwC-rapportage 'Analyse Instandhoudingskosten Rijksinfrastructuur Eindrapportage, Deel: Rijkswaterstaat'⁶. Ook voorzien we een complete vervanging van de motoren na zestig jaar. Deze vervanging drukt op de begroting voor de periode tussen het vijftigste en honderdste jaar van de totale levenscyclus.

Hieronder geven we aan hoe we tot deze inschatting zijn gekomen. Allereerst vergelijken we de operationele kosten van het energieopslagmeer of valmeer met die van een energiecentrale, een stuwmeer in de bergen en constructies met veel staal in eigen land. Vervolgens geven we een specificatie van de onderhoudskosten gedurende de eerste vijftig jaar.



Vergelijking met een energiecentrale

Om de operationele kosten van het valmeer of energieopslagmeer in te kunnen schatten, hebben we deels een vergelijking gemaakt met de operationele kosten van een energiecentrale. De organisatie van dit project is echter veel eenvoudiger dan de organisatie van een conventionele centrale. Anders dan in een energiecentrale hoeft de operator in ons project alleen de pompen of turbines aan of om te zetten. Het is reëler om de operationele kosten van het energieopslagmeer of valmeer te vergelijken met die van een zonnepark en windpark. We schatten dat de inzet van twintig personen voor operations en management voldoende is. Daar komen de kosten van gebouwen, software, hardware en equipment nog bij.

Vergelijking met een stuwmeer

Stuwmeren in de bergen staan erom bekend dat ze duur in onderhoud zijn, in de orde van 2 procent of zelfs hoger. Die hoge onderhoudskosten worden veroorzaakt door een aantal factoren. De civiele constructie van een stuwmeer in een bergachtig gebied is vaak moeilijk bereikbaar. Ook zijn de grote hoeveelheden stalen buizen en schuiven erg onderhoudsgevoelig. De beken en rivieren die het stuwmeer voeden, voeren sedimenten of zandsuppleties aan. Als die niet worden afgevoerd, kan het stuwmeer verzanden. De afvoer naar een locatie buiten het stuwmeer is bijzonder kostbaar.

⁶ Den Haag, 13 november 2020.

Hoewel we ook in ons project te maken zullen hebben met zandsuppleties, gaat de vergelijking met een stuwmeer niet op. De bereikbaarheid is geen issue. En Rijkswaterstaat heeft veel ervaring met het onderhouden van kunstwerken aan zee die gevoelig zijn voor zandsuppleties. We schatten in dat de onderhoudskosten door erosie in het energieopslagmeer of valmeer overeenkomen met de onderhoudskosten als gevolg van erosie bij de Tweede Maasvlakte.

Constructies met grote hoeveelheden staal zijn erg onderhoudsgevoelig en daarmee aanzienlijk duurder in onderhoud dan betonnen civiele constructies. Dat geldt in Nederland volgens opgave van Rijkswaterstaat voor bijvoorbeeld de Maeslantkering, de Haringvlietsluizen en de Oosterscheldekering. De pompturbines in het Delta21-concept zijn grotendeels van composiet gemaakt. Alleen het frame en de schuif zijn van staal gemaakt. Die zullen relatief meer onderhoud vergen, vooral waar de verflaag in aanraking komt met het zout water. Daarom stellen we voor om in de begroting de kosten van onderhoud in de loop van de jaren te laten stijgen. Een ruwe schatting voor het onderhoud van de civiele betonconstructie kan jaarlijks oplopen van 0,5 naar 1 procent gedurende een periode van honderd jaar. Voor de stalen constructieonderdelen moet meer gedacht worden aan 1 procent in de eerste 25 jaar, oplopend naar 2 procent in de periode daarna.

Inschatting en specificatie onderhoudskosten eerste vijftig jaar

Voor de eerste vijftig jaar hebben we onderstaande inschatting gemaakt van de operationele en onderhoudskosten voor het energieopslagmeer of valmeer. Deze specificatie ligt in lijn met de kosten die Rijkswaterstaat uit ervaring hanteert:

<i>Omschrijving</i>	<i>Kosten per jaar</i>
Kustsuppleties, onderhoud geul/slib, kosten varend equipment en personeel	€ 5 miljoen
Onderhoud duinen, natuur en wegen: onderhoudsploeg met equipment	€ 4 miljoen
Onderhoud civiele constructies, remmingswerken, vooral de stalen onderdelen	€ 5 miljoen
Onderhoud en reparatie motoren gedurende de eerste vijftig jaar ⁷	€ 5 miljoen
Onderhoud en reparatie motoren na de eerste vijftig jaar	€ 25 miljoen
Beheer en onderhoud kantoren en gebouwen	€ 2 miljoen
Operations en management, totaal 20 personen	€ 6 miljoen
Hardware- en softwareontwikkeling	€ 3 miljoen
Onderhoud elektriciteit, vervanging en reparatie	€ 5 miljoen
Verzekeringen, onvoorziene schade door weersomstandigheden etc.	€ 5 miljoen
Onvoorziene en onverwachte kosten	€ 10 miljoen

Resumerend: operationele en onderhoudskosten

Hieronder geven we resumerend onze schatting van operationele en onderhoudskosten weer voor de twee opties:

- *2 GWe opgesteld vermogen en 34 GWh opslag*
€ 50 miljoen per jaar gedurende de eerste vijftig jaar. Daarna verdubbelen de kosten tot € 100 miljoen per jaar. Dit blijft zo totdat de totale levensduur van honderd jaar is bereikt. Onderhoudsbaggerwerk is in deze kostenschatting meegenomen.

⁷ Na zestig jaar is een complete vervanging van de motoren van de pompturbines nodig. Kosten: € 900 miljoen.

- *6 GWe opgesteld vermogen en 34 GWh opslag*
€ 80 miljoen per jaar gedurende de eerste vijftig jaar. Daarna verdubbelen de kosten tot € 160 miljoen per jaar, inclusief het onderhoudsbaggerwerk en inclusief de posten onvoorzien en onverwacht.

3.4 Opbrengsten uit het energieopslagmeer – een kwalitatieve beschouwing

Het onderzoeksbureau CE Delft onderbouwt in deelrapport 3 de kwantitatieve opbrengsten van het energieopslagmeer. In deze paragraaf geven we een kwalitatieve beschouwing van die opbrengsten. Duidelijk wordt dat energieopslag loont en dat TenneT hierin een sleutelpositie inneemt. We gaan in op leveringsbetrouwbaarheid en de kwetsbaarheidparadox, op de dienstverlening die TenneT en de uitdagingen die daarmee gepaard gaan, op de toekomstscenario's die TenneT hanteert en ten slotte op de toegevoegde waarde van het energieopslagmeer in het Delta21-concept.

3.4.1 Leveringsbetrouwbaarheid en kwetsbaarheidparadox

In 1994 schreef Ineke Steetskamp van het Rathenau Instituut een doorwrocht rapport dat nog steeds zeer actueel is: [*Stroomloos, kwetsbaarheid van de samenleving, gevolgen van verstoringen van de elektriciteitsvoorziening*](#). Wie dit rapport download en leest, merkt dat de urgentie nog net zo groot en misschien wel groter is dan in 1994, ook al is er sindsdien veel veranderd in zowel de samenleving als de energiemarkt.

In haar rapport constateerde Ineke Steetskamp destijds dat de betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening weliswaar is toegenomen, dankzij de technologische ontwikkelingen, maar dat er altijd een kans blijft op een langdurige, grote stroomuitval en dat de gevolgen daarvan aanzienlijk zullen zijn. Zij formuleerde deze kwetsbaarheidparadox als volgt: 'Naarmate een land minder kwetsbaar is in haar voorzieningen, komt iedere verstoring van de productie, distributie en consumptie van die voorzieningen des te harder aan.'

Sinds 1994 zien we hoe de samenleving steeds meer afhankelijk is geworden van elektrische apparaten, controle- en regelsystemen. Ook infrastructurele voorzieningen werken op stroom. Een verstoring van de elektriciteitsvoorziening zal het maatschappelijk leven in hoge mate ontwrichten. Duurt die langer dan acht uur, dan mogen we spreken van een ramp. Ineke Steetskamp geeft in haar onderzoek ook aan, dat er voldoende technische en organisatorische maatregelen beschikbaar zijn om de maatschappelijke veerkracht te vergroten. In dat kader doet zij een aantal aanbevelingen.

Toen al en nu nog steeds heeft het Rijk aan TenneT de belangrijke opdracht gegeven om te voorzien in leveringszekerheid van elektriciteit. De uitvoeringsorganisatie doet dit door regelvermogen,

reservevermogen en noodvermogen te contracteren. Die soorten vermogen zijn nodig om de betrouwbaarheid van het netwerk te kunnen blijven garanderen.

Wat de huidige situatie anders maakt dan die in 1994, is dat we midden in een transitie zitten van een conventionele voorziening op basis van fossiele energiebronnen naar een duurzame voorziening op basis van zonne- en windenergie. Deze transitie maakt de taak van TenneT aanzienlijk zwaarder en complexer. Want in die gewenste



De leveringszekerheid van duurzame energie staat onder druk.

duurzame voorziening is het aanbod van elektriciteit zeer sterk afhankelijk van weersomstandigheden. Is er geen wind of geen zon, dan is er ook geen energie. Voorwaar geen sinecure voor TenneT en de andere netwerkbedrijven.

3.4.2 De dienstverlening van TenneT

Om 24/7 een constant aanbod van elektriciteit te kunnen garanderen, kent TenneT een aantal kritische waarden: netwerkstabilisering, balancering, een snelle frequentierespons, een primaire, secundaire en tertiaire reserve, mogelijkheden voor een black start na een korte stroomuitval, middelen om een transmissiecongestie te voorkomen etc. Uit de onderstaande opsomming blijkt dat energieopslag voor TenneT essentieel is om al die kritische waarden overeind te houden.

Balancering

TenneT levert balanceringsdiensten om onder meer de 50 Hz te waarborgen. Het gaat om reactieve kortetermijnmiddelen om frequentieafwijkingen in het elektriciteitsnetwerk te nivelleren. Dat gebeurt binnen enkele seconden via de zogenoemde Frequency Containment Reserve. Deze FCR is een primaire regelreserve, de eerste reactie op frequentiestoringen. Houdt de afwijking langer aan, dan vervangt de Automatic Frequency Restoration Reserves (aFRR) de primaire regelservice. De FCR is de belangrijkste inkomstenstroom voor energieopslagsystemen in Europa. De huidige FCR-prijzen resulteren in een jaaromzet van ongeveer € 70.000/MW/jaar. De aFRR-prijzen resulteren in een jaaromzet van meer dan € 100.000 /MW/jaar. In België zijn de prijzen voor de capaciteitsreservering in een orde van grootte van € 360.000 /MW/jaar voor deelnemende activa. Deze prijzen laten zien hoe belangrijk grootschalige energieopslag is voor TenneT.

Systeemefficiency

In de transitieperiode waarin wij ons nu bevinden, moet TenneT noodzakelijk snel kunnen schakelen tussen de aanvoer van stroom uit zon, wind en waterkracht enerzijds en de aanvoer uit fossiele en nucleaire brandstoffen anderzijds. Zonder die voortdurende schakelmogelijkheid is systeemefficiency moeilijker te realiseren. Grootschalige energieopslag maakt die schakeling eenvoudiger en brengt systeemefficiency dichterbij.

Snelle reflectierespons

TenneT moet de gebruikers kunnen verzekeren van een stabiele frequentie. Grootschalige opslag van energie maakt het elektriciteitsnetwerk flexibeler en geeft TenneT meer leveringszekerheid. Naar de consument toe werkt dit kostenverlagend.

Reserves en een constant aanbod

TenneT moet altijd primaire, secundaire en tertiaire reserves hebben, om zo de leveringszekerheid waar te kunnen maken, ook als het aanbod gering is. Een grootschalige energieopslag maakt het TenneT makkelijker om die reserves in stand te houden en dus een constant aanbod van elektriciteit te garanderen. Ook dit aspect werkt kostenverlagend richting de consument.

Black start

Mocht er korte tijd sprake zijn van stroomuitval, dan biedt TenneT de zogenoemde black start. Dat is de procedure om na een black-out – de uitval van het gehele elektriciteitsnet – een elektriciteitscentrale weer op te starten. Grootschalige energieopslag maakt het ook in die omstandigheid makkelijker om onmiddellijk weer energie te leveren. Bedrijven kunnen zo kostbare storingen voorkomen. Ook particulieren zijn uiteraard gebaat bij het voorkomen van zo'n black-out.

Uitstel transmissie-upgrade

TenneT is verplicht om continu voldoende transmissiecapaciteit te behouden om te voldoen aan alle belastingvereisten. Die eis kan betekenen dat TenneT een transmissie-upgrade moet uitstellen. Grootschalige energieopslag geeft TenneT meer speelruimte om ook die transmissie-upgrades uit te voeren. Opslag vergroot de benutting van de elektriciteitsnetten en vermindert de belasting op de schakelstations en de netten als de wind- en zonneparken direct op de opslagfaciliteiten worden aangesloten.

Uitstel distributie-upgrade

Om aan alle belastingvereisten te voldoen, moet TenneT beschikken over genoeg distributiecapaciteit. Periodiek is een upgrade van die distributie nodig. Dat vergt een investering. Als die investering wordt uitgesteld en als daarmee een distributie-upgrade niet wordt uitgevoerd, is er voldoende energieopslag nodig om een eventuele back-upstroom bij storingen te kunnen leveren. Voldoende opslag geeft flexibiliteit aan het elektriciteitsnet en verzekert consumenten van ononderbroken stroom.

Betrouwbaarheid van de levering

Met een leveringszekerheid van 99,99963 procent is TenneT een van de beste netbeheerders op deze wereld. En toch kan het ook TenneT overkomen dat er een korte uitval optreedt. Door tijdens zo'n uitval gebruik te maken van energieopslag, wordt voorkomen dat het bedrijfsleven en particulieren een onderbreking in hun stroomvoorziening ervaren, met alle ongemak en bedrijfsrisico's van dien.

Transformatie digitale platforms

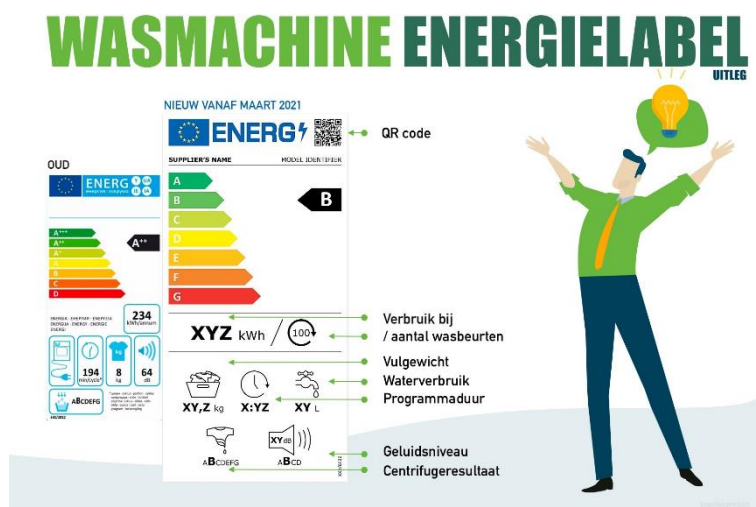
Om kosten te besparen en concurrerend te blijven, transformeren energieretailers hun digitale platforms. De mogelijkheden voor zo'n platformtransformatie worden groter wanneer voldoende energie is opgeslagen.

Power quality

De kwaliteit van elektrische energie wordt beschreven met de term power quality. Allerlei normen en richtlijnen zijn in het leven geroepen om die power quality te waarborgen. Deze stroomkwaliteit komt steeds meer onder druk te staan naarmate we meer elektronische apparaten gebruiken en de energie decentraal wordt opgewekt. Een slechte power quality leidt tot een hogere uitvalkans van apparatuur en tot hogere onderhoudskosten van het elektriciteitsnet. Een grootschalige energieopslag kan helpen om de power quality op een hoog peil te houden.

Demand side management

In zijn demand side management stuurt TenneT de vraag naar energie zo veel mogelijk door de consument bewust te maken van zijn energieverbruik. Dat demand side management staat onder druk wanneer er geen of weinig reserves zijn. Energieopslag vergroot de mogelijkheden voor TenneT om demand side management toe te passen.



Demand respons

Demand respons of vraagrespons is bedoeld om de vraag naar elektriciteit te verminderen of te verschuiven als reactie op real-time omstandigheden op het elektriciteitsnet. Energieopslag vergroot de mogelijkheden om demand respons beter toe te passen.

3.4.3 De toekomstscenario's van TenneT

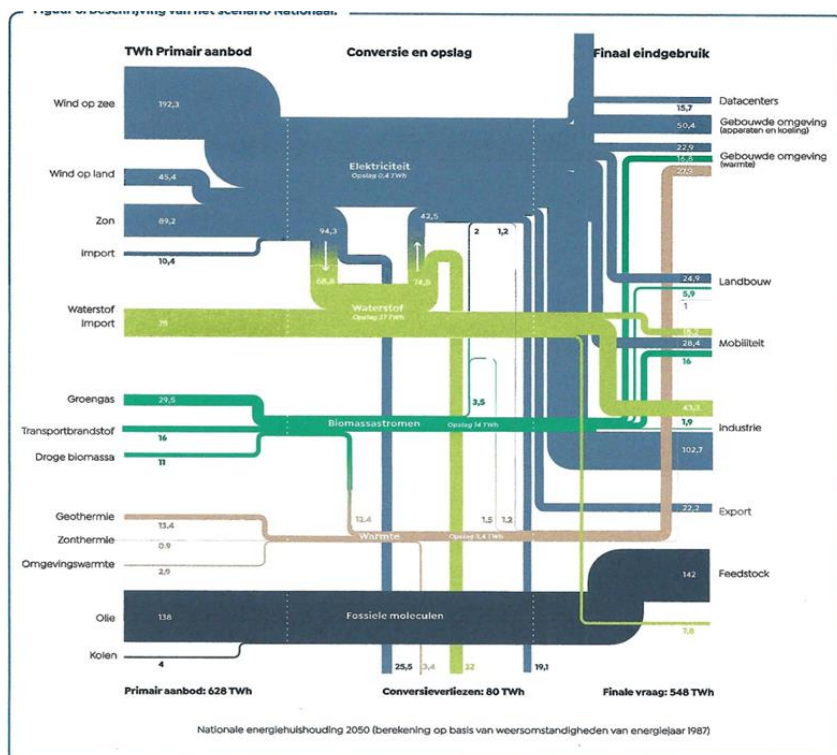
TenneT heeft verschillende toekomstmodellen ontwikkeld. Afhankelijk van het scenario gaat TenneT uit van de volgende opslagcapaciteit⁸:

- 2030: 1 tot 2 GWe en 1 tot 4 TWh/jaar bij een stroomvraag van 130 tot 180 TWh/jaar;
- 2050: 15 tot 25 GWe en 40 tot 60 TWh/jaar bij een stroomvraag van 350 tot 500 TWh/jaar.

Deze modellen gaan meestal uit van een ondergrondse opslag in power storage hydro. De schatting voor 2050 bedraagt een volume van 50 tot 60 TWh/jaar. Maar TenneT vult de uitvoering ervan niet verder in en laat die invulling over aan de markt.

In het energieopslagmeer kan Delta21 jaarlijks maximaal 5 TWh/jaar opslaan. Dat is ongeveer 10 procent van de vereiste opslagcapaciteit die TenneT in haar scenario's voor 2050 voorziet. Grootschalige opslag zal vooral worden gebruikt voor een combinatie van netwerkstabilisering en arbitrage. Maar elders hebben we al toegelicht dat er ook en vooral maatschappelijke baten zijn en andersoortige opbrengsten, gecreëerd door zonneparken, windparken en AQUABATTERY-systemen in het valmeer of energieopslagmeer.

⁸ Zie ook de modellen van Quintel en eerdere voor TenneT uitgevoerde onderzoeken.



Dit diagram⁹ toont de relatieve omvang van de energiestromen, -bronnen en -verbruiksectoren in een nationaal scenario. We zien hoe de stroomnetwerken sterk belast worden, waarbij netten van alle spanningsniveaus een hoge mate van invoeding kennen van elektriciteit uit zon- en windvermogen en specifiek van wind op zee. Dit nationaal scenario levert ook belangrijke informatie over warmtenetten. Een zeer groot deel van de warmtevoorziening wordt verzorgd via warmtenetten. In dit scenario wordt beperkt CO₂ afgevangen en opgeslagen.

3.4.4 De toegevoegde waarde van het Delta21-energieopslagmeer

Het Delta21-concept lijkt naadloos te passen binnen de toekomstmodellen van TenneT en de daarbij horende opslagcapaciteit. Toch is TenneT niet de enige relevante speler in dit spel. We laten hieronder eerst zien waarom het energieopslagmeer in het Delta-21-concept zo welkom is voor TenneT. We laten ook zien hoe de energiemarkt daarin ageert. Ten slotte gaan we gedetailleerd in op de voordelen van het valmeer of energieopslagmeer.

De potentie van het energieopslagmeer

De potentie van de grootschalige opslag in het energieopslagmeer of valmeer lijkt enorm, maar zekerheden in de toekomstige markt zijn er nu nog niet. Wel is al helder dat het e-volume erg zal toenemen en de flexibiliteit sterk zal afnemen. Zonder grootschalige opslag kan Nederland de doelstellingen van meer dan 65 procent duurzaam opgewekte stroom met wind en zon nooit halen.

De markt ziet er straks heel anders uit. Het energieopslagmeer biedt primair veel betrouwbaarheid, robuustheid en zekerheid van het systeem bij een toenemende wens naar leveringszekerheid. Dat is heel veel geld waard. Net als in de ons omringende landen betekent geen zon en wind daar geen zon en wind hier. Opslag is daarom een vitaal onderdeel van de nationale infrastructuur en een integraal onderdeel van de Nederlandse netwerken.

Het energieopslagmeer voldoet steeds meer in een grote behoefte. Met de grootschalige opslag zal vooral de benutting van zon en wind ook erg toenemen. Ook is dan veel minder opgesteld vermogen nodig. Dat blijkt ook duidelijk uit enkele modellen van Quintel, die uitgaan van 55 TWh opslag per jaar in 2050. Dat zijn echter vooral maatschappelijke baten. Opslag is daarom primair een nationaal belang en feitelijk een onderdeel van de door de overheid beheerde infrastructuur. Daarom moet de nadruk liggen op de grote verdiensten van grootschalige opslag: het is vooral van maatschappelijk belang en een noodzakelijk onderdeel van de infrastructuur.

⁹ Afkomstig uit het rapport II2030 van Netbeheer Nederland.

Subtiel spel

Hierboven hebben we beschreven welke diensten komen kijken bij het in stand houden van een leveringszeker energienet. Deze diensten besteedt TenneT momenteel voor korte of langere termijn aan bij conventionele stroomleveranciers. De inschatting is dat deze uitvoeringsorganisatie jaarlijks een bedrag van € 500 tot € 800 miljoen uitbesteedt aan commerciële dienstverleners. Volgens ingewijden kan het energieopslagmeer of valmeer met een opslagcapaciteit van 2 GWe en 34 GWh jaarlijks een inkomen uit deze diensten genereren van € 300 tot € 600 miljoen.

Daarmee biedt het Delta21-concept de markt meer regelvermogen. Maar anders dan TenneT zitten de energiebedrijven niet op meer regelvermogen te wachten. Hoe meer er geregeld wordt hoe meer balans er ontstaat in het energieaanbod. En dat terwijl de energiebedrijven extra kunnen verdienen tijdens vraagpieken en relatief weinig aanbod, dus tijdens onbalans. Hoe meer regelvermogen hoe lager voor hen de vaste opbrengsten in EUR/MW/jaar. Daarom lijkt het logischer om je te concentreren op de day ahead- en onbalansmarkt. Want de andere markten - FCR met 100 MW en aFRR met 500 MW – zijn al snel verzadigd met batterijvermogen, zodat er niet veel meer aan te verdienen valt.

Geld verdienen in deze sector is een subtiel spel, dat een uitgekende biedcurve vraagt. Bied je aan om voor € 0,01 per kWh te leveren, dan heb je de hele markt maar geen prijs. Ga je voor € 0,50 per kWh, dan heb je een grote verdienste per kWh, maar geen volume. Ergens daartussen zit een geleidelijk oplopende biedcurve die je ervaringsgewijs en telkens kijkend naar de markt en het resultaat moet aanscherpen. Toen er nog weinig aanbieders waren, was daar nog veel geld mee te verdienen. Door de vele nieuwkomers en verkeerde tactieken is de prijs inmiddels gedaald.

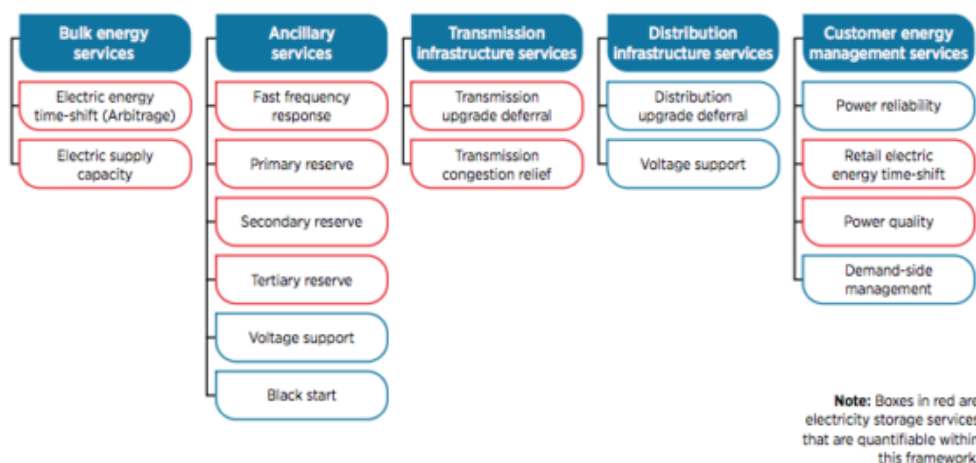
De waarde van de primaire reserve is overigens goed direct te koppelen aan de waarde van altijd draaiend vermogen. Bij een stoom- en gasturbine of STEG-centrale met een risico-opslag wordt daarbij gedacht in orde van grootte van € 130.000 per MW. De vraag naar MWh in de toekomst is vooral afhankelijk van de dynamiek van wind en zon. Harde wind boven 10 m/s is nog redelijk voorspelbaar, maar bij 5/10 m/s zeer onbetrouwbaar. Zon is wel redelijk voorspelbaar. Met de toename van opslag is de prijs erg moeilijk voorspelbaar. Het is ook van belang om met het valmeer niet zelf de prijs van het regelvermogen, het reserve- en noodvermogen te gaan bederven. De meest veilige benadering is 100 procent gewone stroommarkt.

De afweging

Energieopslag verlaagt de nodige investeringen in nieuwe energiebronnen, verhoogt de benutting en creëert een hogere efficiëntie en meer mogelijkheden voor het elektriciteitsnet. Energieopslag vergroot ook de mogelijkheden om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen.

Onderstaand ESVF-raamwerk beschouwt de kwantificeerbare diensten die opslag biedt:

Figure 12: Quantifiable electricity storage services



De investering in pumped storage hydro PSH kunnen we terugverdienen via de huidige marktkaders. Die investeringen zijn erop gericht om de koolstofuitstoot te verlagen tot netto 0. Zij zorgen er ook voor dat we het opgesteld conventioneel vermogen kunnen verminderen, dat we de wind- en zonneparken beter kunnen benutten. We doen dat door arbitrage op de groothandelsmarkten, met ondersteunende diensten en met flexibiliteitsdiensten.

We zien toch ook dat er terughoudender wordt geïnvesteerd in opslag en PSH dan we mogen verwachten uit de analyses. Dat is te wijten aan onzekerheid en aan onvoldoende garanties voor de omvang en het volume van de inkomstenstromen, vooral voor faciliteiten die hoge investeringen vergen zoals PSH. Ook de huidige taakverdeling tussen infrabeheerder en producent draagt bij aan deze voorzichtigheid en leidt tot hoge maatschappelijke kosten. Hoewel de aanlegkosten van PSH hoog zijn in vergelijking met andere opslagsystemen, staan daar veel voordelen tegenover: PSH is efficiënt, milieuvriendelijk en goedkoop in onderhoud en met een zeer lange levensduur. Niet vreemd dus dat wereldwijd 93 procent van de energieopslag plaatsvindt in PSH.

Belang energieopslag groeit

Hoe meer weersafhankelijke bronnen uit wind en zon een bijdrage leveren aan de duurzame energievoorziening hoe belangrijker de energieopslag wordt. Die fungeert dan als een opwekkings-, transmissie- of distributiemiddel en is uiteindelijk een activerende technologie. Energieopslag bespaart kosten voor de energiegebruikers – industrie en particulieren – omdat die opslag de betrouwbaarheid en de veerkracht van het net verbetert en opwekkingsbronnen integreert. Op elk moment moet namelijk het elektriciteitsverbruik perfect afgestemd zijn op de opwekking van elektriciteit. Dit evenwicht is nodig in alle elektriciteitsnetten om een stabiele en veilige levering te behouden.

Energieopslag kan fluctuaties in vraag en aanbod stabiliseren door overtollige elektriciteit in grote hoeveelheden over verschillende tijdsperioden op te slaan, van snelle opslag in seconden tot langere opslag gedurende dagen. Daarmee vervult energieopslag een sleutelrol in de overgang naar een koolstofneutrale economie.

TenneT speelt een belangrijke rol bij de besluitvorming en de vergunningen en voor de aansluitingen van het Delta21-concept op het hoofdnnet. TenneT geeft aan interesse te hebben voor grootschalige opslag. Uit sommige verkiezingsprogramma's blijkt de wens om de rol van de overheid in de productie en distributie van energie te heroverwegen. De overheid kan het aanbod van private partijen stimuleren door de juiste investeringscondities te bieden. Zij kan daarnaast ook zelf deelnemen, bijvoorbeeld via Energiebeheer Nederland.

3.5 Rol van de overheid, financiering en afschrijving

Wanneer we het energiedeel uit het Delta21-concept los beschouwen, bedraagt een eenvoudige jaarlijkse afschrijving op de investeringen met 2 GWe opgesteld vermogen en een energie-inhoud van 34 GWh € 8 miljard gedeeld door 100 jaar = € 80 miljoen. Rekenen we beheer en onderhoud erbij, dan bedraagt de afschrijving circa € 130 miljoen per jaar exclusief de rentekosten.

Infrastructuur of energiecentrale

Belangrijk is hoe de overheid grootschalige opslag beschouwt. Die is van zo'n grote betekenis voor de netwerkbeheersing! Het lijkt dan niet meer dan logisch dat de overheid de opslag beschouwt als noodzakelijke infrastructuur en niet als een energiecentrale. Grootschalige opslag is primair een onderdeel van de hoofdinfrastructuur en is als zodanig vergelijkbaar met een transformatiestation, een netwerk, een hoogspanningsverbinding, een ondergrondse kabel, de Betuweroute of een CO₂-pijpleiding naar Duitsland. De visie van de overheid bepaalt de financiering inclusief de rentekosten van de opslag. Iedere financierer vraagt altijd naar het risicoprofiel van de initiatiefnemende partij en de afnamegaranties. Wanneer het energieopslagmeer wordt gerealiseerd in een private samenwerking is het antwoord op de vragen anders dan wanneer het opslagmeer wordt gerealiseerd in een publiek-private samenwerking.



3.5.1 Als de overheid alle risico's dekt

Wanneer de overheid alle risico's dekt, lijkt een renterange van 2 tot 4 procent op dit moment een reële aanname. De vraag is of dit een waarschijnlijk scenario is. Kan de overheid alle risico's dekken onder de huidige Europese wetgeving? Het zou logischer zijn wanneer de overheid de aanleg van het valmeer zou opnemen in de rijksbegroting als een investering in nieuwe infrastructuur.

3.5.2 Als de overheid de risico's deelt

Wanneer de overheid de risico's deelt met marktpartijen, zal zij zeer waarschijnlijk kiezen voor een DBFMO-oplossing. In deze geïntegreerde contractvorm is de opdrachtnemer verantwoordelijk voor het design, de bouw, de financiering, het onderhoud en de operatie. Mogelijk is de overheid bereid om een deel van het commerciële risico over te nemen. Ook hierbij kunnen we ons afvragen of dit een reëel scenario is. Want als netwerkbedrijven zoals TenneT volgens Europese regelgeving nu niet kunnen participeren in opslag van energie, dan is het de vraag of de Nederlandse overheid dat wel zou kunnen doen onder diezelfde Europese regelgeving in de risicoafdekking van een dergelijke activiteit.

Maar wanneer de overheidspartijen – netwerkbedrijven, Rijkswaterstaat of andere instellingen – bereid zijn om langjarige contracten van voldoende omvang vooraf af te sluiten met Delta21, wordt het commerciële risico voor de marktpartijen de facto beperkt. Het effect op de financiering zal zijn een

verhoging van de equity-inbreng naar 10 tot 15 procent. Ook zal er dan sprake zijn van de introductie van een junior debt (circa 7 procent) voor de financiering van de commerciële contracten en een senior debt (2 tot 4 procent) voor de overheidscontracten. Bij een gelijke verdeling van overheids- en commerciële contracten zal de WACC (Weighted Average Cost of Capital) zich naar een niveau van circa 6,5 procent of lager bewegen.

3.5.3 Als de overheid alle risico's bij het bedrijfsleven legt

Wanneer de overheid de aanleg van het energieopslagmeer of valmeer als een DBFMO-contract in de markt zet, legt zij alle technische risico's van de bouw, het onderhoud en de operatie bij het bedrijfsleven. Dat zal dan ook worden gevraagd om de totale overbruggingsfinanciering en financiering te verzorgen. In dat geval moeten we rekening houden met een eigen vermogen/equity component van 8 tot 10 procent tegen een cut off rate van 10 tot 12 procent. Voor het restant van de financiering moeten we rekening houden met 2 tot 4 procent. De WACC (Weighted Average Cost of Capital) komt dan uit op 2,6 tot 4,8 procent.

Wanneer de marktpartijen alle financiële risico's nemen, zal er voor het in bedrijf stellen van het Delta21-concept geen enkel contract vooraf zijn afgesloten tussen enerzijds potentiële afnemers en anderzijds Delta21. Overheid en commerciële partijen houden dan geen rekening met het inpassen van de Delta21-opslag in hun energieverbruik of -opwekking. Het risicoprofiel is dan in hoge mate afhankelijk van de behoefte aan batterijvermogen en ander flexibiliteitinstrumenten. Een WACC van 8 tot 10 procent lijkt dan een reële aanname.

Het Delta21-concept biedt meer

De vraag in de markt naar energieopslag en flexibiliteit bepaalt niet exclusief de commerciële haalbaarheid van het project. Het Delta21-concept biedt ook mogelijkheden voor bijvoorbeeld de aanleg van drijvende zonneparken. Ook dat kan worden meegenomen in de besluitvorming. Dit maakt het Delta21-concept bijzonder. Natuurlijk vormt de vraag naar opslag en flexibiliteit een wezenlijk element in de besluitvorming over het al dan niet doorgaan van het project. Omdat er meer mogelijk is in het concept, is het onderzoek van onderzoeksbureau CE Delft naar de markteffecten van het Delta21-concept zo belangrijk¹⁰.

3.5.4 Twee scenario's onderzocht

De WACC (Weighted Average Cost of Capital) die Delta21 in 2023 heeft aangehouden, ligt in lijn met de SDE++. Daarvoor lijkt anno augustus 2023 een percentage van 5,8 procent redelijk.

Is een commerciële Weighted Average Cost of Capital haalbaar?

Delta21 heeft onderzoeksbureau CE Delft gevraagd om het scenario te onderzoeken waarin het energieopslagmeer kan worden aangelegd met een commerciële Weighted Average Cost of Capital.

Het scenario van een participerende overheid die risico's draagt

In paragraaf 3.5.2 hebben we al iets geschreven over een overheid die wil participeren en risico's wil delen. Dat scenario is voor Delta21 aantrekkelijk genoeg om het nader door CE Delft te laten onderzoeken op haalbaarheid.

In dit scenario financiert de overheid het project volledig. Zij is immers de partij die het meeste direct of indirect risicoloos aan het project verdient door de maatschappelijke baten ervan. De technische en

¹⁰ Zie deelrapport 3 van dit haalbaarheidsonderzoek.

uitvoeringsrisico's liggen echter volledig bij het bedrijfsleven. Voor de gunning sluit het jarenlange contracten af met zogenoemde penalty regimes.



De overheid zet de totale opslagcapaciteit van het Delta21-concept volledig in de markt door concessies uit te geven, waarop het bedrijfsleven met een voldoende (credit)rating kan bieden. In dit scenario grijpt de overheid dus niet actief in. Zij participeert niet actief in de energiemarkt, wat volgens de

In de Europese Unie kan een overheid niet actief participeren in de energiemarkt.

huidige Europese wetgeving ook niet kan. Wel is de overheid hiermee voorwaarde scheppend bezig. De marktpartijen kunnen daarvan gebruikmaken voor de totstandkoming van een efficiënte energietransitie.

CEDELft heeft in deelrapport 3 voor de businesscase een vergelijking gemaakt met andere bronnen van flexibiliteit gebaseerd op de levelised cost of storage (LCOS), oftewel de kosten per geleverde MWh. Daaruit komt naar voren dat de LCOS van Delta21 kostencompetitief is bij een gunstige financiering en voldoende vollasturen, e.e.a. gebaseerd op een afschrijffperiode van 30 jaar. Het energieopslagmeer in het Delta21-concept maakt het mogelijk om jaarlijks maximaal 5 terawattuur op te slaan. Grootschalige opslag is essentieel om verstoringen tegen te gaan. Zoals in deelrapport 3 is uitgewerkt kan terugverdiend worden met de investeringen in pumped storage hydro met diverse vormen van baten. Er is uitgegaan van een terugverdienperiode van 30 jaar, maar de levensduur van het bassin is, met uitzondering van de pompturbines, minstens 100 jaar.

Onderzoeksbureau CE Delft heeft in deelrapport 3 van dit haalbaarheidsonderzoek aangegeven onder welke voorwaarden en binnen welke tijdspanne de overheid op deze wijze het investeringsbedrag zal hebben terugverdiend.

Uit het hieronder aangehaalde onderzoek van Ecorys blijkt dat rond 2030 jaarlijks € 2 miljard aan schade door stroomuitval kan worden voorkomen als Delta21 voorziet in een energieopslag van 9 GWe. Dat onderzoek is door TenneT bevestigd. Na 2030 moet dat bedrag nog veel hoger zijn door de toename van niet-fossiele energieopwekking na 2030.

Het door Ecorys genoemde bedrag van € 2 miljard kan bovendien nog aanzienlijk worden verhoogd, omdat de grootschalige energieopslag ook leidt tot minder verzwaring van het netwerk, een meer efficiënte energieopwekking en minder CO₂-uitstoot. Op basis van deze beschouwingen en informatie uit genoemde en andere rapportages lijkt een terugverdientijd van minder dan tien jaar in dit scenario geenszins te optimistisch.

3.6 Baten energieopslagmeer

Hoewel deelrapport 3 van dit haalbaarheidsonderzoek geheel gewijd is aan de baten van het energieopslagmeer¹¹, schatten we hieronder op kwalitatieve wijze enkele mogelijke bronnen van de baten in van een grootschalige opslag in het energieopslagmeer of valmeer. We gaan wat dieper in op de in- en verkoop van stroom (arbitrage), op de uitkomsten van het door Delta21 uitgevoerd

¹¹ In deel 3 van deze studie is door CE Delft het kwantitatieve onderzoek uitgevoerd naar de opbrengsten voor een aantal diensten van het energieopslagmeer voor de situatie in 2035 en 2050.

modelonderzoek Energie en op de maatschappelijke baten volgens onderzoeksbureau Ecorys. We kijken of er een analogie is met de NorNed-kabel en welke invloed grootschalige energieopslag heeft op de CO₂-uitstoot. En we zien ten slotte wat het energieopslagmeer kan betekenen in combinatie met andere opslagfaciliteiten.

NorNed-kabelterminal in de Eemshaven.



3.6.1 In- en verkoop van stroom

Wanneer het energieopslagmeer functioneert zoals bedoeld, levert de opslag van energie ook besparingen op. In een tijd van veel aanbod en minder vraag, slaan we de energie op in het meer. Op een later moment, wanneer de vraag aantrekt, kan die energie tegen hogere prijzen worden verhandeld op de day-ahead markt. Ter illustratie gaan we uit van een jaarlijkse opslag van 3 TWh/jaar in het energieopslagmeer.

Bij energieopslag wordt stroom ingekocht bij lage inkooprijzen. We wekken het weer op en verkopen het bij hoge stroomrijzen. Met 2 GWe opgesteld vermogen kan jaarlijks 2 tot 5 TWh worden opgewekt. We nemen een gemiddelde van 3 TWh, omdat de benutting niet altijd optimaal zal zijn.

Bij een roundtrip efficiency van 75 procent is daarvoor 2,7 tot 6,7 TWh inkoop nodig, gemiddeld 4 TWh/jaar bij 3 TWh verkoop. Bij een geschatte inkoopprijs van € 10 per MWh en een geschatte verkoopprijs van € 100 per MWh wordt de opbrengst per jaar: verkoop-inkoop: € 300-40 = € 260 miljoen per jaar.

3.6.2 Uitkomsten modelonderzoek Energie

Delta21 heeft met een deskundige een eigen model ontwikkeld waarin we het uuraanbod van diverse vormen van stroom en de uurvraag hebben verwerkt. We hebben gekeken wat het al dan niet toevoegen van een grootschalige opslagfaciliteit betekent voor dat uuraanbod en die uurvraag. De resultaten van dat onderzoek geven een waardevol inzicht in de mogelijke besparingen op te installeren vermogens. Ter illustratie werken we hieronder de situatie uit waarin 65 procent van de verbruikte stroom afkomstig is uit duurzame bronnen.

Als in 2030 de vraag 125 TWh/jaar bedraagt en 65 procent van de gebruikte stroom duurzaam opgewekt moet zijn, dan is daarvoor zonder grootschalige opslag het volgende nodig:

- opgesteld vermogen wind-zon en biomassa: 59 GWe (81 TWh/jaar);
- opgesteld conventioneel vermogen: 18 GWe (44 TWh/jaar);
- totale hoeveelheid curtailment: 90 TWh/jaar.

Voegen we in dit voorbeeld een grootschalige opslagcapaciteit van 2 GWe/34 GWh, dan worden de getallen als volgt:

- opgesteld vermogen wind-zon en biomassa: 47 GWe, (83 TWh/jaar);
- opgesteld conventioneel vermogen: 17 GWe (44 TWh/jaar);
- totale hoeveelheid curtailment: 58 TWh/jaar.

De besparing op investeringen in opgesteld offshore windpark vermogen: 12 GWe, oftewel 12.000 * (€ 1,75 miljoen/MW) = € 21 miljard minder investeringen in offshore windparken en met dezelfde output. Voor een groot deel zijn dit maatschappelijke besparingen, tenzij de exploitanten van wind- en zonneparken met een exclusieve deelname in grootschalige opslag een concurrentievoordeel zouden hebben.

3.6.3 Maatschappelijke baten volgens Ecorys-onderzoek

Onderzoeksbureau Ecorys heeft in opdracht van de Batterij Coalitie (een samenwerking tussen zes zelfstandige ontwikkelaars van grootschalige standalone batterijsystemen) een inschatting gemaakt van de maatschappelijke waarde van grootschalige batterijsystemen voor de Nederlandse samenleving als het gaat om de leveringszekerheid van stroom.

Ecorys heeft in deze compacte studie de maatschappelijke waarde van de batterijsystemen inzake de leveringszekerheid gekwantificeerd door de verwachte bijdrage aan de leveringszekerheid te vermenigvuldigen met de betalingsbereidheid van afnemers voor het voorkómen van een onderbreking (in €/MWh). De bijdrage van de batterijsystemen aan de leveringszekerheid op jaarbasis in 2030 is geschat op 40 GWh en de betalingsbereidheid op 50 duizend €/MWh. Dit levert een totale maatschappelijke waarde op van € 2 miljard voor de bijdrage van batterijsystemen aan de leveringszekerheid.

3.6.4 Analogie met de NorNed-kabel

De NorNed HVDC-kabel vanuit Delfzijl naar Noorwegen heeft een vermogen van 700 MW. De aanlegkosten bedroegen € 700 miljoen. Statoil en TenneT verhuren de capaciteit. De terugverdiëntijd was zeven jaar. De opbrengsten per jaar voor de investeerders bedragen circa € 100 miljoen per jaar. Daarnaast wordt jaarlijks 1,5 tot 2 TWh/jaar stroom heen en weer getransporteerd. Alleen al de transport- en transmissieverliezen bedragen 15 procent roundtrip. De opbrengsten van de NorNed-kabel voor de energiebedrijven worden geschat op € 50 tot 150 miljoen per jaar, gemiddeld € 100 miljoen per jaar voor 1,75 TWh/jaar.

Het Delta21-concept kan dus – met een opgesteld vermogen van 2 GWe en een opslagcapaciteit van 34 GWh – per jaar naar analogie van de NorNed-kabel € 280 miljoen aan verhuur plus € 280 miljoen aan opbrengsten voor de energiebedrijven opleveren. De verliezen van het energieopslagmeester zouden in vergelijking met de NorNed kabel 15 procent minder zijn, waarmee ook nog eens € 30 tot 50 miljoen extra kan worden bespaard. De totale opbrengsten liggen dus in een orde van grootte van € 600 miljoen per jaar.

3.6.5 Besparen op CO₂-uitstoot door opslag

Door grootschalig energie op te slaan en dus niet verloren te laten gaan, kunnen we veel besparen op CO₂-uitstoot ten opzichte van stroom uit conventionele energiecentrales. Maar ook door een betere benutting van wind- en zonneparken.

Gas en kolencentrales stoten circa 300 tot 800 gram CO₂ uit per kWh. De uitstoot bij de aanleg van windparken wordt geschat op 50 gram CO₂ per kWh. We gaan uit van een besparing door opslag van 100 mg CO₂ per kWh opgewekte stroom uit opslag bij een CO₂ prijs van € 80 per ton CO₂ en een jaarproductie van 3 TWh/jaar.



De jaarlijkse besparing met opslag is dan 300 kiloton per jaar met een waarde van circa € 24 miljoen per jaar uit verminderde CO₂-uitstoot.

3.6.6 Combinatie met andere opwekfaciliteiten

Het energieopslagmeer biedt een vermogen van 2 GWe en 34 GWh energieopslag. In het concept is ook ruimte voor 3 tot 4 TWh/jaar stroom uit een zonnepark, 3 tot 4 TWh/jaar stroom uit een windpark en meer dan 10 TWh/jaar stroom uit AQUABATTERY-systemen. Dit maakt het Delta21-concept zeer aantrekkelijk voor de exploitanten van zonneparken of windparken.

Het Delta21-concept is prima te combineren met de geplande waterstoffabriek op de Maasvlakte, de kernenergiecentrale in Borsele en met de verwachte fabrieken die op de Maasvlakte ethanol en ammoniak gaan omzetten in stroom. Ook de BritNed-kabel en de DenNed-kabels die aanlanden op de Maasvlakte bieden veel kansen, evenals de energietransporten via het Noordzee-netwerk. Er is geen kwantificering gemaakt, maar een potentiële zonneparkexploitant noemde het energieopslagmeer zelfs in zijn geheel voldoende groot om het samen met een groot zonnepark te exploiteren.

3.7 Grondeigendom, pacht en exploitatie Delta21-concept

Het accent van deze haalbaarheidsstudie ligt op het energieopslagdeel. Dit omdat de provincie Zuid-Holland in het kader van 'Kansen voor West 2' ons een subsidie heeft toegekend voor een haalbaarheidsonderzoek naar alleen dat deel. De meerwaarde van een integrale toepassing was voor

de Provincie Zuid-Holland niet de focus, maar we mochten die meerwaarde in ons onderzoek wel meenemen. Een belangrijke vraag bij de realisatie van het plan is wie de verschillende rollen van beheerder, vergunningverlener, exploitant en eventueel pachter gaat vervullen. Deze vraag is onlosmakelijk verbonden aan andere vragen: wat wordt de hoofdfunctie van het Delta21-plan? En als er geen ruimte is voor een integrale uitvoering, wordt het plan dan partieel of sequentieel uitgevoerd? In deze paragraaf laten we zien waarom die vragen zo nauw met elkaar verweven zijn.

3.7.1. Integrale, partiële of sequentiële uitvoering

Het energiedeel van het Delta21-concept omvat meer dan alleen de grootschalige opslag van energie. Er is in en rond het valmeer of energieopslagmeer veel ruimte voor wind- en zonneparken en voor aquabatteries. Ook is een connectie mogelijk met de waterstoffabricage en met diverse zee-kabels. Het goedkeuringsproces wordt aanzienlijk ingewikkelder wanneer bovengenoemde mogelijkheden niet integraal maar sequentieel in de juridische route worden meegenomen. Ook het financieringsproces wordt interessanter wanneer andere vormen van duurzame energieopwekking en eventueel ook de veiligheidsfunctie van het concept vanaf het begin zouden worden meegenomen.

Een integrale aanpak zal het project tevens financieel versterken en de terugverdientijd verkleinen. Zo genereert een wind- en zonnepark niet alleen extra opbrengsten, het draagt ook bij aan de transitiedoelstellingen en heeft een maatschappelijke waarde, omdat dan bijvoorbeeld 'cable pooling' toegepast kan worden met de offshore windparken. Op die manier kan zelfs de aanvoer van ammoniak – nodig voor de productie van waterstof – naar de haven van Rotterdam worden gereduceerd. Er zijn overigens ook andere voorbeelden van integrale offshore zoekgebieden voor windparken in combinatie met zonneparken op zee. Als je bovendien een wind- of zonnepark wilt opnemen in het valmeer zelf, zal ook de gemeente/provincie dit moeten toevoegen aan de regionale energiestrategie (RES).

Versnelling aanvraagproces

Op basis van voorgaande argumentatie lijkt het logisch om het aanvraagproces te beginnen bij het ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Om het aanvraagproces te versnellen, wordt geadviseerd om daarnaast te onderzoeken of het interdepartementale programma Noordzee de Voordelta kan aanwijzen als zoekgebied voor het integrale Delta21-project. Dus niet alleen voor de energiefunctie – zonne-energie, windenergie, energieopslag en elektrolyse – maar ook voor de natuur- en waterveiligheidsfunctie. Overigens registreren regionale overheden de zoekgebieden voor het opwekken van duurzame energie in hun regionale energiestrategie (RES). Het Rijk doet dat niet, voor zover bekend. Het Rijk wijst wel de kavels aan voor de 'Wind op Zee'-gebieden, omdat de Noordzee niet gemeentelijk of provinciaal is ingedeeld. Dat zijn dan ook de enige gebieden voor het opwekken van duurzame stroom die het Rijk aanwijst.

3.7.2 Met welk bevoegd gezag heeft Delta21 te maken?

Het bevoegd gezag in het gebied waar het Delta21-concept is voorzien, ligt nu geheel bij het Rijk. Elke ingreep en elke activiteit in de Voordelta kan niet worden uitgevoerd zonder de expliciete steun van het Rijk. Als energieopslag de hoofddoelstelling wordt van het project, moet het ministerie van Economische Zaken en Klimaat bereid worden gevonden om daarvoor een rijksbrede coördinatie-regeling uit te voeren. Wanneer het energieopslagmeer er eenmaal ligt, zou dit deel van de Noordzee wel gemeentelijk en provinciaal worden ingedeeld. Dat schept geen precedent. In het verleden is dit ook gebeurd bij de aanleg van Maasvlakte 2. Noordzeegebied met het Rijk als bevoegd gezag werd haventerrein met de gemeente Rotterdam en de provincie Zuid-Holland als bevoegd gezag.

Het is daarom belangrijk om van te voren het project zo goed en zo compleet mogelijk te definiëren. Wordt het project gerealiseerd in delen, dan zal voor het later toevoegen van de niet meegenomen onderdelen bij het nieuwe bevoegde gezag een aanvraag moeten worden ingediend.

Bevoegd gezag en wijze van uitvoering

Als het Delta21-concept als integraal plan wordt ontwikkeld, start de juridische route bij het ministerie dat daarin het grootste belang heeft. Wordt de energiefunctie het primaire hoofddoel, dan dient het ministerie van Economische Zaken & Klimaat in eerste instantie het Delta21-concept aan te wijzen als een project van nationaal belang, zij het in samenspraak met de ministeries Infrastructuur & Waterstaat, Landbouw, Natuur & Voedselkwaliteit en Binnenlandse Zaken & Koninkrijksrelaties. Veelal is daarvoor een kabinetsbesluit nodig, dus meerdere ministeries moeten gebonden worden door het kabinet.

Voor de aanleg van Maasvlakte 2 was ook een kabinetsbesluit nodig. Ook voor een vergelijkbaar groot plan als 'Schiphol in Zee' zouden meerdere ministeries hun goedkeuring moeten verlenen. In beide gevallen gold het ministerie van Infrastructuur & Waterstaat als het aangewezen ministerie, vanwege het transportkarakter van beide projecten.

Maar het Delta21-concept heeft niet alleen een energiefunctie, maar ook een waterveiligheidsfunctie én een natuurontwikkelingsfunctie. Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat kan daarom een projectbesluit niet zelfstandig nemen, de andere ministeries moeten het plan ook accorderen. Vanwege de tijdsurgentie van de energietransitie zou het ministerie van EZK het grootste belang in de realisatie van het Delta21-concept hebben.

Op het eerste oog lijkt het daarom verstandig om eerst met dit ministerie contact op te nemen om dit proces te bespreken. De programmamanager 'Wind op Zee' lijkt daarbij een logische eerste contactpersoon, maar waarschijnlijk valt een concept als Delta21 buiten het mandaat van 'Wind op zee'. Vanuit dit programma is het waarschijnlijk mogelijk om het thema eerst binnen het ministerie van EZK te agenderen en ook te overleggen met de ministeries van I&W, LNV en BZK, maar ook met Rijkswaterstaat. Verder is er nog het interdepartementaal programma Noordzee, waarvan het ministerie van I&W de penvoerder/regievoerder is. Ook in dat programma zou het Delta21-concept kunnen thuishoren.

Hoe dan ook, van de drie doelstellingen van het Delta21-concept lijkt een grootschalige en duurzame energieopwekking een hoge prioriteit te hebben. Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat is logischerwijs dan de eerst aangesproken partij. Andere ministeries moeten ook in het proces worden betrokken vanwege hun belangen. En ten slotte zal de politiek toestemming moeten geven voor het project.

3.7.3 Het Delta21-concept en de vragen rond eigendom

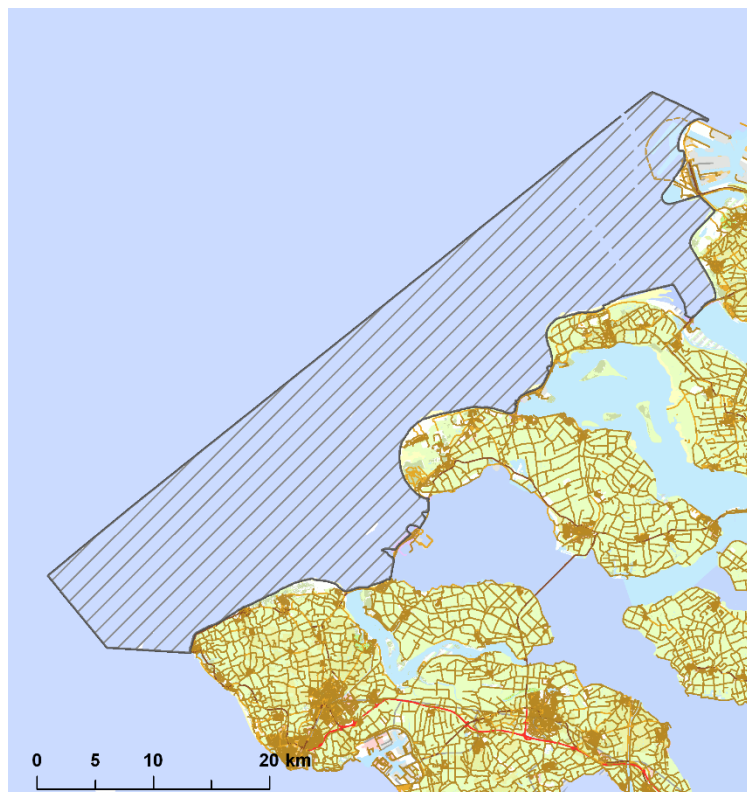
Op dit moment is het Rijk eigenaar van de grond. Dat zal ook zo blijven. Als eigenaar zal het Rijk een langdurige exploitatieconcessie moeten verlenen indien een private partij het Delta21-concept gaat exploiteren (zie paragraaf 3.7.4). Om een aanvraag te kunnen doen voor de realisatie van het Delta21-concept, is het zaak om binnen dat Rijk die aanvraag optimaal te adresseren. Bij welk ministerie moeten we zijn voor die aanvraag? Het antwoord op die vraag hangt nauw samen met de functie van het Delta21-concept die in die aanvraag prioriteit krijgt. Daarom is het essentieel om eerst goed af te stemmen welke onderdelen van het Delta21-concept in de aanvraag worden meegenomen en welke onderdelen eventueel in een later stadium worden gerealiseerd.

Waterveiligheid

Kijken we naar waterveiligheid, dan raakt dat thema aan het programma van de Deltacommissaris. Die valt onder het ministerie van Infrastructuur & Waterstaat. Vanuit waterveiligheidsperspectief is dit ministerie het meest voor de hand liggende adres van de aanvraag. Maar de aanpak van de Deltacommissaris is momenteel vooral gericht op de prioritering van de dijkversterkingen die de waterschappen hebben aangedragen. Grotere ingrepen in het waterveiligheidssysteem worden gezien als onderdeel van spoor 4. Dat spoor is gericht op de langere termijn en op het identificeren van mogelijke oplossingen voor een doorzettende zeespiegelstijging. Pas in 2026 zal de Deltacommissaris een aantal spoor 4-maatregelen voorleggen aan de politiek. In hoeverre de politiek dan voor het

Delta21-concept zal kiezen, is dus nog afhankelijk van het besluitvormingsproces. Dat proces zal pas na 2026 doorlopen worden.

Biodiversiteit en natuurherstel



Natuurherstel en vergroting van de biodiversiteit worden beschouwd als een absolute meerwaarde voor het project. Dat het Delta21-concept geheel voorzien is in de Voordelta en nabij drie andere Natura 2000-gebieden, is een belangrijk punt van aandacht. Vanuit dit perspectief gezien, is het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit een logisch adres van de exploitatieaanvraag.

De Voordelta is een van de vier Natura 2000-gebieden waarmee Delta21 te maken heeft.

Dat ministerie is verantwoordelijk voor de uitvoering van de Habitatrichtlijn, opgesteld door de Europese Unie. Wie een project wil ontwikkelen in een Natura 2000-gebied, krijgt te maken met een uitgebreide ADC-toets. Die toets is met een milieugerichte aanpak van het Delta21-concept geen onoverkomelijke hindernis. Maar de Voordelta is ook een bodembeschermingsgebied. Het wordt juridisch lastiger om in zo'n gebied goedkeuring te krijgen voor de realisatie van een project. Daarvoor moeten we in de ADC-toets expliciet aantonen dat een alternatieve locatie niet mogelijk is en dat er bindende overwegingen zijn om binnen het betreffende Natura 2000-gebied het Delta21-concept te realiseren.

Vanwege de aanwezigheid van vier Natura 2000-gebieden nabij het geprojecteerde Delta21-plan, lijkt het logisch om de plannen voor natuur- en biodiversiteitversterking integraal mee te nemen in de aanleg en exploitatie van het energieopslagmeer en om ook de middelen daarvoor in te zetten, of het plan nu integraal of partieel wordt uitgevoerd.

Grondeigendom na aanleg

Wie zal na de aanleg van het Delta21-concept de eigenaar van de grond zijn? Het meest logische antwoord op die vraag is: nog steeds het Rijk. Het maakt dan niet uit of het Delta21-concept integraal, partieel of sequentieel wordt uitgevoerd. In alle gevallen hebben de grond en de dijken die we daarop willen realiseren, een primaire veiligheidsfunctie.

Vervolgens lijkt het ook logisch dat commerciële partijen eigenaar worden van de valmeerfunctie inclusief pompturbines en andere energieopwekkingsfuncties. Deze commerciële partijen sluiten een pachtovereenkomst met het Rijk als eigenaar van de grond.

Indien we de waterveiligheidsfunctie in de aanvraag meenemen, moet dat expliciet ook worden verwerkt in de pachtovereenkomst met het Rijk. Stel dat de dijken, de grond en het water niet in eigendom zouden blijven van het Rijk, dus als het hele valmeer of energieopslagmeer in handen zou komen van een commerciële partij, dan kan die partij de gronden doorverpachten aan derden. Maar Rijkswaterstaat blijft dan het bevoegd gezag in het kader van de Waterwet die in hoofdzaak het beheer regelt van watersystemen om overstromingen, wateroverlast en waterschaarste te voorkomen dan wel te beperken. Dus wanneer de waterveiligheid in gevaar komt door een calamiteit – denk aan een extreme storm en/of een zeer hoog volume aan rivierwater – dan zal Rijkswaterstaat namens het Rijk tijdelijk de regie over het energieopslagmeer of valmeer willen voeren. In zo'n crisissituatie moet de exploitant van het energieopslagmeer doen wat het Rijk hem opdraagt.

Naar analogie van Maasvlakte 2

Het door ons voorgestelde proces lijkt in grote lijnen op het proces rond Maasvlakte 2. De grond is vrijwel volledig in handen van het Rijk. Het Rijk verpacht nagenoeg alle gronden in de haven aan het Rotterdamse Havenbedrijf, waarbinnen het Rijk overigens ook weer een aandeel heeft van ongeveer 27 procent. Het Rotterdams Havenbedrijf verpacht vervolgens de gronden ook weer ten dele aan bedrijven, die daar overslag- of industriële activiteiten uitvoeren (de zogenoemde landlord-functie).

Zo lijkt het ook in het Delta21-concept de meest logische optie om na aanleg van het valmeer de dijken, de pompen, de grond en het water in één opstalrecht uit te geven aan één commerciële partij. Geheel naar analogie met Maasvlakte 2. De commerciële partij kan dan ook delen doorverpachten, net zoals het Rotterdams Havenbedrijf dat nu doet als landlord.



In theorie is het ook mogelijk dat na de aanleg slechts enkele delen van het valmeer in eigendom worden uitgegeven, zoals de beschermende duinen, de grond of de wateren. In zo'n geval is het opstalrecht alleen nog van toepassing op de pompturbines met de civiele onderbouw. De commerciële partij kan dan niet meer doorverpachten, maar het Rijk wel.

3.7.4 Wie gaat het project exploiteren?

Delta21 bv is de initiatiefnemer, maar beschikt nog niet over de capaciteit om het Delta21-concept als private partij te realiseren. Wel hebben we met diverse partijen oriënterende gesprekken gevoerd over de vorming van een consortium van partijen, die samen wel in staat zou moeten zijn om het energieopslagmeer te exploiteren. Delta21 heeft voornamelijk niet de capaciteit en de middelen om het project te gaan exploiteren.

TenneT, Rijkswaterstaat of marktpartijen?

De energiefunctie, een grootschalige opslagfaciliteit nabij de haven van Rotterdam met mogelijkheden van grootschalige duurzame energieopwekking, heeft een hoge prioriteit. Het lijkt daarom logisch dat het initiatief voor het project genomen moet worden vanuit het energieperspectief. Dan is het ministerie van Economische Zaken en Klimaat de eerst aangesproken partij, met uitvoeringsorganisatie TenneT als exploitant. Maar TenneT is aan handen en voeten gebonden zolang de wetgever een grootschalige



energieopslag niet als infrastructuur aanmerkt. Binnen de huidige wet- en regelgeving kunnen TenneT noch Rijkswaterstaat optreden als exploitant van het energieopslagmeer, tenzij de wetgeving en het instellingenbesluit Rijkswaterstaat worden aangepast. Dit vergt evenwel een zeer tijdrovende besluitvormingsprocedure. Daarom zullen marktpartijen het initiatief moeten nemen en ook de exploitatie ter hand moeten nemen. Energie Beheer Nederland zou die rol kunnen vervullen.

Landlord-optie

Daarnaast is het mogelijk dat – net als bij de hierboven genoemde Maasvlakte 2 – het Rijk en de gemeente Rotterdam de exploitatieconcessie via het Rotterdamse Havenbedrijf als landlord laten lopen. Ook dan zal een private partij als Delta21 bv de exploitant van het energieopslagmeer moeten zijn. Exploitatie betekent dat de exploitant een deel van de opslagcapaciteit en de ruimte van het energieopslagmeer zal verhuren aan netwerk- en energiebedrijven. Verder kan de ruimte van het meer worden verhuurd aan bedrijven die zonneparken of windparks exploiteren. Voornamelijk hebben de gemeente Rotterdam en het Havenbedrijf Rotterdam wel interesse in het concept, maar tonen zij nog geen belangstelling voor een actievere rol.

3.7.5 Beoogde organisatie exploitatiebedrijf

Voor de exploitatie van vooral het energieopslagmeer of valmeer denken we aan een exploitant die een deel van de opslagcapaciteit en de ruimte voor andere energieopwekfaciliteiten langdurig – tussen de vijftien en dertig jaar – aan derden verpacht of verhuurt. Die derden kunnen netwerkbedrijven, energiebedrijven, eigenaars van wind- en zonneparken en stroomleveranciers zijn. Het verhuren of verpachten van de opslagcapaciteit kan bijvoorbeeld worden geregeld per pompturbine. Aangezien

honderd pompturbines in bedrijf zullen zijn, denken we dus aan een tiental gebruikers van de opslagfaciliteit, die elk 10 tot 30 procent van de totale capaciteit huren.

Het is ook mogelijk dat er elke dag onderlinge afstemming is over het onderling uitwisselen van de stroom. De verhuur van de ruimte voor zonne- en windparken en andere faciliteiten die ruimte vergen, kan worden geregeld met pachtovereenkomsten.

Positie Delta21 bv

In overleg met zijn sponsors richt Delta21 bv zich vooralsnog primair op het beschikbaar stellen van opslagcapaciteit, zonder dat de opgeslagen energie in eigendom geraakt. Er zijn ook stemmen die ervoor pleiten om de grootschalige energieopslag onderdeel te laten zijn van een breed op energie gericht dienstenpakket, onderdeel van de gehele energie-infrastructuur. Of dat een haalbare optie is, moet nader worden onderzocht. Bij een gunstige uitkomst van dat onderzoek zou in het vervolgtraject de optimale configuratie van de Delta21-opslag bepaald moeten worden. CE Delft en TenneT hebben hiervoor al veelbelovende haalbaarheids- en kostenstudies verricht, die verder aangescherpt dienen te worden.

3.7.6 Rijk, provincie, gemeente en commerciële partij

Gemeenten en provincies hebben verplichtingen rond de regionale energiestrategie. Om daaraan te kunnen voldoen, is het in hun belang wanneer we aan het valmeer ook andere functies toevoegen dan alleen grootschalige energieopslag. Denk aan windparken op de dijken en in het meer, aan drijvende zonnevelden of aan andere faciliteiten met een verankering aan de bodem.

Worden die functies niet meegenomen in een integrale aanvraag, dan kunnen de gemeentes en de provincie via hun regionale energiestrategie het Rijk verzoeken om de rijksgronden en -wateren vrij te geven voor het opwekken van energie. Om dat op te laten nemen in het OER (Opwek Energie op Rijksvastgoed)-programma. Dit geldt níet voor energieopslag: die functie zit niet in de regionale energiestrategie.

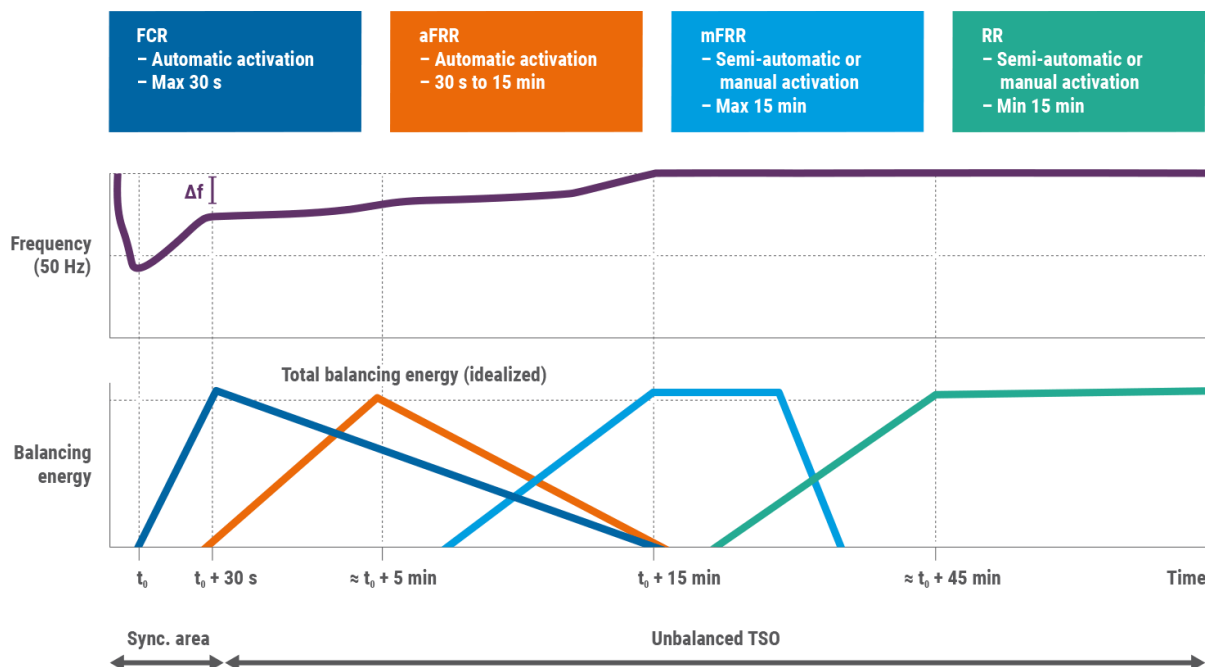
Rijkswaterstaat gaat dan als materieel beheerder en vergunningsverlener namens grondeigenaar het Rijk na of de beoogde functies verenigbaar zijn met de eigen kerntaken. Als dat zo is, geeft Rijkswaterstaat de partij toestemming en wordt de locatie opgenomen in het OER-programma. Het OER-programma biedt de mogelijkheid om een tender uit te voeren voor een wind- en zonnepark. De winnaar van de tender krijgt het recht om het wind- en zonnepark te bouwen en te exploiteren. De winnaar krijgt daarvoor een aparte pachtovereenkomst. Met andere woorden: de exploitant van het energieopslagmeer of valmeer kan dus een andere commerciële partij zijn dan de exploitant van het wind- en zonnepark. Uiteraard kan de exploitant van het valmeer of energieopslagmeer zelf ook inschrijven op de OER-tender. Als hij deze aanbesteding wint, is hij zowel exploitant van het valmeer als van het wind- en zonnepark.

Ten slotte is het belangrijk om in het kader van deze paragraaf te benadrukken dat de scope en layout van Delta21 nog niet in ijzer gegoten zijn. In de volgende fase van het project zullen deze aspecten nadrukkelijk in ogenschouw moeten worden genomen en moeten worden onderzocht.

3.8 Marktpositie Delta21 op de energiemarkt in Nederland

Er is nog maar weinig bekend over de impact van een grootschalig energieopslagsysteem van 2 GWe op de energiemarkt. CE Delft heeft in opdracht van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland in december 2021 een waardevol onderzoek afgerond voor de topsector Energie, TKI Urban Energy en Enexis Groep. De volledige titel van het onderzoeksrapport is: *Omslagpunt grootschalige batterijopslag; wat is de betekenis van batterijopslag voor de inpassing van zon in het energiesysteem?* In deze studie

concluderen de onderzoekers van CE Delft dat er in 2030 naar verwachting een behoefte is aan gridbatterijen van 1 tot 1,5 GWp voor netbalancing. Dit resultaat wijkt af van de door TenneT gehanteerde schatting van 2,8 tot 15,4 GWp.¹² Die gridbatterijen zouden volgens de studie nu ook al rendabel ingezet kunnen worden om de netfrequentie te ondersteunen op de FCR- en de aFRR-markten van TenneT.



De balanceringsproducten van TenneT en hun onderlinge samenhang. Bron: ENTSO-E, 2019.

De rentabiliteit van de batterijen kan worden verbeterd door het batterijvermogen in te zetten op de congestie markt en door de netfrequentie te handhaven via de inzet op de onbalansmarkt. De beste resultaten worden bereikt bij een gestapelde businesscase van de day-ahead-, FCR-, aFRR- en congestie markt.

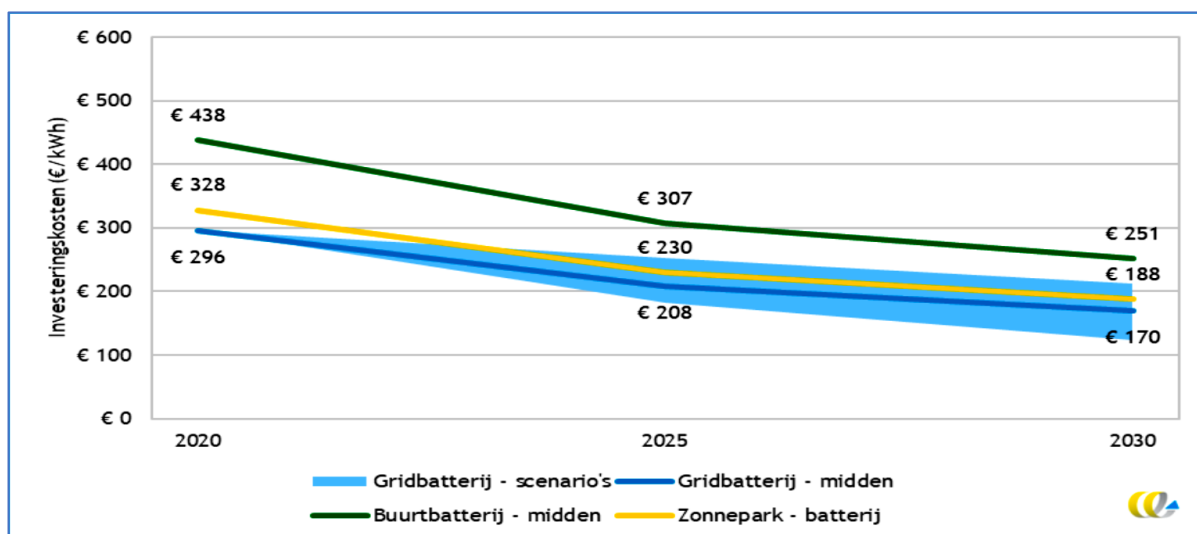
Los van de netwerkbedrijven is er volgens het genoemde CE Delft-rapport potentieel om het vermogen van bestaande zonneparken zonder netverzwaring te verhogen door de inzet van batterijen:

“Met gericht beleid kan 5,5 GWp aan batterijen rendabel geplaatst worden bij bestaande aansluitingen. Daardoor kan bij bestaande parken nog eens 7,5 GWp extra aan zonnepanelen aangesloten worden, zonder netverzwaring. Deze extra zonnepanelen zorgen ervoor dat er 5 TWh additionele hernieuwbare opwek 5 à 10 jaar eerder gerealiseerd kan worden. Dit verlaagt de elektriciteitsprijs en levert 1,6-2,2 Mton/jaar CO2-besparing op.”

De studie beperkt zich vooral tot zonne-energie, omdat de toepassing van batterijen daar kan leiden tot 'een kleinere netaansluiting en daarmee een versnelde inpassing in een krap elektriciteitsnet'. Verder stellen de onderzoekers dat dit voordeel bij windparken niet speelt, omdat windparken langere periodes aan één stuk op vol vermogen leveren. 'Het is mogelijk om ook windparken aan te sluiten op een lager vermogen, maar er zijn hele grote batterijen nodig om niet te veel energie weg te hoeven gooien'.

¹² In: *Investeringsplannen voor Netten op land en zee 2022-2031*. TenneT ontwikkelt iedere twee jaar investeringsplannen voor Net op land en voor Net op zee, steeds met een zichttermijn van tien jaar.

DELTA21 is in dat onderzoek nog niet als optie meegenomen.



Ontwikkeling prijzen van batterij met 4 uur opslagcapaciteit, bewerking van NREL, (2020); Cole et al., (2021)

Voor genoemd onderzoek toont bovenstaande grafiek voor de investerings-kostenontwikkeling van de drie batterijtypen. Voor de gridbatterij houden de onderzoekers een bandbreedte aan die in 2030 varieert van €123 tot €213/kWh. Een overeenkomstige berekening op de Delta21-kostengegevens leverde een vast kostenniveau op van €38/kWh. Het verschil wordt verklaard uit de opslagcapaciteit van twaalf uur en de levensduur die ruim zesmaal zo groot is als die van het type lithium-ion waar in de studie vanuit wordt gegaan.

De in het rapport genoemde TenneT-bandbreedte is 2,8GWp tot 15,4 GWp aan gridopslagcapaciteit¹³. De ene kant van die bandbreedte van 2,8 GWp hoort bij het scenario Internationale Ambitie en de andere kant van 15,4 GWp bij het scenario Nationale Drijfveer. Daartussenin ligt dan nog het scenario Klimaatakkoord met een opslag van 8,3 GWp.

Zowel TenneT als CE Delft heeft de opslag voor windparken niet meegenomen. Voor TenneT blijkt dat ook nog eens uit het door hen opgestelde Investeringsplan Net op zee 2022-2031.

Daarnaast mag niet onvermeld blijven dat voor de productie van lithium-ion-batterijen zeldzame aardmetalen nodig zijn, met alle milieu- en geopolitieke knelpunten van dien. Nadelen van deze batterijen zijn verder de giftigheid, de slechte recyclebaarheid en de grote brandgevaarlijkheid.

Deze eerdere onderzoeken van CE Delft vragen om verder onderzoek naar de vraag of een kosteneffectieve batterijopslag gewenst is. CE Delft richt zich in voornoemd rapport voornamelijk op batterijen bij bestaande zonneparken, zonder netverzwaring. Uit de studie komt naar voren dat hier al meer opwekvermogen wordt gecreëerd dan er aan batterijcapaciteit wordt geïnstalleerd en er een grote overcapaciteit aan geïnstalleerd vermogen (offshore windparken) nodig is.

CE Delft heeft in zijn onderzoek nog niet de kosteneffectieve gridbatterij uit het Delta21-concept meegenomen als optie voor zon- en windenergie, afzonderlijk en gecombineerd. Daarmee zou ook het belang van een dergelijke opslag voor de synergie-effecten aan de orde moeten komen, als onderdeel van een duurzame energiehub op de Maasvlakte.

¹³ TenneT Investeringsplan Net op land, pagina 39.

3.9 Wind- en zonneparken en AQUABATTERY-systemen

Naast de faciliteit voor grootschalige opslag in waterkracht, biedt het energieopslagmeer ook meer dan 40 km² wateroppervlak met een diepte van 5 tot 30 meter, geschikt voor andere vormen van duurzame energieopwekking. Er is onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van een windpark met het innovatief type windmolen ontwikkeld door het bedrijf Dutch Wind Design (DWD). Die windmolens kunnen eventueel goed toegepast worden in combinatie met een drijvend zonnepark, volgens het concept dat Groenleven heeft ontwikkeld en dat voor dit project is aangepast voor de toepassing in een gebied met een variërend waterpeil.

Voor het ontwerp van het zonnepark is uitgegaan van een conservatieve 2 MWp per hectare oftewel 200 MWp per km². In één ontwerp is gerekend met een netto oppervlakte voor de zonneparken van 50 procent van de beschikbare oppervlakte, dus 20 km² met een benutting van 75 procent, wat neerkomt op een totaal van 3 GWp.



In Rockanje schijnt de zón ongeveer 2.200 uur per jaar wat overeenkomt met een vollast-bedrijfstijd van circa 1.100 uur gedurende 365 dagen per jaar. Dan levert dat, bij 3 GWe opgesteld vermogen, 3,3 TWh per jaar op. De oplevering van

deze hoeveelheid groene energie is goed voor een reductie van ruim 7 megaton CO₂ per jaar.¹⁴

De GreenBattery, ontwikkeld door AQUABATTERY is een tweede voorbeeld van een gecombineerd energieopweksysteem. Dit is een stroombatterij die de elektriciteit opslaat door zout water te splitsen in een zuur en een base. De energieopslagfunctie in het valmeer kan daarnaast ook goed worden gecombineerd met andere vormen van energieopwekking zoals waterstofcentrales en kerncentrales of met ethanol-, mierenzuur- of ammoniakfabrieken. Een geheel aan opgesteld vermogen van 5 tot 10 GWe met een totale jaarproductie van 10 tot 20 TWh is goed mogelijk en lijkt zowel technisch als economisch een aantrekkelijke combinatie. In hoofdstuk 11 hebben we de resultaten van een aantal cases verder uitgewerkt.

¹⁴ Vanwege de grote fluctuaties in het waterpeil bij het meer zijn het type fundering van de windturbines en de afmeerconfiguratie voor de drijvende zonne-eenheden van belang.

4. Het integrale Delta21-concept

In het derde hoofdstuk zijn we diep ingegaan op de meerwaarde van het Delta21-concept in de energietransitie. Maar aanvankelijk hebben we dit concept veel breder opgezet. Ook waterveiligheid en natuurherstel passen daarin heel goed. We zijn er nog steeds van overtuigd dat ons concept de meeste vruchten afwerpt wanneer het integraal wordt toegepast. In dit vierde hoofdstuk laten we zien hoe die integrale toepassing eruit kan zien.

We hebben de monding van het Haringvliet om meerdere redenen geselecteerd als meest geschikte locatie voor het Delta21-concept. Dit gebied heeft als eerste een historische functie als estuarium voor Rijn en Maas. Het ligt vervolgens dicht bij de huidige energiehub van de Maasvlakte. Het mondingsgebied biedt ook veel kansen voor het versterken van de biodiversiteit in de Natura 2000-gebieden die we daar vinden: het Haringvliet, de Voordelta, de Voornse duinen en de Kwade Hoek. Ondanks alle zorg die aan deze gebieden wordt besteed, gaan ze al generaties lang langzaam achteruit qua biodiversiteit. Het Delta21-concept kan een belangrijke injectie zijn richting natuurherstel. Zo kan daardoor de brakwaterbiotoop in het Haringvliet worden uitgebreid en de vismigratie worden hersteld. Als mooie bijvangst kan het concept ook de duurzame recreatie in het gebied een boost geven. We beschrijven hieronder globaal het concept, de ontwikkeling van het concept en de hoofddoelen ervan. Op ieder doel gaan we in een apart hoofdstuk verder in.

4.1 Het integrale concept en de ontwikkeling ervan

Delta21 bv houdt zich sinds 2017 bezig met een integrale oplossing voor zowel duurzame energieopslag, een impuls voor natuurherstel en een oplossing voor een betere hoogwaterveiligheid. Het originele plan uit 2017 zag er als volgt uit:



Het oorspronkelijke plan uit 2017: een kunstmatig meer grenzend aan de Maasvlakte 2 in het mondingsgebied van het Haringvliet.

We hebben het originele plan uit 2017 steeds verder doorontwikkeld. Tientallen studenten en sponsors hebben onderzoek gedaan naar de vele effecten van het Delta21-concept: effecten op de morfologie, de kansen voor grootschalige opslag, de risico's van de bodem en het talud, de effecten op de waterstanden in het benedenstroomse gebied, de effecten op de verhouding tussen zout en zoet, de kansen voor de vismigratie en de aquacultuur en nog veel meer.

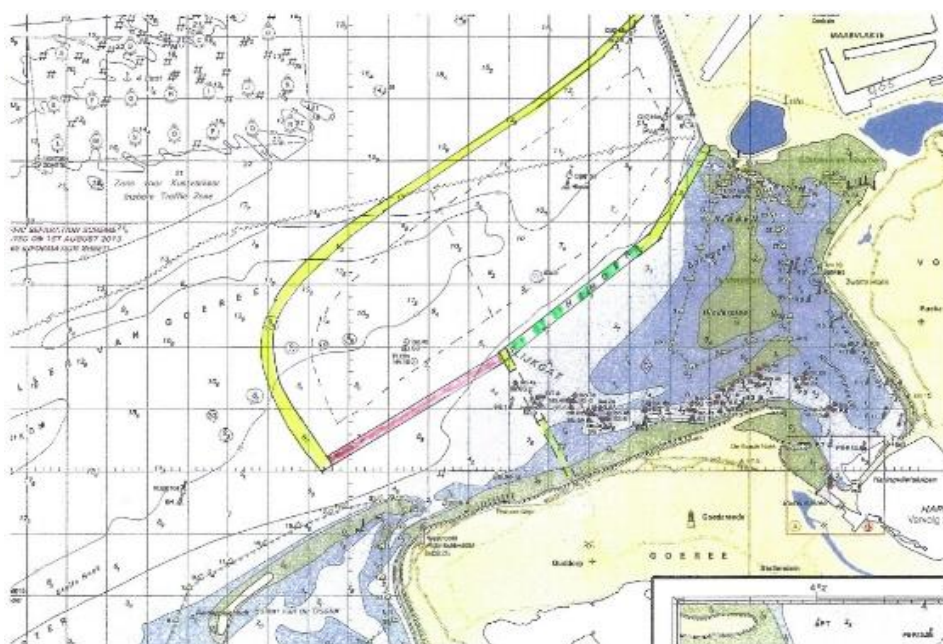
In 2021 heeft Esmée van Eeden van TU Delft een ontwerp van het Delta21-concept gemaakt. Zij kreeg de opdracht om een energieopslagmeer of valmeer maximaal in te passen in een grootschalige natuurontwikkeling, geïnspireerd door de situatie vanaf het begin van de jaartelling tot rond 1900.



Schetsontwerp integraal plan (bron: Esmee van Eeden, TU Delft Landschapsarchitectuur)

De kern van het concept bestaat uit een ruim 40 km² groot valmeer of energieopslagmeer met honderd pompturbines. Deze turbines slaan overtollige energie uit onder meer wind, zon en kernenergie op in waterkracht. In noodgevallen kan de pompcapaciteit worden benut als een groot gemaal, waarmee tijdens stormen en hoge rivierafvoeren overtollig rivierwater direct naar zee kan worden afgevoerd.

Esmée van Eeden heeft vooral voor het ondiepe getijdemeer een inrichting gekozen, die het brakwater estuarium weer ten dele zal herstellen, met een dagelijks getij, met kreken, ondiepe geulen en zandbanken, zoals dat op die locatie altijd al het geval is geweest van het begin van de jaartelling tot circa 1900. Vanwege de beperkte doelstelling van dit haalbaarheidsonderzoek – met de focus op de duurzame opslag van energie – hebben we de overlaat en de nieuwe kering alléén in stippellijn weergegeven. Verder zijn de inrichting van het getijdemeer en de extra brede duinen aan de zeezijde weggelaten. In het doorontwikkelde Delta21-concept werken we nu met de onderstaande lay-out.



4.2 Delta21-concept als duurzame energiehub

In het voorgaande hoofdstuk hebben we gezien hoe Rotterdam inclusief de Maasvlakten voor 40 procent een energieoverslaghaven is. In diezelfde haven vinden we ook veel energie consumerende industrieën. Rotterdam is nu nog een hub voor conventionele energieproducten. Maar zowel de haven als de industrie maakt een beweging naar duurzame energie. En daarmee ontwikkelt het Rotterdamse Havenbedrijf zich in de richting van een duurzame energiehub. Zo heeft TenneT al een circa 8 GWe station op de Maasvlakte staan en is er een aansluiting op het 380 kV hoogspanningsnetwerk. Vanuit de Noordzee worden veel aansluitingen verwacht. Ook waterstoffabrieken en de aanlanding van andere duurzame energiedragers zullen in de toekomst gestalte geven aan de duurzame energiehub. Grootschalige opslag ontbreekt echter nog. Dat belemmert een aantal ontwikkelingen. Om door te ontwikkelen richting duurzame energiehub heeft Rotterdam een locatie nodig voor een grootschalige opslagfaciliteit in de nabijheid van de Maasvlakten.

Vanwege deze urgentie, nauw verbonden aan de energietransitie waarvoor Nederland staat, hebben we de energiefunctie gekozen als eerste hoofddoel van het Delta21-concept. Daarbij houden we nog steeds rekening met de twee andere doelstellingen: de waterveiligheid en de natuurversterking.¹⁵

Het energieopslagmeer

De kern van het Delta21-concept bestaat uit het energieopslagmeer of valmeer, met een bodempeil op ongeveer NAP -33 meter. In het meer kan het waterpeil variëren van NAP -3 meter tot NAP -28 meter. Aan de rand van het meer zijn honderd pompturbines geïnstalleerd. Het valmeer of energieopslagmeer (EOM) werkt als een grote batterij voor elektrische stroom. Als er veel aanbod is van stroom en weinig vraag, is er sprake van overtollige stroom. Die wordt nu weggegooid. In het Delta21-concept gebruiken we die overtollige stroom om het meer leeg te pompen. Is er veel vraag naar stroom en weinig aanbod, dan wekken de honderd pompturbines stroom op met gebruik van waterkracht.

Het energieopslagmeer is dus een enorme batterij. Een batterij die energie kan opslaan. Eentje die kan worden ingezet voor de netstabiliteit, maar ook bij peak-shaving en als reserveopslag. Door te pompen zal de waterstand in het energieopslagmeer variëren.

Wanneer we hierboven spreken over een surplus aan aanbod en dus overtollige stroom, dan denken we aan stroom die is geleverd door zonne- en windparken op de Noordzee of op het land, maar ook aan stroom die via het netwerk uit kerncentrales komt. We denken ook aan energie die wordt aangeleverd via de BritNed- en DenNed-kabels of via de nieuwe netwerkverbinding vanaf IJmuiden naar Zeeland.



¹⁵ De verdere details van de energiefunctie nabij de haven van Rotterdam hebben we in hoofdstuk 2 beschreven.

Het energieopslagmeer biedt 40 km² ruimte voor een drijvend zonnepark of windpark, voor opslag van energie in onderwaterzoutbatterijen. Daarnaast kan het meer worden aangesloten op de geplande waterstof-, ammoniak- of ethanolcentrales op de Maasvlakte. Het Delta21-concept zal ervoor zorgen dat de overvloedige zonne- en windenergie uit de offshoreparken aanzienlijk beter wordt benut. De loadfactor van deze parken wordt daarmee groter. Het opgesteld duurzaam vermogen van windparken kan daarmee zelfs flink omlaag, een belangrijke maatschappelijke opbrengst. Ten slotte is het valmeer of energieopslagmeer uitstekend geschikt voor de aanleg en installatie van grote afgezonken energiezuinige datacentra. Op veel manieren kan het Delta21-concept zich dus ontwikkelen tot de duurzame energiehub voor Rotterdam.

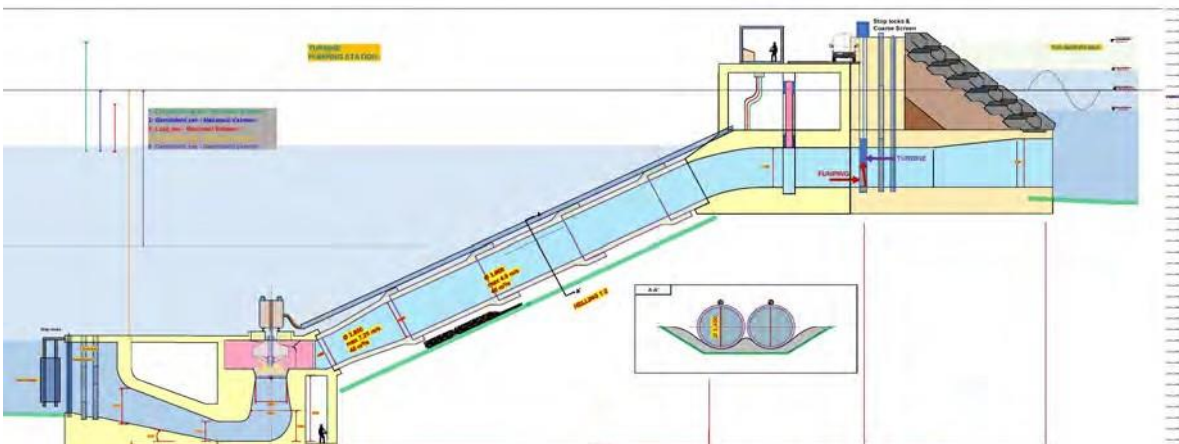
4.3 Waterveiligheid als hoofddoel van het Delta21-concept

Waterveiligheid is vanouds een belangrijk thema in Nederland. Waterschappen zijn druk doende om de afvoer van rivierwater in goede banen te leiden. Daartoe hebben zij dijken versterkt en verbreed. Hebben zij meer ruimte aan de rivier gegeven. En nog steeds leveren zij de Deltacommissaris uitgewerkte plannen aan voor nieuwe dijkversterkingen en -verbredingen. Tegelijkertijd weten zij ook dat we niet continu door kunnen blijven gaan met het versterken – nóg hoger, breder, sterker – van onze rivierdijken. En dat terwijl hoogwaterveiligheid een issue zal blijven, zeker wanneer het zeewater gaat stijgen.



We kunnen niet tot in het oneindige dijken blijven versterken en de rivier meer ruimte blijven geven.

Tijdens een zware langdurige storm, een hoge rivierafvoer of een combinatie van beide, stijgt het waterpeil in het gebied vanaf Gorinchem tot aan de Noordzee. Om het binnenland droog te houden, sluiten we de stormvloedkeringen. Daardoor kan maar weinig rivierwater nog naar zee worden geloosd. Het waterpeil in de rivieren zal stijgen en zorgen voor wateroverlast in de buitendijkse gebieden of zelfs een gevaar opleveren voor de binnendijkse gebieden. Wanneer we te maken hebben met vloed of springvloed kan het rivierwater nergens heen. Het wordt opgestuwd in het benedenstroomse gebied. Het grootste gevaar op een mogelijke overstroming ligt dus in de combinatie van een storm en een hoge rivierafvoer. De kans op die combinatie is gelukkig klein. Het gelijktijdig optreden van een zware storm op de Noordzee en een Rijn/Maasafvoer hoger dan 5.000 m³ per seconde komt volgens een schatting slechts eens in de tweehonderd jaar voor.



Alternatief pompturbinesysteem 'low head-high volume' – Kaplan-type (bron: TU Delft Civiele Techniek)

Gezien het belang van het thema hoogwaterveiligheid is het erg relevant om aan de energiefunctie van het Delta21-concept een veiligheidsfunctie toe te voegen. Dat kan heel eenvoudig. Het valmeer of energieopslagmeer biedt een enorme bergingscapaciteit van ongeveer 1.100 miljoen m³ en de pompturbines zijn bovendien in staat om per seconde gemiddeld 10.000 m³ overtollig rivierwater af te voeren naar zee. Daarvoor moeten we een overlaat en een afsluitbare verbinding tussen het getijdemeer en het energieopslagmeer toevoegen om het rivierwater uit het Haringvliet naar het valmeer of energieopslagmeer te laten stromen. Ook moet het getijdemeer gedurende korte tijd kunnen worden afgesloten van de zee. Zelfs in de zeldzame situatie van een gelijktijdig optreden van een zware storm en een opstuwung van rivierwater, blijft het mogelijk om het rivierwater af te blijven voeren naar zee, dankzij de honderd pompturbines in het energieopslagmeer.



Nederland heeft sinds het werk van waterbouwkundigen als Leeghwater en Cruquius een enorme expertise opgebouwd in het toepassen van gemalen om het land droog te houden. Met die expertise maken we wereldwijd impact. De waterveiligheidsfunctie van het Delta21-concept ligt geheel in lijn met de principes die Leeghwater en Cruquius in hun tijd toepasten. De honderd pompturbines in het valmeer

of energieopslagmeer vormen een enorm gemaal in het estuarium van Rijn en Maas. Door dit grote gemaal kunnen we:

- in het hele benedenstroomse gebied over een lengte van circa 600 kilometer aanzienlijk besparen op dijkversterkingen, -verbredingen en -verhogingen;
- de overstromingsveiligheid van de buitendijkse gebieden bij Rotterdam en Dordrecht aanzienlijk vergroten vanaf een peil van NAP +2 meter;
- de gevolgen van de hoge faalkans van de Maeslantkering verminderen en de levensduur ervan verlengen;
- een eventuele tweede kering naast de Maeslantkering heel goed inpassen in het Delta21-concept, al dan niet in combinatie met sluisen in de Nieuwe en Oude Maas (het Sluisenplan).

Er zitten meer voordelen aan het Delta21-concept die slechts zijdelings te maken hebben met waterveiligheid. Zo kan ons concept een belangrijke rol spelen wanneer besloten wordt om het Haringvliet te herstellen als de hoofdafvoer van Rijn en Maas, zoals dat vóór de Deltawerken het geval was. Met ons concept kunnen we verder de frequentie van de regelmatig optredende tijdelijke verzilting van het Hollands Diep en het Haringvliet via de Dordtse Kil verminderen. Dit is van groot belang voor de drinkwater-, en industriewatervoorziening en voor de landbouw op de eilanden. Een sluitingsprocedure voor de Maeslantkering bij een lagere waterstand is dan wel gewenst.

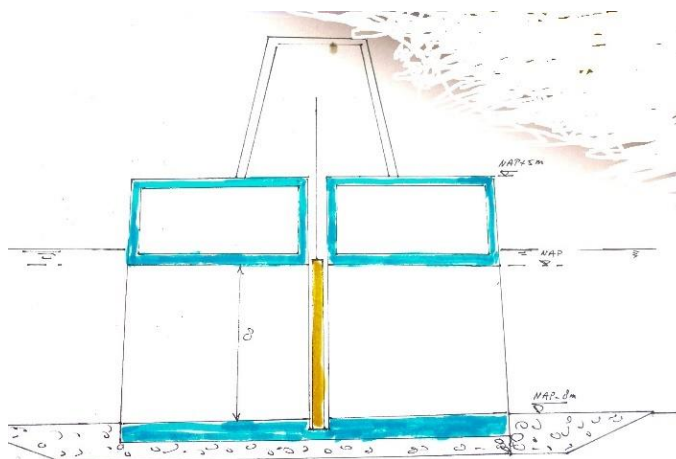
Om de waterveiligheidsfunctie van het Delta21-concept te optimaliseren, zijn twee dingen nodig:

- een nieuwe kering aan de zeezijde van het getijdemeer;
- een overlaat of inlaat aan de getijdemeerzijde.

Hieronder geven we wat meer specificaties voor zowel de nieuwe kering als de overlaat of inlaat.

4.3.1 Nieuwe kering

Het getijdemeer heeft een oppervlakte van circa 50 m². Aan de zeezijde daarvan is een nieuwe kering nodig. Deze staat vrijwel altijd open om het getijwater in en uit te laten. Dagelijks stroomt er elke 12,8 uur circa 100 miljoen m³ zeewater via de openingen in en uit het getijdemeer. Het maximale debiet is dan ongeveer 2.200 m³ per seconde. De vereiste doorstroomopening is 4.000 m², zodat de maximale stroomsnelheid circa 0,55 m per seconde bedraagt. De breedte van de nieuwe kering is ongeveer 500 meter, de lengte is circa 400 meter.

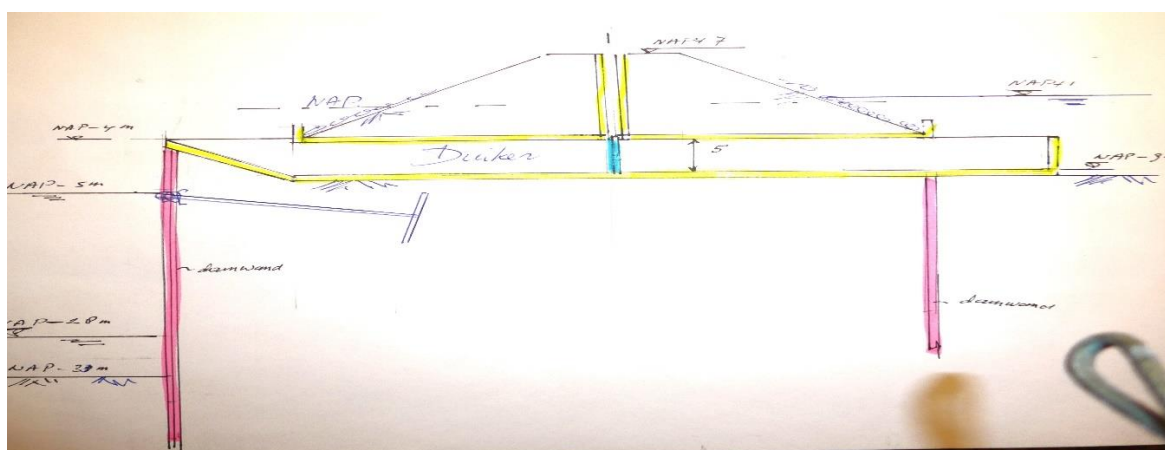


Schets van doorsnede nieuwe kering met een lengte van ongeveer 400 meter.

<i>Specificaties nieuwe kering</i>	
Oppervlakte getijdemeer	50 km ²
Volume bij 2 meter getij	100 miljoen m ³
Getijdeduur	12,8 uur
Q max	2.170 m ³ per seconde
A = 250 * 8 = 2.000 m ² ; HV-kering = 8.000 m ²	
V max	1,5 m per seconde
Betonhoeveelheid	25.000 m ³ : (€ 5.000 per m ³)
Totale aanlegkosten	€ 250 tot 500 miljoen

4.3.2 Nieuwe overlaat of inlaat

Om het overtollige rivierwater toe te laten stromen in het valmeer of energieopslagmeer is een overlaat of inlaat nodig aan de kant van het getijdemeer. Daarbij houden we rekening met een maximaal extreem debiet van 15.000 m³ per seconde rivierwater naar het energieopslagmeer of valmeer.



Duiker met inlaat van getijdemeer naar valmeer of energieopslagmeer

<i>Specificaties nieuwe overlaat of inlaat</i>	
Maximaal extreem debiet naar het valmeer	15.000 m ³ per seconde
Verval getijdemeer - valmeer	minimaal 5 m
Constructielengte inlaat	500 m
V max duiker	$0,5 * (2*10*5) ^{0,5} = 5 \text{ m/s}$
Nat oppervlakte A	$15.000/5 = 3.000 \text{ m}^2$
Natte doorsnede	5 m diep en 600 m breed
Betonhoeveelheid	50.000 m ³ , damwanden 60.000 m ³
Totale aanlegkosten	circa € 500 miljoen

4.3.3 Meerwaarde ten opzichte van traditionele oplossingen

De waterveiligheid kan ook worden gehandhaafd met gebruikmaking van de traditionele oplossingen: dijkverhogingen en -versterkingen. Maar deze traditionele oplossingen zijn duurder en riskanter vanwege de grote dijk lengtes, de kwel, de steeds terugkerende zettingen en de steeds grotere kerende hoogte. Ook vanuit esthetisch oogpunt heeft het Delta21-concept een meerwaarde ten opzichte van de traditionele oplossing. Door steeds maar hogere en bredere dijken aan te leggen, tasten we het aanzien van het vlakke landschap en van de natuur aan.

En wat als de zeespiegel gaat stijgen?

Wanneer de voorspellingen van een zeespiegelstijging uitkomen, zal de meerwaarde van het Delta21-concept alleen maar groter worden. Blijven we gebruikmaken van alleen de traditionele oplossingen, dan zullen de zeespiegelstijging, de bodemdaling en de inklinking van de veengronden ervoor zorgen dat het zeewater steeds verder doordringt in het benedenstroomse gebied van Rijn en Maas. Er wordt dan niets gedaan aan de opstuwning van het rivierwater. Het blijft nodig om maatregelen te nemen tegen een overstroming en/of een verzilting van het land.

4.4 Natuurherstel als hoofddoel van het Delta21-concept

Bij discussies over de ontwikkeling van de natuur in de monding van het Haringvliet horen we steeds dezelfde thema's terug. Men kijkt met zorg naar de teruggang van de biodiversiteit, naar de verzanding van de vaargeul en de aanslibbing van de stranden. We hebben veel gesprekken gevoerd met lokale stakeholders: natuurorganisaties, sport- en beroepsvissers, lokale overheden, mensen uit de toerismesector en verantwoordelijken voor de Europese Kader Richtlijn Water binnen Rijkswaterstaat. Zij allen dringen erop aan om het Delta21-concept te benutten als een kans om zowel de natuur als de recreatie in het gebied te behouden.

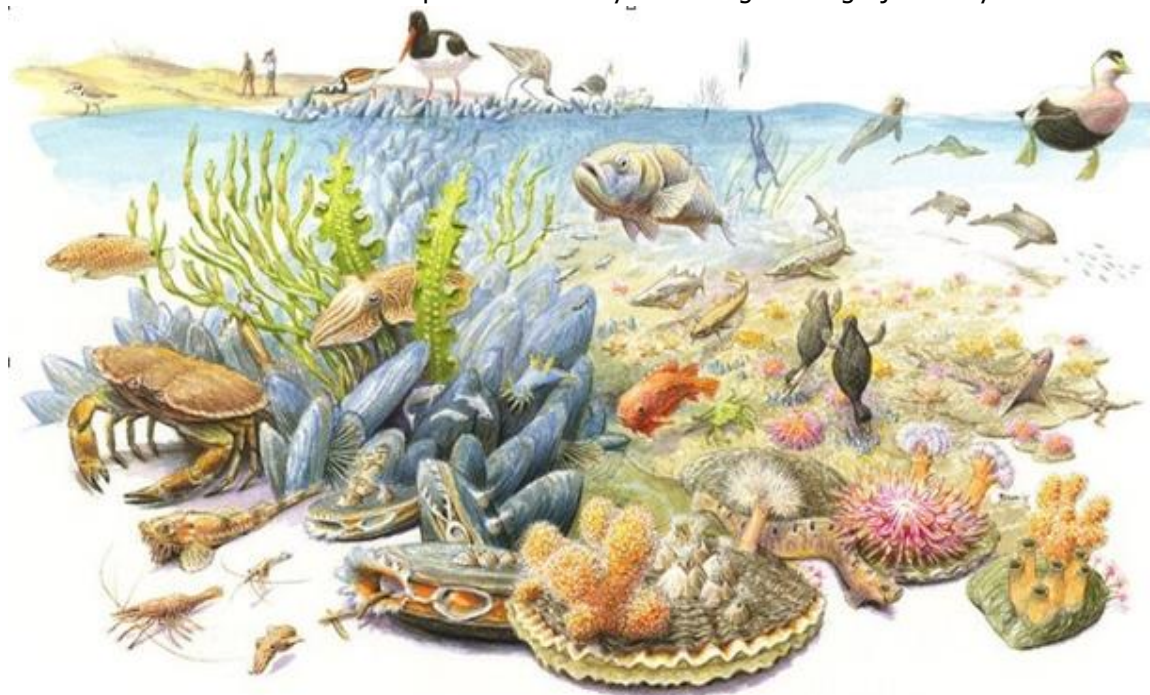
Wanneer er niets gebeurt, zullen aanzanding en aanslibbing ervoor zorgen dat over enkele decennia dit gebied één grote zandvlakte zal zijn, waar niets meer over is van de oorspronkelijke biodiversiteit, waar strandrecreatie steeds hinderlijker wordt en waarvoor de lokale visserij de vaargeul permanent moet worden uitgebaggerd. Het Delta21-concept kan een keer ten goede geven aan die ontwikkeling. Zowel voor de natuursector als de lokale beroepsvisserij en de recreatiesector. Daarom pleiten we voor een ruimhartige compensatie van de natuurwaarden bij de realisatie van het Delta21-concept. De mogelijkheden daarvoor zijn er. Studenten hebben veel ideeën uitgewerkt: van de inrichting van het door Delta21 bv voorgestelde getijdemeer met een divers brakwater krekengebied tot en met de realisatie van een compleet aquatisch Nationaal Park.

Vier Natura 2000-gebieden een nieuwe kans

Handen af van Natura 2000-gebieden! Dat is bij velen die een grote liefde hebben voor de natuur een eerste impuls wanneer we het hebben over de realisatie van het Delta21-concept in dit gebied. Want in het estuarium van Rijn en Maas liggen maar liefst vier Natura 2000-gebieden: het Haringvliet, de Voordelta, de Voornse duinen en de Kwade Hoek. Alle vier deze gebieden kenmerken zich door een voortdurende verdere achteruitgang van de biodiversiteit. Ondanks alle beschermende wet- en regelgeving. Ondanks de genomen natuurbeschermingsmaatregelen. Wij willen met ons Delta21-concept de vier Natura 2000-gebieden een nieuwe kans geven. Hoe we dat denken te doen, leggen we hieronder verder uit.

Voordelen situering

Het Delta21-concept hebben we voorzien in het diepe westelijke deel van de Haringvlietmonding. Daarmee beschermen we het ondiepe zandbankensysteem zo goed mogelijk. Dat systeem is belangrijk



voor de biodiversiteit. Het diepere westelijke deel is voor de biodiversiteit minder belangrijk dan het ondiepe oostelijke deel. Door het energieopslagmeer of valmeer te situeren ten westen van de Hinderplaat in een waterdiepte van ongeveer NAP -5 tot -14 meter, kan het voor de natuur belangrijke ondiepe deel tussen de Haringvlietsluizen en het energieopslagmeer worden ingericht als een brakwater getijdemeer.

Door de aanleg van het valmeer of energieopslagmeer in het diepe westelijke deel van de monding zullen de oostwaartse verplaatsing van de Hinderplaat en de aanzanding bij de Kwade Hoek en de vaargeul tot staan worden gebracht. In het ondiepe gebied tussen het energieopslagmeer en de Haringvlietsluizen zal een getijdemeer ontstaan met zout-brak water, wat gunstig is voor de vismigratie en wat een herstel kan zijn van de oorspronkelijke brakwaterbiotoop. Een vismigratierivier tussen het getijdemeer en het Haringvliet is een optie. Wanneer die wordt gerealiseerd, zal ook de vismigratie tussen het rivierengebied en de Noordzee nog verder herstellen.

Door de beoogde natuurinrichting van het getijdemeer kan ook met de ruimtelijke invulling het karakter van Voorne en Goeree als uniek landschappelijk gebied beter worden gegarandeerd, bestemd voor natuur en natuurgerichte recreatie.

Kansen voor herstel flora en fauna

Zowel het energieopslagmeer als het open getijdemeer biedt veel kansen voor het herstel van flora en fauna in dit gebied. Het energieopslagmeer wordt steeds weer ververs met ruim 400 miljoen m³ voedselrijk zeewater¹⁶. Daarmee is het meer een ideale plek voor speciale vormen van natuurlijke viskweek met een beperkte visserij en voor de teelt van oesters, mosselen en zeewier. Met dit nieuwe gebied kan de druk op de Waddenzee en de Oosterschelde worden verminderd. De taluds en de bodem van het energieopslagmeer kunnen een prima voedselrijk broedgebied worden voor kreeften, langoustines maar ook voor vele soorten vissen en andere zeedieren. Eventueel kunnen daartoe riffen en andere speciale nursery-voorzieningen worden toegepast.

¹⁶ Uitgaande van een pomp- en turbinedebiet van ruim 10.000 m³ per seconde.

Het oostelijk gebied, waar in het Delta21-concept het getidemeer is voorzien, kan getransformeerd worden tot een duurzaam estuarien landschap dat meer in harmonie is met de voortdurende natuurlijke processen. Al deze maatregelen, plannen, ideeën en ingrepen hebben tot doel om de biodiversiteit in alle vier de Natura-2000 gebieden te versterken.

Mogelijkheden voor recreatie en visserij

Met een stabiele toegangseul kan Stellendam verder uitgroeien tot een duurzame hub voor de aquacultuur en zoutwatervisserij in de Noordzee. Met de aanleg van een vismigratierivier kunnen we de migratie van vissoorten via het Haringvliet naar de Rijn en Maas voor een groot deel weer herstellen. Ook dat komt ten goede aan de visserij en de biodiversiteit.

Door de aanleg van het Delta21-concept zal de Hinderplaat niet meer verder bewegen richting het strand bij Rockanje. De aanwas van zand bij de Kwade Hoek zal stoppen, zodat ook daar de strandfunctie gehandhaafd blijft. Door de aanleg van het Delta21-concept ontstaat in het westelijk deel een prachtige nieuwe kustlijn met mooie stranden en een duinenrij met vele kansen voor de natuur, maar ook met ruimte voor beperkte natuurvriendelijke sport- en recreatieactiviteiten.

5. Ruimtelijke inpassing Delta21-concept in de Haringvlietmonding

In dit hoofdstuk lichten we toe waarom we als locatie van het Delta21-concept de monding van het Haringvliet hebben gekozen. Ook laten we zien hoe het plan maximaal kan worden geïntegreerd in het estuarialandschap, dat zo karakteristiek is voor de Haringvlietmonding.

5.1 Gevolgen van menselijk ingrijpen in de monding van het Haringvliet

Eeuwenlang was het Haringvliet de hoofdafvoer van de Rijn en de Maas naar de Noordzee. Bij vloed stroomde het zoute water tot aan de Biesbosch. Zo ontstonden een rijke biotoop voor brak water en een corridor voor allerlei soorten vissen. De vismigratie ondervond geen enkele hinder. Menselijk ingrijpen en dan vooral de aanleg van de Haringvlietdam met -sluizen zorgden voor een harde ontkoppeling tussen de rivieren en de Noordzee. Daardoor minimaliseerde de invloed van de rivieren op de systeemdynamiek in de monding van het Haringvliet.



Oorspronkelijk landschap van geulen, zandplaten, kreken en duinen (bron: TU Delft Civiele Techniek)

Harde ontkoppeling van zee en rivieren

Na de aanleg van de Nieuwe Waterweg is deze belangrijke maritieme verkeersader voor de Rotterdamse haven verschillende keren steeds breder en dieper gemaakt. In onze strijd tegen het water bouwden we de Deltawerken. En met de Maasvlakte 1 en 2 kreeg regio Rijnmond er veel bedrijfsterreinen bij.

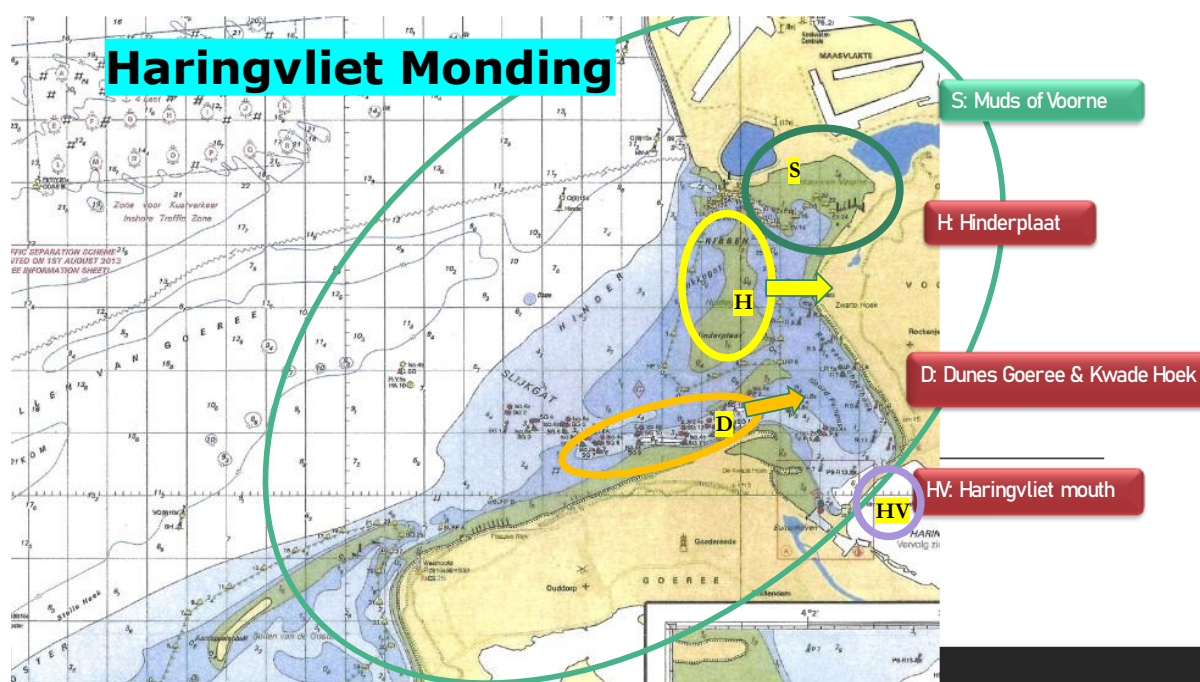
Deze menselijke ingrepen hebben grote gevolgen gehad voor het estuarium van Rijn en Maas, vanaf de monding tot ver stroomopwaarts. De Nieuwe Waterweg werd de hoofdafvoer van deze rivieren. In het Haringvliet maakten eb en vloed en dus het binnendringen van zout water plaats voor een zoet waterreservoir, alleen door sluizen verbonden met de Noordzee.

Enorme aanpassing in de Voordelta

In de Voordelta vond een enorme aanpassing plaats. Bij het strand van Oostvoorne ontstond een slikkengebied, de Slikken van Voorne. Daarop is inmiddels begroeiing ontstaan, tot verdriet van de recreatiesector. Dit proces breidt zich steeds verder uit richting Rockanje. Eeuwenlang was er bij de Groene Punt sprake van erosie. Nu niet meer; er treedt daar een sedimentatieproces op. Ook de voormalige grote getijdegeul (het Rak van Scheelhoek) is inmiddels grotendeels opgevuld met dikke sliblagen en met laagjes fijn zand afkomstig van de Noordzee. Ook andere getijdegeulen lopen vol en

zoutgradiënten verdwijnen. De sport- en beroepsvisserij van Stellendam heeft daar last van. Deze vissers kunnen alleen via de vaargeul vanuit Stellendam richting het Slijkgat de Noordzee bereiken. Een smalle en bochtige scheepvaartroute. Om bevaarbaar te blijven, moet de vaargeul permanent worden uitgebaggerd.

Toen er nog volop branding was vlak voor de duinen bij Voorne, zorgde een continue zoutspray voor een biotoop waarin zilt minnende, bijzondere planten konden gedijen. Door aanzanding neemt deze zoutspray af, waarmee unieke plantensoorten verdwijnen. Dat geldt voor meer soorten. De biodiversiteit in de vier aanliggende Natura 2000-gebieden – de Voordelta, het Haringvliet, de Kwade Hoek en de duinen van Voorne – neemt steeds verder af, ondanks de strenge Nederlandse Natura 2000-regelgeving.



Het duurzaam ingenieursbureau Arcadis rapporteerde in 2022, dat diverse zandbanken in de Voordelta, waaronder de Hinderplaat en de Bollen van Ooster, zich bundelen en richting Rockanje schuiven. Wanneer er niets gebeurt, zullen deze zandbanken zich over enkele decennia aansluiten bij het strand van Rockanje. Ook bij de Kwade Hoek vindt een soortgelijke kustaangroei plaats. Er moet dus wat gebeuren om dit proces te stoppen. Maar het beleid en de wetgeving voor Natura 2000-gebieden, gericht op behoud en herstel van de biodiversiteit, leiden ertoe dat er niet actief mag worden ingegrepen. Met alle schadelijke gevolgen voor de biodiversiteit, voor de visserij, de vismigratie, de recreatie en de leefbaarheid in dit gebied, waar de industrie toch al zo veel ruimte en natuur heeft ingenomen.

Zonder ingreep ontstaat één grote zandvlakte

Zonder ingreep ontstaat één grote zandvlakte. De aanzanding en de verondieping aan de zeezijde van de Haringvlietsluizen zullen zelfs de afvoercapaciteit van de Haringvlietsluizen doen afnemen. Die sluisen vormen een onneembare fysieke barrière voor migrerende vissen. Van de rijke vismigratie van vroeger is bijna niets meer over. Met het Kierbesluit uit 2019 verwacht men de vismigratie enigszins te herstellen door één of twee sluisen bij vloed iets open te zetten. Alleen als de rivierafvoer erg hoog is, wordt nog rivierwater via de Haringvlietsluizen gespuid in de Noordzee. Maar gedurende het grootste deel van het jaar zitten de sluisen potdicht. De vraag is of dat genoemde Kierbesluit veel zal bijdragen aan een herstel van de vismigratie.

5.2 Het Delta21-concept in de Haringvlietmonding

Laten we voorkomen dat het oostelijk deel van de Haringvlietmonding volkomen verzandt. Dat is de grote wens van alle lokale partijen en van de natuurorganisaties. Het is wel een grote uitdaging hoe de kust van Voorne en Goeree behouden en aantrekkelijk kan blijven voor recreatie en toerisme en hoe de natuurgebieden kunnen blijven beschikken over een grote diversiteit. Zonder een aantal dure ingrepen zal dat niet mogelijk zijn. Om de neergaande ontwikkeling te keren, worden al bedragen genoemd van miljarden euro's. Daarvoor zijn er te weinig middelen en fondsen. Bovendien moet ieder ingrijpen in een Natura 2000-gebied voldoen aan zware eisen. De realisatie van het Delta21-concept in ditzelfde gebied is een unieke kans om de biodiversiteit hier actief en ruimhartig met maatregelen te herstellen en te vergroten.

5.2.1 Naar een duurzaam estuarien landschap

De natuur in de monding van het Haringvliet heeft de achterliggende generaties al heel wat te verduren gekregen. Daar moeten we uiterst zuinig mee omgaan. Dat is de gedachte achter de Natura 2000-richtlijnen. De wetgever eist dan ook voor de realisatie van het Delta21-concept niet alleen een uitgebreide milieueffectrapportage, maar ook een ADC-toets. Om het concept te realiseren, moet eerst overtuigend worden aangetoond, dat er geen geschikte alternatieven zijn. Bovendien moet er een dwingende reden zijn voor de realisatie. Mocht door de aanleg van het Delta21-concept schade optreden aan de biodiversiteit, dan moet die meer dan volledig worden gecompenseerd.

Prachtige kans voor versterking biodiversiteit

Strengere richtlijnen dus. Maar het is ook een feit dat die strenge richtlijnen de neergaande lijn niet hebben kunnen stoppen. Zonder verder ingrijpen en met handhaving van die wet- en regelgeving gaat het proces van verdere aanzanding en achteruitgang van de biodiversiteit in de vier Natura 2000-gebieden gewoon door. Het kan niet zo zijn dat die wet- en regelgeving een verbetering van de biodiversiteit in de weg staat. Het Delta21-concept biedt een prachtige kans om de natuur en de biodiversiteit te versterken. Het huidige gebied kan worden getransformeerd naar een duurzaam estuarien landschap dat meer dan nu in harmonie is met de voortdurende natuurlijke processen.

Door de aanleg van het Delta21-concept zal de Hinderplaat zich niet meer verder richting het strand bij Rockanje verplaatsen. Het mooie zandstrand daar kan gehandhaafd blijven. Ook de aanzanding van het gebied ten noorden van de Kwade Hoek zal stoppen.

Door de scheepvaartgeul te kanaliseren en het gebaggerde zand daaruit te gebruiken voor de opbouw van de duinen, zal de scheepvaartgeul van het Slijkgat naar Stellendam veiliger worden en kansen bieden voor de passage van zeewaardige zeilboten. Waar de geul nu permanent moet worden uitgebaggerd, zal dan het onderhoudsbaggerwerk lange tijd of zelfs definitief achterwege kunnen blijven. Met de aanleg van het energieopslagmeer of valmeer blijft de monding van het Haringvliet op voldoende diepte om ruimte te geven aan de afvoer van het rivierwater via de Haringvlietssluisen. Door de vormgeving van het energieopslagmeer zal het water in het getijdemeer brak worden. Daarmee wordt de overgang tussen Noordzee en Haringvliet gunstiger voor de vismigratie. Die kan verder worden bevorderd door een vismigratierivier te bouwen, net als in de Afsluitdijk. Daarbij kan het Kierbesluit worden gehandhaafd.

Nationaal Marine Park

Het getijdemeer biedt mogelijkheden voor de aanleg van een natuurgebied met kreken, geulen en zandbanken, naar analogie van de werken in het IJsselmeer en het Markermeer. Wie groter durft te denken, ziet in het getijdemeer een marien natuurgebied ontstaan, misschien in de vorm van een Nationaal Marine Park met internationale allure.

In het Delta21-concept kan de natuurontwikkeling alle ruimte krijgen: bij de inrichting van het getijdemeer en van het energieopslagmeer, bij de inrichting van de nieuwe duinen rondom het valmeer of energieopslagmeer én bij de inrichting onder water. Het energieopslagmeer wordt dagelijks met ruim 400 miljoen m³ voedselrijk zeewater verversd. Dat geeft veel kansen voor het vergroten van de submariene biodiversiteit en voor aquacultuur. Daarmee zou het Delta21-concept de druk van de aquacultuur op de Waddenzee en de Oosterschelde kunnen verminderen, een grote wens van natuurorganisaties.

Door de aanleg ontstaat aan de zuidzijde van de Goereze kust en aan de zeezijde van het valmeer of energieopslagmeer een prachtige nieuwe kustlijn met brede duinen en mooie stranden.

Open verbinding met de zee

Door de locatie van het valmeer in het mondingsgebied van het Haringvliet ontstaat er een open verbinding tussen de Haringvlietssluzen en de Noordzee, met een brede en diepe geul. Daarmee kan het Haringvliet weer zijn oorspronkelijke hoofdafvoerfunctie van de Rijn en de Maas terugkrijgen. In het ontwerp houden we rekening met een geul van ongeveer 8 meter diep en circa 800 meter breed. Het zand dat voor de realisatie van deze geul wordt gebaggerd, kan weer worden benut voor de opbouw van de duinenrij rondom het valmeer of energieopslagmeer.

5.3 Ruimtelijke inpassing Delta21-concept in het landschap

In de vorige hoofdstukken hebben we al een aantal argumenten besproken waarom de monding van het Haringvliet de meest geschikte locatie is voor het Delta21-concept. Omdat het gebied in of bij vier Natura 2000-gebieden ligt, is de jonge landschapsarchitect Esmée van Eeden gevraagd om – zonder enige beperking – een mooi plan te ontwikkelen dat het Delta21-concept maximaal integreert in het estuariene landschap, dat zo karakteristiek is voor dit mondingsgebied van het Haringvliet.



Het plan Van Eeden is een inspirerend geheel geworden. In haar ontwerp is het Delta21-concept een waterbouwkundig kunstwerk geworden, waarmee de biodiversiteit in de vier Natura 2000-gebieden met passende maatregelen wordt versterkt. Een ontwerp waarmee een duurzame energiehub wordt gecreëerd en waarmee we in potentie ook bijdragen van de waterveiligheid in het benedenstroomse gebied van Rijn en Maas.

Met haar ontwerp kunnen we het definitieve ontwerp verrijken, zonder alle ideeën letterlijk over te nemen. Zo kunnen de pompturbines beter aan de oostzijde aangelegd worden. De duinen aan de westelijke zeezijde zijn in haar ontwerp te breed en liggen te diep in het water, waardoor de aanleg onbetaalbaar wordt. De duinen kunnen we beter realiseren aan de oostzijde van het energieopslagmeer of valmeer.

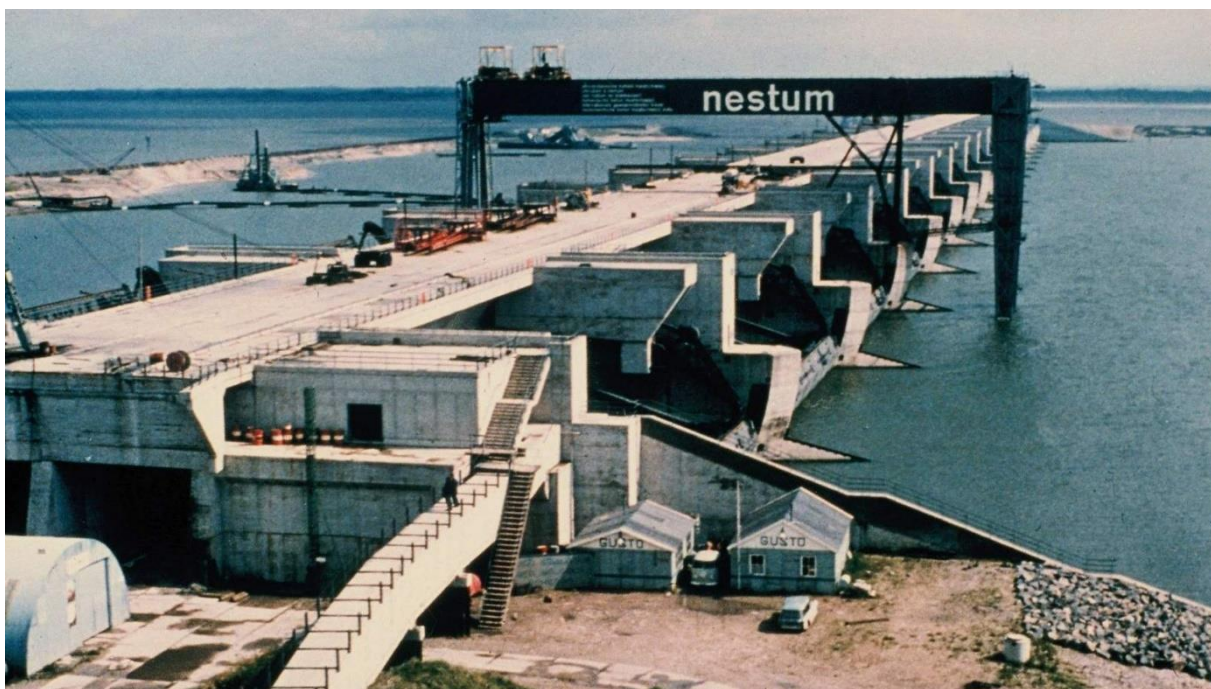
Oorspronkelijk karakter geaccentueerd

Vanuit historisch perspectief is de monding van het Haringvliet het hart van een waardevol gebied voor de afvoer van rivierwater in de Noordzee. Het gebied is tevens rijk aan een estuariene flora en fauna. Geulen, zandplaten, zand, slib en jonge bewegende duinen kenmerken vanouds dit mondingsgebied. Esmée van Eeden integreerde het Delta21-concept in deze veelzijdige omgeving door juist het oorspronkelijke karakter ervan te accentueren.

Langs de geulen bouwden mensen later dijken, dammen en sluzen. Daarmee beveiligden zij het land tegen overstromingen en boden ze kans voor de landbouw en de industrie. De afdamming van het

Haringvliet in 1969 als onderdeel van de Deltawerken veroorzaakte een strikte scheiding tussen land en water. De natuurlijke dynamische interface verdween. Het biodiverse landschap met kreken, geulen, zandbanken, duinen en droogvallende gebieden verdween. Waar ooit de zachte gradiënten van nat en droog, van zout en zoet water het landschap domineerden, kreeg hetzelfde landschap nu een eentonig, versnipperd karakter, waarin de biodiversiteit nog steeds afneemt. De industrie van de Rijnmondregio aan de noordzijde heeft dat proces van neergang alleen maar bevorderd.

Een gebied waar de natuur voorop staat



De bouw van de Haringvlietdam in 1969 had grote gevolgen. (Foto: Watersnoodmuseum)

Het voorgestelde Delta21-concept heeft als doel om een duurzaam estuarien landschap te recreëren dat meer in harmonie is met de voortdurende natuurlijke processen die de geleidelijke overgangen van land naar water herstellen. Die zo de dynamiek van het deltalandschap met zijn ecologie en beleving weer terugbrengen. Om dit ontwerp zo goed mogelijk in te passen in de ruimtelijke omgeving, is door ecologen opgemerkt, dat het niet wenselijk en niet nodig is om de duinen zo breed te maken als in het ontwerp Van Eeden. Dit vereist erg veel extra zand en ruimte in de Voordelta. Zij merken op dat het wenselijker is om meer aandacht te besteden aan de twee voorgestelde krekengebieden in het Getijmeer. Door het energieopslagmeer te positioneren aan de zeezijde ten westen van de Hinderplaat en door een de landzijde de duinen slechts enkele meters boven het waterpeil aan te leggen, wordt het geheel aan de horizon vanaf de eilanden nauwelijks zichtbaar.



In het ontwerp Van Eeden zijn de pompturbines ingetekend aan de zeezijde van het energieopslagmeer, met ten noorden daarvan die brede duinenrij. Kustmorfologen (zie paragraaf 5.4) en ontwerpers hebben voorgesteld om de pompturbines liever te positioneren aan de landzijde van het energieopslagmeer of valmeer. Zo worden zij minimaal belast door hoge golfbelastingen tijdens een storm.

Met het Delta21-concept willen we voorkomen dat de Voordelta – Natura 2000-gebied – verder verzandt. Het plan is daarentegen bedoeld om het van oorsprong dynamische estuarium gedeeltelijk te laten herstellen. Daarbij vindt Esmée van Eeden het belangrijk om het oorspronkelijk karakter van Voorne en Goeree zo veel mogelijk te behouden en om beide gebieden te reserveren voor een landschappelijke invulling. Dat oorspronkelijke karakter staat onder druk en niet alleen door de dreigende verzanding en verslibbing van de Haringvlietmonding. Ook is er sprake van een verhoogde druk op het landschap door de aanleg van de Blankenburgtunnel. Dit gebied van Voorne en Goeree mag niet bezwijken onder de druk van de nabijgelegen industrie of worden overspoeld vanuit het overbevolkte Rijnmondgebied. Het moet een natuurvriendelijk gebied blijven met natuurrecreatieve mogelijkheden, waar ook

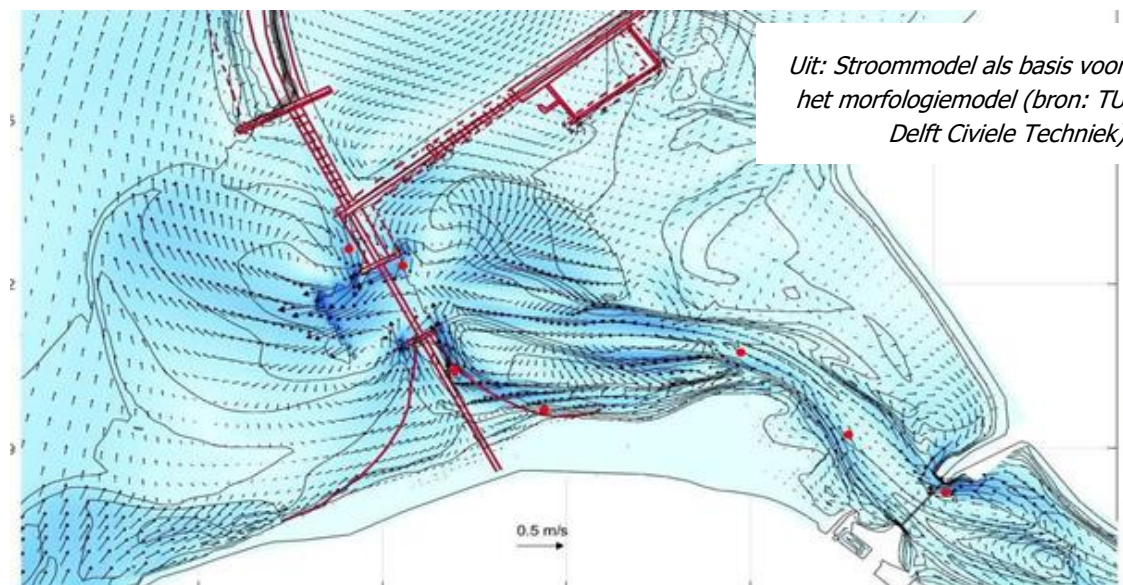


Aanleg van de tunnelbak van de Blankenburgtunnel, waardoor de druk op het landschap van Voorne en Goeree groter zal worden. Foto: Mark van der Meer.

inwoners van Rijnmond en omgeving op adem kunnen komen en kunnen recreëren in een gebied, waar de natuur voorop staat.

5.4 Morfologische situatie in de monding van het Haringvliet

Als we het hebben over de morfologische situatie in de monding van het Haringvliet, bedoelen we het continue proces van zand- en slibtransporten die de vorm bepalen van de monding, de bodem, de stranden en de banken. De zand- en slibtransporten worden bepaald door een aantal factoren: de getijdestromingen, de zoetwaterafvoer vanuit het Haringvliet, de golfhoogte en -richting en ook de

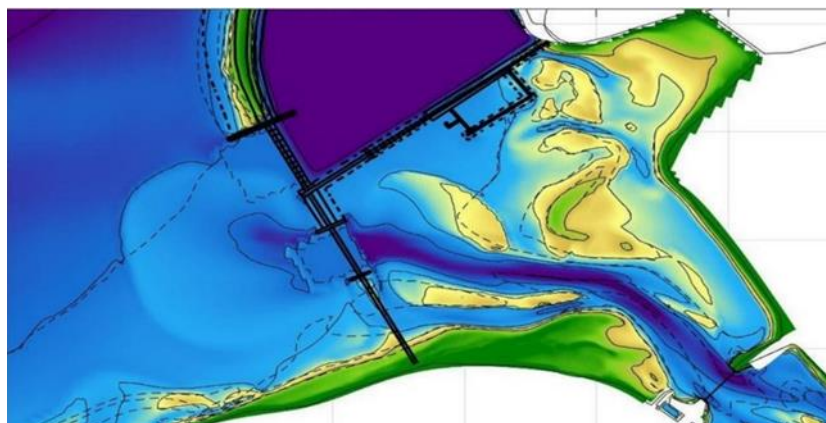


wind. De morfologie wordt verder bepaald door het slibgehalte, de slibsoort, de zandsoorten en het zoutgehalte van het water. Het zand wordt langs de kust getransporteerd door getijdestromingen en de golfwerking. Bij het strand zien we ook langtransporten onder invloed van brekende golven en de getijdestromingen. Die langtransporten van zand langs de stranden van Goeree tot aan de Kwade Hoek – vooral door de invloed van de golven – vormen de belangrijkste morfologische processen in de Haringvlietmonding. Morfologisch van belang is verder de verplaatsing in oostelijke richting van de zandige Hinderplaat. Op de bodem in de Voordelta vindt op de meeste plaatsen enig bodemtransport plaats, onder invloed van de getijstromingen en de golven.

5.4.1 Slibmorfologie

Een ander belangrijk fenomeen is de slibmorfologie. Het door de rivieren aangevoerde fluviale slib bezinkt voor een deel als het in aanraking komt met het zoute water van de Noordzee door coagulatie. Vervolgens verspreidt een deel van het slib zich met de stromingen over de Noordzee met een resulterend transport noordwaarts, de zogenoemde kustrivier (een door het getij aangedreven reststroom). Bezinking vindt plaats in rustig water met weinig golven en weinig stromingen. De Waddenzee is het grootste natuurlijke slibdepot in Nederland.

Omdat in de monding van het Haringvliet en ook in het Haringvliet zelf de getijdestromingen zijn verzwakt en de golfdoordringing verminderd is, vindt daar aanslibbing plaats. Primair in de diepere geulen, zoals in het Rak van Scheelhoek, omdat daar de stromingen gering zijn. Maar ook op de stranden, vooral die bij Oostvoorne, waar weinig golfwerking plaatsvindt, slaat veel slib neer.



Uit morfologische studie (bron: TU Delft Civiele Techniek)

Slib vormt een belangrijke voedselbron voor zeeorganismen. Slib is een zwevende stof. De slibconcentratie bepaalt de hoeveelheid zonlicht in de waterkolom en daarmee de productie van algen (de primaire productie). Algen zijn weer een belangrijke voedselbron voor de hogere soorten in de voedselketen. Zwevende stoffen bevatten rond de 10 procent organisch materiaal. Dit organische materiaal is ook de belangrijkste voedselbron voor veel pelagische en bentische organismen.

Slib heeft een grotere dichtheid dan water en zakt onder rustige omstandigheden, als het water weinig turbulent is, langzaam naar de bodem. Daar blijft het kortere of langere tijd liggen, totdat golven en stromingen het slib weer opwerpen. Slibsedimentatiegebieden (kwelders, schorren, slikken) hebben dan ook de neiging voortdurend aan te groeien. Zij vormen een bijzondere habitat en worden als zodanig beschermd. De groeisnelheid is onder andere afhankelijk van de aanvoer van slib via het water.

Langs de Belgische en Nederlandse kust is een duidelijke troebele band waar te nemen. In de Nederlandse kustwateren zit 10 tot 300 milligram slib in een liter water, soms zelfs nog meer als hoge golven tijdens een storm slib doet opwarrelen. Op 20 km uit de kust daalt die concentratie naar 3 à 5 milligram slib per liter. In de monding van het Haringvliet varieert het slibgehalte meestal tussen 10 mg/l en 100 mg/l.

Volgens het onderzoek van J.M. de Kok *Slibtransport langs de Nederlandse kust; bronnen, fluxen en concentraties* (2004)¹⁷ was er in 1980 door de afsluiting van de Grevelingen en het Haringvliet sprake van slibimport in beide mondingsgebieden en van slibexport uit de Voordelta. Twintig jaar later – voor de aanleg van Maasvlakte 2 – was er in de Haringvlietmonding een nieuw evenwicht ontstaan: zowel de import als de export van slib waren gering en hadden geen invloed meer op de slibflux in de kustrivier.¹⁸

Na de aanleg van Maasvlakte 2 vindt gedurende enkele decennia weer netto import van slib plaats in de monding van het Haringvliet. De inschatting is dat het gaat om een aanslibbing van ongeveer 0,5 Mton/jaar in de hele Haringvlietmonding. Als de Rijnafvoeren hoog zijn, is er in het Haringvliet en via de Haringvlietssluisen ook in de Haringvlietmonding sprake van een aanzienlijke sliberosie. Vooral de geulen in de monding worden dan door de hoge rivierafvoer schoongespoeld. In de monding gaat het mogelijk om een jaarlijkse aanslibbing en erosie in de orde van 0,5 tot 1 Mton per jaar (de Kok, 1999, 2000). Door het kierbesluit in 2019 nemen de getijsnelheden in de getijgeulen iets toe en vindt waarschijnlijk vaker sliberosie plaats. Er is nu verder een cyclus van aanslibbing tijdens kentering en erosie tijdens de eb- en vloedfasen. Het Haringvliet zelf is een bron van fluviatiel slib met een grootte, die geschat wordt op 0,5 Mton per jaar.

¹⁷ *Uitgegeven door Rijkswaterstaat en het Rijksinstituut voor Kust en Zee.*

¹⁸ *Op basis van lodingsdata in het Rak van Scheelhoek.*



De aanleg van de Grevelingendam

De bodem van de Voordelta bestaat grotendeels uit zand en voor een klein percentage uit slib. In de zomer is dit slibpercentage groter dan in de winter. In de bovenste 30 cm van de zeebodem verdwijnt door opwoeling langzaam een deel van het bodemslib om vervangen te worden door vers slib uit de waterkolom. Het proces van aanzanding en aanslibbing in de Haringvlietmonding zal doorgaan tot er opnieuw een nieuw evenwicht is gevonden. Zonder menselijk ingrijpen zal vooral het resulterend zandtransport nog lange tijd doorgaan tot het oostelijk deel van de monding grotendeels vol ligt met ondiepe banken.

5.4.2 Morfologische situatie na de aanleg van het energieopslagmeer of valmeer

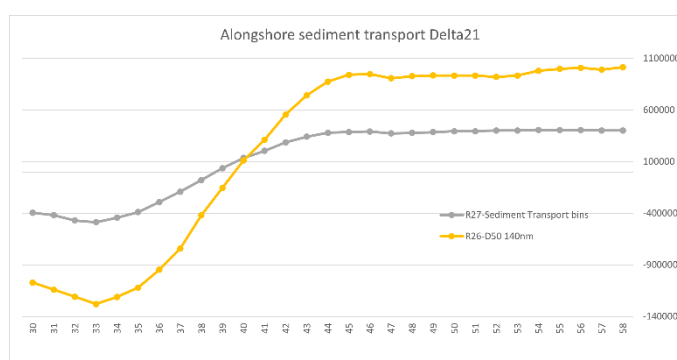
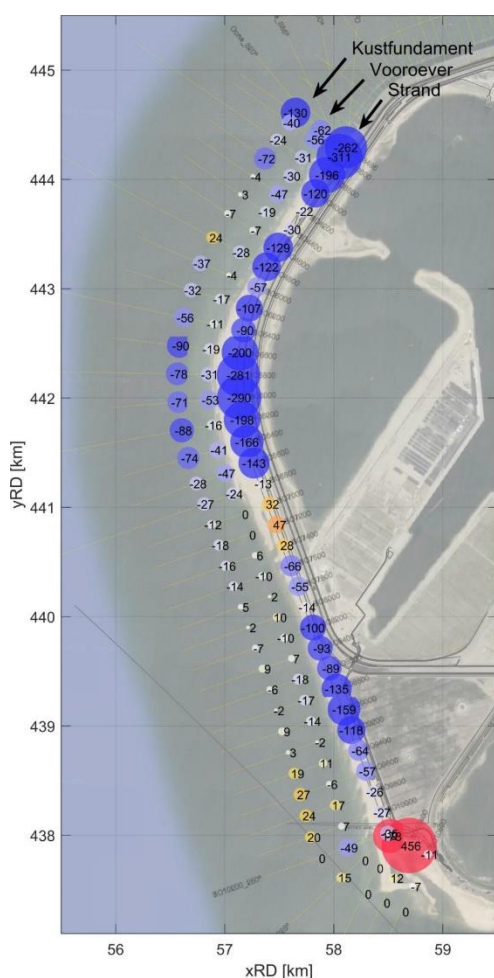
De aanleg van het energieopslagmeer of valmeer zal van invloed zijn op bovenstaande morfologische ontwikkelingen. Vier studenten van de TU Delft hebben de afgelopen jaren onderzoeken uitgevoerd naar de invloed van het Delta21-concept op de stromingen en de zandtransporten in het gebied tot circa 20 kilometer buitengaats.¹⁹ Zij hebben in hun onderzoeken aandacht besteed aan de invloed van de aanleg op de kop van de Maasvlakte, op de aanzanding en erosie langs de stranden van het energieopslagmeer, op de Eurogeul, op de Voordelta tot de kop van Schouwen en op het getijdemeer. Daarnaast onderzocht Mayra Piña Zaldivar de morfologische gevolgen van het Delta21-concept in en rond het getijdemeer. Zij maakte daarbij gebruik van een lange termijn morfodynamische 2DH-simulatie. Om de respons van het systeem te voorspellen, werd tevens gebruikgemaakt van Delft3D-FLOW en Delft3D-WAVE. De berekeningen tonen duidelijk aan dat de morfologische veranderingen in het getijdemeer beperkt zijn. De Slikken van Voorne noch de Hinderplaat zullen worden aangetast, ook niet bij een zeespiegelstijging.

Aanvankelijk onderzochten studenten welke impact de aanleg van het Delta21-concept zou hebben op de Eurogeul en op het gebied van de Voordelta vanaf het energieopslagmeer of valmeer tot aan de kop van Schouwen. Uit dat onderzoek is gebleken dat met de beschikbare stromingsmodellen en morfologische modellen enige invloed op de Maasgeul en op de Eurogeul niet te bepalen was. De afstanden tot de Maasgeul en de kop van Schouwen vereisten grote modellen. Door de toch al geringe

¹⁹ Zie bijlage 1 en bijlage 2.

bodemveranderingen konden de studenten geen invloed aantonen van de aanleg van het valmeer of energieopslagmeer op beide gebieden.

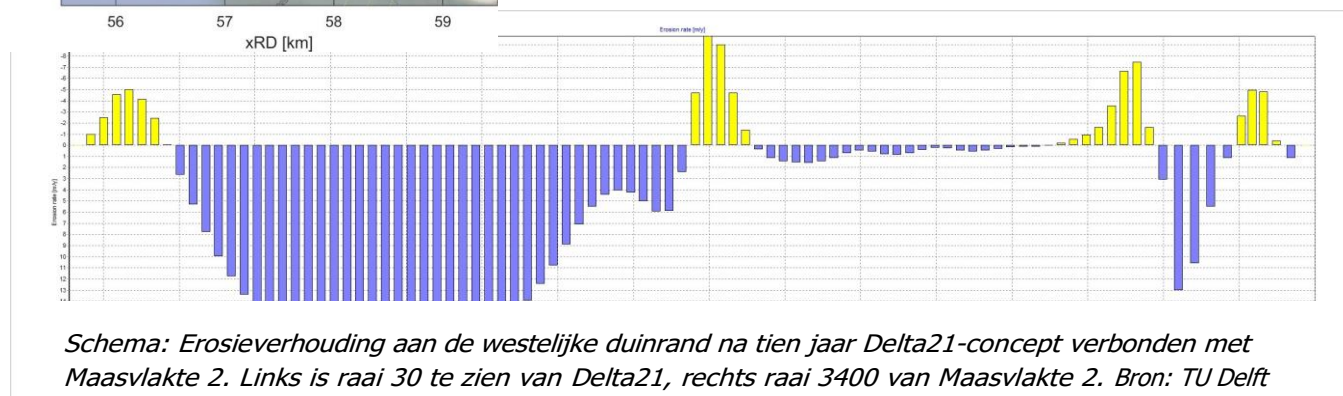
Ook is morfologisch onderzoek gedaan naar de ontwikkelingen direct langs de westelijke rand van het energieopslagmeer of valmeer. In dat onderzoek is wel voortgeborduurd op het morfologisch onderzoek van eerdere onderzoeken voor Delta21. Daarin zijn de gevolgen bepaald van de aanleg van het valmeer op de sedimenttransporten. Met een sedimenttransport proxy is het offshore golfklimaat nabij Maasvlakte 2 teruggebracht tot 100 representatieve golfcondities. Dit gereduceerde golfklimaat is vervolgens getransformeerd naar de kust door het golfmodel SWAN, waarna de kustlijnmodelleringsoftware UNIBEST-CL+ is gebruikt om de sedimenttransporten en erosie langs de kust te berekenen voor het kustprofiel boven NAP -8 m. Het systeem met model 0 is eerst gevalideerd om te controleren of de gebruikte modellen een juiste weergave zijn van de huidige omstandigheden in het gebied van Maasvlakte 2.



Daaruit is de validiteit en toepasbaarheid van het model voor het modelleren van het effect van het Delta21-concept in Model 1 vastgesteld.

Met het tweede model zijn de langstransporten langs het energieopslagmeer vergeleken met die op de Maasvlakte 2; de getijden-gegevens zijn uit een extern Delft3D-model gemodelleerd en naar het UNIBEST overgezet.

bron: TU Delft Civiele Techniek



Schema: Erosieverhouding aan de westelijke duinrand na tien jaar Delta21-concept verbonden met Maasvlakte 2. Links is raai 30 te zien van Delta21, rechts raai 3400 van Maasvlakte 2. Bron: TU Delft Civiele Techniek.

Langs de stranden aan de westzijde van het energieopslagmeer zal, afhankelijk van de golfsituatie, ook een zandtransport plaatsvinden. Het resulterend zandtransport zal naar het noorden plaatsvinden, zoals dat nu langs de westelijke zijde van Maasvlakte 2 plaatsvindt. Ook bleek uit het onderzoek dat de erosie die nu aan de zuidwestelijke zijde van Maasvlakte 2 ontstaat, zich zal verplaatsen naar de zuidwestzijde van het energieopslagmeer. De huidige erosie langs de Maasvlakte verdwijnt grotendeels, omdat zand vanaf het energieopslagmeer of valmeer wordt aangevoerd.

Uit het onderzoek bleek verder dat de korrelgrootte een significante parameter is om de sedimenttransporten langs de kust te bepalen. De maximale erosie langs het valmeer of energieopslagmeer blijkt vergelijkbaar met die langs Maasvlakte 2, maar door de grote ruimtelijke onzekerheid en variabiliteit in golfenergie is de bandbreedte hoger.

De totale erosiebandbreedte voor het huidige ontwerp van de Delta21-kustlijn is tussen 0,4 en 1,2 miljoen m³/jaar; de erosie vindt plaats boven het peil van NAP -8 m en gedraagt zich verder vrijwel identiek als momenteel langs de kust van Maasvlakte 2. Daarmee verdwijnt de huidige erosie aan de kop van Maasvlakte 2 vrijwel geheel. De erosieput bij de kop van Maasvlakte 2 verplaatst zich naar de zuidwestelijke kop van het valmeer of energieopslagmeer, waar de meeste contractie plaatsvindt, hetgeen ook logisch lijkt. Voor de totale hoeveelheid onderhoudsopspuitwerk zijn de consequenties dus beperkt.

Morfologie bij Goerese kust

Na aanleg van het Delta21-concept zal ook de morfologie bij de Goerese kust veranderen. Het zand dat nu langs de kust van Goeree wordt getransporteerd en in de Kwade Hoek wordt afgezet als gevolg van golven en stromingen zal verminderen, omdat de aandrijvende kracht van de golven zal afnemen. Wel zal er invloed zijn van meer aanzanding bij de Bollen van het Oosten. Deze zandplaat die aan de noordzijde van de Brouwersdam ligt, zal in omvang sneller gaan toenemen als gevolg van de aanleg van het Delta21-concept.



Vaargeul naar Stellendam

Momenteel wordt de vaargeul naar Stellendam vrijwel permanent gebaggerd door de aanzanding van de geul vanuit het zuiden. Omdat de aandrijvende kracht van de golven achter het energieopslagmeer of valmeer verdwijnt, zal ook de aanzanding van de geul significant afnemen. Door een deel van het duin op te spuiten met zand uit die geul, zal onderhoudsbaggerwerk van de vaargeul waarschijnlijk niet meer nodig zijn.

5.4.3 Aanslibbing in het energieopslagmeer of valmeer

Ook binnen het energieopslagmeer of valmeer zal aanslibbing plaatsvinden, omdat dagelijks ruim 400 miljoen m³ zeewater wordt ingelaten en weer naar buiten wordt gepompt. Omdat de ingang naar de pompturbines in een golfvlug gebied ligt, wordt ingeschat dat het slibgehalte zal variëren van 10 mg/l tot ongeveer 100 mg/l. Het slibgehalte in het zoute zeewater bij de inlaat naar het valmeer of energieopslagmeer wordt op gemiddeld 50 mg/l zeewater geschat. Tijdens de 5 tot 20 uur aanwezigheid in het meer zal een deel van het slib naar de bodem zinken. De bezinksnelheid van het slib ligt tussen 1/1000 m/s tot 1/10000 m/s. Het is dus lastig in te schatten hoeveel slib zal achterblijven

in het valmeer of energieopslagmeer. Een ruwe conservatieve schatting is dat de helft van het slib daar zal achterblijven, dus $25 \text{ mg/l} = 25 \text{ g/m}^3$. Als gemiddeld $40 \text{ Mm}^3/\text{uur}$ zeewater naar binnen of naar buiten stroomt, zou als bovengrens per jaar $800\text{M} \cdot 350 \cdot 25 = 7 \text{ Mton}$ slib/jaar in het valmeer achterblijven. Bij een soortelijke dichtheid van 2 ton/m^3 , komt dat overeen met maximaal ruim $3,5 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$. In het valmeer met een nat oppervlakte van 40 km^2 , betekent dat ongeveer 9 cm slib per jaar, maar waarschijnlijk ligt dat eerder in de grootte van 3 tot 6 cm/jaar , dus maximaal $4,5 \text{ m}$ in 50 jaar.

Omdat in het huidige ontwerp van het energieopslagmeer of valmeer, door zandtekort bij de uitvoering, rekening is gehouden met een overdiepte van enkele meters, mag je verwachten dat de aanslibbing in het valmeer geen groot probleem zal opleveren.

Het slib vormt voor de pompturbines geen enkel probleem. Eventueel kan bijvoorbeeld eens per 50 jaar overwogen worden om met een waterjet, bekend bij de baggerfirma's, het slib naar de pompturbines met een dichtheidsstroom van slibrijk water te transporteren en met diezelfde pompturbines naar de Noordzee af te voeren.

5.4.4 Aanslibbing in het getijdemeer

Het getijdemeer zal twee keer per dag volstromen met zout water. Vanwege het Kierbesluit is er ook een dagelijkse kleine stroom zoet water uit het Haringvliet. Een deel van het jaar zullen de Haringvlietssluzen min of meer openstaan wanneer de afvoer van Rijn en Maas groot is.

Voor de aanslibbing in het getijdemeer is de lay-out ervan belangrijk. Zo lijkt het om diverse redenen zinvol om de bestaande vaargeul flink te verdiepen en te verbreden, bijvoorbeeld over een lengte van 6 km , een breedte van 200 tot 400 m en een vaardiepte van 6 tot 10 m . Het zand dat daarbij vrij komt, kan goed gebruikt worden voor de duinen. De afvoer naar de Noordzee zal dan vooral via deze vaargeul plaatsvinden.

Het oppervlakte van het getijdemeer bedraagt ruim 50 km^2 . Het gemiddeld getijdeverschil bedraagt 2 m . Tweemaal daags zal met het getij circa 100 miljoen m^3 slibrijk water worden uitgewisseld met de Noordzee. Als het slibgehalte in het zoute zeewater bij het Slijkgat op een conservatieve waarde van 50 mg/l zeewater wordt geschat en als 20 procent van het slib uit het zeewater zou achterblijven in het getijdemeer, wordt de aanslibbing per jaar: $200\text{M} \cdot 350 \cdot 10 = 0,7 \text{ M ton}$ slib per jaar. Het grootste deel van het slib zal bezinken in de diepere delen, zoals de gebaggerde vaargeul.

Elk jaar echter wordt met het spuien een grote hoeveelheid zoet water naar de Noordzee afgevoerd. Het betreft ieder jaar waarden van meer dan 5000 m^3 per seconde. Met deze piekafvoeren van de rivieren zal een groot deel van het slib in de vaargeul weer naar de Noordzee worden afgevoerd, zoals dat ook nu ook al het geval is. Mocht er nog wat slib achterblijven, dan is er een eenvoudige manier om deze laag slib te verwijderen. De eenvoudige waterjet, bekend bij de baggerfirma's, zorgt er dan voor dat het slib als een dichtheidsstroom en met behulp van de zwaartekracht naar de diepere delen van de Noordzee wordt afgevoerd. Wellicht is zo'n opschooncampagne elke 20 tot 40 jaar nodig.

6. Bodemgegevens Haringvlietmond

In dit hoofdstuk gaan we dieper in op de ondergrond van de Voordelta. We kijken welke mogelijkheden die ondergrond biedt voor de aanleg van het energieopslagmeer of valmeer uit het Delta21-concept.

Kijken we naar de bodem van de Haringvlietmond, dan zien we dat de bovenste laag tot een peil van ongeveer NAP -20 meter bestaat uit holocene schelphoudende mariene geul- en plaatafzettingen. Daaronder ligt een silt- en zandhoudende kleilaag van circa 2 meter dik. Daar weer onder ligt een formatie van grof tot middelfijn zand met enkele dunne veen- en grondlaagjes. De top van deze laag ligt op NAP -22 tot -24 meter. De basis van deze laag ligt op NAP -39 tot -45,5 meter. Daaronder ligt de bekende fluviale Kedichem-formatie, die een basis heeft op NAP -70 meter en bestaat uit fijn zand met dunne laagjes silt.

De bodem van de Haringvlietmond bestaat dus voor een groot deel uit fijn, middelfijn en grof zand, met rond NAP -22 meter een kleilaag van 2 meter dik. Dit zand is zeer geschikt voor de constructie van de duinen. De kleilaag is wat dun en kan eventueel worden gebruikt als kern van de duinen. Daarmee wordt de doorlatendheid van de duinen verminderd. De klei zal dan wel met een grijper moeten worden opgepakt en met bakken worden verplaatst naar de duinlocatie. Ook als fundering voor de pompturbines lijkt de bodem zeer geschikt.

6.1 Grondgegevens Haringvlietmond



Fugro Geoservices heeft in 1985 in opdracht van NEOM met een hefeiland grondonderzoek gedaan in de Haringvlietmond (C-4981/02). Het grondonderzoek bestond uit vier diepsonderingen en een diepe boring. Twee extra sonderingen mislukten, waarschijnlijk als gevolg van een obstakel onder de bodem. De locatie van de sonderingen en de boring lag tussen NB 51 gr. 53' en 51 gr 53' en WL 3 gr 58' en 4 graden. Zie de schets hiernaast.

Voor de boring is de spoelboormethode uitgevoerd, in totaal werden 34 ongeroerde monsters van 0,5 meter lang gestoken, die in het laboratorium zijn onderzocht op korrelverdeling, korrelvorm, met samendrukkingsproeven en een triaxiaalproef.

<i>Nummer</i>	<i>Zeebodemdiepte</i>	<i>maximale diepte</i>
DKMW1 (D)	NAP -3,45 m	NAP -67,5m
DKMW2 (C)	NAP -4.61 m	NAP -72 m
DKMW3 (A)	NAP -1,7 m	NAP -36 m
DKMW4 (B)	NAP -4,05 m	NAP -68 m
Boring	NAP -3,5	zeebodem -80 m

Tabel: Diepsonderingen en boring uit onderzoek voor PAC

6.2 Geologische opbouw

De bodemsamenstelling tot NAP -80 m kon uit de boringen en sonderingen worden vastgesteld. De stratigrafie van de lagen kan met overige gegevens als volgt worden beschreven:

<i>Diepte</i>	<i>Lithologie</i>
NAP -3,5 tot -18,1 m	brak mariene geul- en plaatafzettingen, zand met kleilaagjes, Elbow-formatie; holoceen
NAP -18,1 tot -20,5 m	lagunaire silthoudende klei, Elbow-formatie, klei van Velsen, holoceen
NAP -20,5 tot -39 m	fluviaal zand met enig grind, Kreftenheye-formatie, Wachelsien tot Saalien
NAP -39 tot -70 m	fluviatiele delta-afzettingen zand met dunne siltlaagjes, Kedichem-formatie, Tegelen-formatie, Waalien tot Tiglien
NAP -70 tot -210 m	mariene zanden met dunne kleilaagjes, Maassluis-formatie, Tiglien
NAP -210 tot -320 m	mariene glaconiethoudende kleien, Oosterhout-formatie, Pliocene
NAP -320 tot -500 m	mariene kleien en zanden, Boomse klei, Midden-Oligoceen
NAP -500 tot -580 m	mariene kleien, Boven-Eoceen
NAP -580 tot -680 m	mariene zanden, Midden-Eoceen

Tabel: Geologische opbouw Haringvliet monding uit PAC

De bovenste laag van de Haringvlietmonding bestaat uit holocene schelphoudende brak mariene geul- en plaatafzettingen tot een peil van NAP -20 meter, de Elbow-formatie genoemd. Aan de basis van deze formatie ligt een silt- en zandhoudende kleilaag van ongeveer 2 meter dik (klei van Velsen). De daaronder gelegen Kreftenheye-formatie bestaat uit grof tot middelfijn zand met enkele dunne veen- en grondlaagjes. De top van deze laag ligt op NAP -22 tot -24 meter, de basis ligt op NAP -39 tot -45,5 meter. Daaronder ligt de bekende fluviale Kedichem-formatie, die een basis heeft op NAP -70 meter en bestaat uit fijn zand met dunne laagjes silt.

6.3 Grondmechanische eigenschappen

De grondmechanische eigenschappen van de bodem in de Haringvlietmonding kon tot NAP -80 meter uit de boringen en sonderingen worden vastgesteld.

<i>Diepte</i>	<i>Boring en sonderingen</i>
NAP -3,5 tot -8-10 m	silthoudend zandpakket, plaatselijk afgewisseld met klei- en siltlagen, conusweerstand 1 tot 12 MN/m ²
NAP -8 tot -10-18,1 m	vaste zandlaag, conusweerstand 12 tot 20 MN/m ²
NAP -18,1 tot -20,5 m	1,5 tot 3 m dikke kleilaag, conusweerstand 1,0 tot 1,5 MN/m ²
NAP -20,5 tot 39/47 m	vast tot zeer vast zandpakket met plaatselijk een enkel kleilaagje; conusweerstand 30 tot 40 MN/m ² en plaatselijk ook vaste zandlagen tot 60 tot 70 MN/m ²
NAP -39/47 tot -80 m	matig vast tot vast zandpakket met veelvuldig dunne klei- en siltlagen, conusweerstand 20 tot 30 MN/m ² , plaatselijk bij siltlagen tot 8 tot 10 MN/m ²

Tabel: Grondmechanische opbouw Haringvliet-monding

6.4 Geohydrologische eigenschappen

De bovenste laag van de Haringvlietmondig bestaat uit holocene schelphoudende mariene geul- en plaatafzettingen (Elbow-formatie) tot ca. NAP -21 meter, met daaronder een 2 meter dikke waterscheidende kleilaag. De daaronder gelegen Kreftenheye-formatie, vanaf circa NAP -22 tot de basis op NAP -39 tot -45,5 meter. Daaronder ligt de Kedichem-formatie, die een basis heeft op ongeveer NAP -70 m.

<i>Diepte boring B3</i>	<i>Geohydrologische eigenschappen</i>
NAP -3,5 tot -21,3 m	silthoudend zandpakket met een laag doorlaatvermogen van circa 150-180 m ² /dag
NAP -21,3 tot -23,5 m	waterscheidende 1,5 tot 3 m dikke kleilaag, hydraulische weerstand (c-waarde): 15.000- 25.000 dagen
NAP -23,5 tot -42 m	dik zandpakket met tussenlaagjes van silt en een doorlaatvermogen van 1000-3000 m ² /dag
NAP -42 tot -46,4 m	zand met meerdere lokale siltlagen ter plaatse van de boring en een hydraulische weerstand (c-waarde)= 3.000 – 5.000 dagen.
NAP -46,4 tot -80 m	zandpakket met enkele dunne siltlaagjes; doorlaatvermogen 800 m ² /dag minimaal

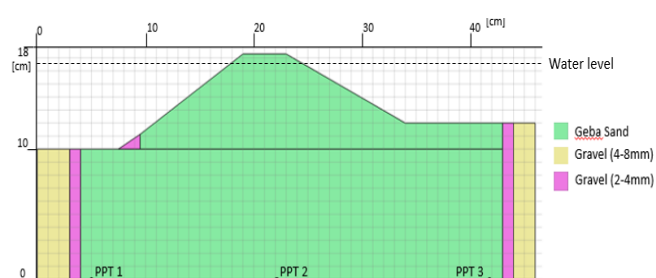
Tabel: Doorlaatvermogen en hydraulische weerstand ondergrond Haringvliet-monding

Er zijn doorlatendheidstesten in het laboratorium uitgevoerd op 34 gestoken ongeroerde monsters van de boring. De 2 meter dikke kleilaag op NAP -22 m heeft een zeer lage doorlatendheid. De k-waarde van de sterk zandhoudende grondlagen boven en onder de kleilaag zijn ook laag en variëren van $2 \cdot 10^{-4}$ tot 10^{-5} m/s. Deze laag zou eventueel gebruikt kunnen worden als waterdichte kern van het duin, mits de uitvoering van het weghalen met bijvoorbeeld een grijper voldoende zorgvuldig plaatsvindt.

<i>Diepte boring B3</i>	<i>Doorlatendheid k-waarde in m/s:</i>
NAP -3,5 tot -21,3 m	9 monsters, D10 van de monsters varieert van 0,085 tot 0,1 mm, k-waarde gemiddeld 17 m/dag, varieert van 7,2 tot 40 m/dag, gemiddeld circa $2 \cdot 10^{-4}$ m/s
NAP -21,3 tot -23,5 m	1 monster: 1,5 tot 3 m dikke kleilaag, 85% is kleiner dan 63 μ m
NAP -23,5 tot -42 m	10 monsters, D10 varieert van 0,1 tot 0,33 mm, k-waarde gemiddeld 40 m/dag, varieert van 10 tot 109 m/dag, gemiddeld ca. $5 \cdot 10^{-4}$ m/s
NAP -42 tot -46,4 m	1 monster: zand met enkele dunne veen- en kleilaagjes; 14% is kleiner dan 63 μ m
NAP -46,4 tot -80 m	12 monsters, D10 varieert van 0,1 tot 0,18 mm, k-waarde gemiddeld 15 m/dag, varieert van 8 tot 32 m/dag, gemiddeld ca. $1,5 \cdot 10^{-4}$ m/s

Tabel: K-waarden 34 monsters boring in de Haringvliet-monding

De k-waarden in de zandlaag boven de 2 meter dikke kleilaag op NAP -21,5 is $2 \cdot 10^{-4}$ m/s. Andere bronnen (Maasvlakte 2) noemen ook wel k-waarden van $5 \cdot 10^{-5}$. De zandlaag tussen NAP -20 meter en NAP -80 meter heeft een k-waarde tussen $(1 \text{ en } 5) \cdot 10^{-4}$ m/s. Andere bronnen (Maasvlakte 2) schatten de k-waarde tussen 10^{-4} en 10^{-5} m/s.



Er zijn ook bronnen (Maasvlakte 2) die spreken van een watervoerende bovenlaag tot NAP -22 meter met een k-waarde van 4 m/dag, daaronder een waterscheidende laag van NAP-22 meter tot NAP -24 meter, met een c-waarde van 2000 dagen. De tweede watervoerende laag loopt van NAP -24 meter tot NAP -80 meter, die bestaat uit 2 delen, één tot NAP - 45 meter met een

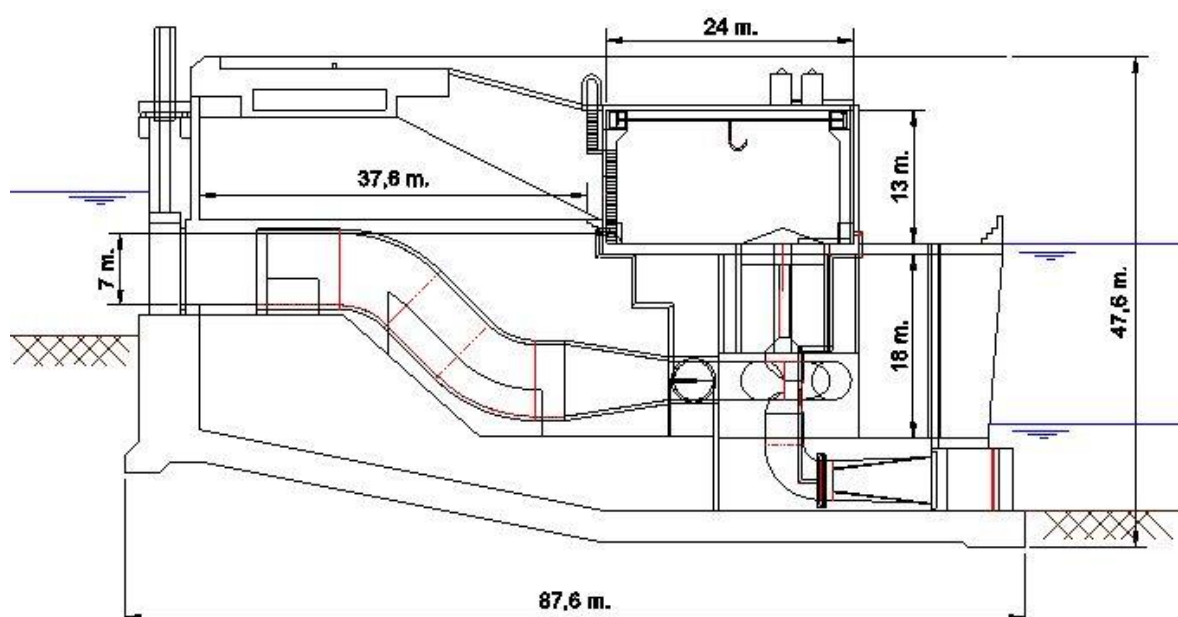
k-waarde van 8 m/dag en een laag daaronder tot NAP -80 meter met een k-waarde van circa 1 m/dag. Er is daar ook een tweede waterscheidende laag gemeten van NAP -80 meter tot NAP -84 meter met een c-waarde van 4000 dagen. Daaronder zit weer een watervoerende laag met een k-waarde van minder dan 1 m/dag. De watervoerende pakketten hebben een doorlatendheid die hoort bij fijn zand. De waterscheidende kleilaag rond NAP -20 meter - 25 meter is uiteraard slecht doorlatend.

7. Ontwerp Archimedes-pompturbines

In dit hoofdstuk beschrijven we hoe we de energiefunctie van het energieopslagmeer willen creëren met honderd pompturbines en waarom we hebben gekozen voor de Archimedes-pompturbines van Nederlandse makelij.

7.1 Pompturbines van het type 'low head-high volume'

Voor het ontwerp van de pompturbines die het energieopslagmeer of valmeer moeten vullen en ledigen, is gewerkt met zowel de Kaplan-type pompturbines voor 'low head-high volume' als met de Archimedes-pompturbines.



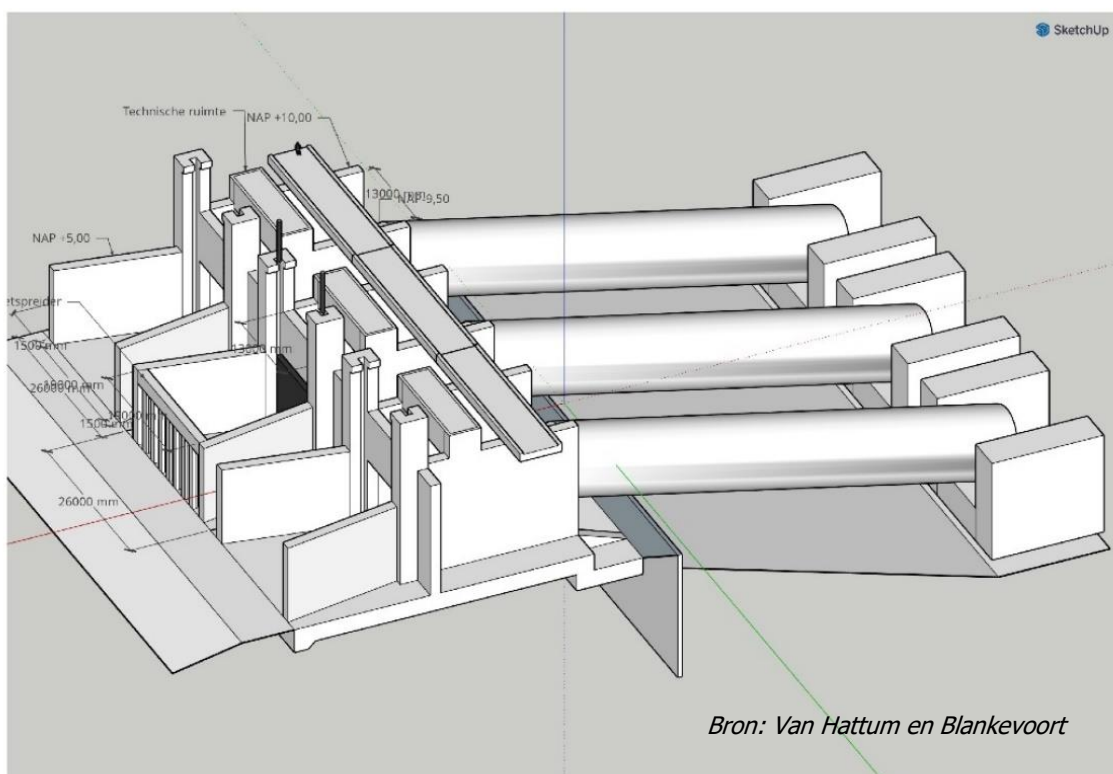
Kaplan low head-high volume type pompturbine. Bron: TU Delft, Civiele Techniek

In het kader van het Europese onderzoeksproject 'ALPHEUS' werkt een aantal universiteiten overigens ook aan een nieuw efficiënt type pompturbine voor 'low head'-toepassingen.

Omdat de Archimedes-pompturbines een aantrekkelijke efficiency hebben, zeer visvriendelijk zijn, geluidsarm zijn en toegankelijk zijn vanwege het open ontwerp karakter van de installaties, heeft Delta21 bv in zijn concept voorlopig gekozen voor dit type.

Sinds de 17^e eeuw zijn open pompvanzels in gebruik. In het Delta21-concept is evenwel gekozen voor de gesloten vorm, zoals die ontwikkeld is door FishFlow Innovations uit Medemblik. Deze Archimedes-pompturbines vergen wel een groter ruimtebeslag, maar ook dat heeft ook een gunstig effect: de stroomsnelheden zijn nog acceptabel voor de passerende vissoorten.

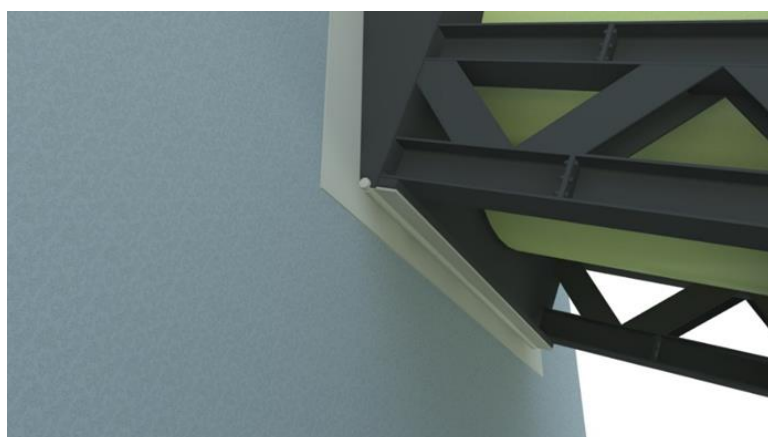
De kern van de Archimedes-pompturbine wordt gevormd door een cirkelvormig vijzel, die inwendig een aantal schroefgangen met een bepaalde spoed heeft. De schroef duwt het water omhoog tijdens het pompen of voert het water juist schroefsgewijs omlaag tijdens het turbineren.



7.2 Ontwerpkarakteristieken Archimedes-pompturbines

Het ontwerp van de Archimedes-pompturbines wordt vooral bepaald door het maximale optredende verval en de gevraagde vermogens, maar de diameter van de vijzel heeft vanwege de maakbaarheid een maximum diameter van 10 meter.

Het verval in het energieopslagmeer of valmeer varieert van 3 tot 28 meter. Daarom kiest Delta21 bv voor drijvers, die aan de onderzijde van de vijzels het gewicht van de lege en de met water gevulde vijzels moeten kunnen dragen. Aan de bovenzijde wordt de door een vakwerkconstructie ondersteunde vijzel opgehangen aan de asconstructie.



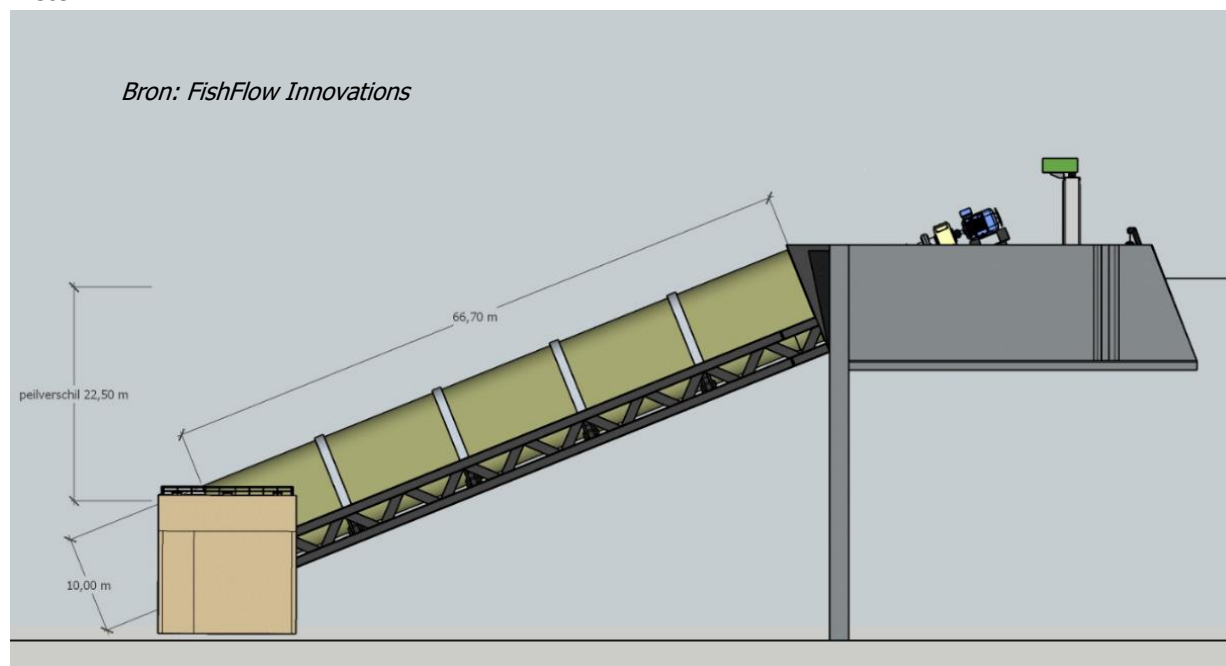
De lengte, het toerental, de hellingshoek, het aantal schroefgangen en de spoed bepalen de efficiency van de pompturbine. Een flauwe helling van de vijzel leidt tot een langere pompturbine, die dan weliswaar zwaarder wordt, maar door die

Scharnier aan bovenzijde (bron: FishFlow Innovations)

flauwere helling ook efficiënter, omdat daardoor dan de vullingsgraad groter is.

Een langere vijzel biedt ook meer ruimte voor een smaller ontwerp van de drijvers. Elke meter besparing op de werkende breedte van de drijvers levert een besparing aan civiele kosten van ongeveer € 0,6 miljoen. Tijdens het pompen en turbineren is een vulling van circa 60 procent van de vijzel het meest optimaal.

Voor een maximaal verval van 28 meter en een maximale hellingshoek van 20 graden wordt de lengte van de vijzel tussen 80 en 85 meter. Voorlopig hebben we gekozen voor een vijzellengte van 81,4 meter.



De vijzel is gemaakt van composiet en omdat hij een grote overspanning moet overbruggen, wordt deze ondersteund door een staalconstructie, waarop de vijzel rust.

Het hart aan de bovenzijde van de vijzel ligt op NAP -0,75 meter. De gemiddelde waterstand is NAP +0,25 meter. Het gemiddelde getijdeverschil is 2 meter. Bij een werkende situatie is de pompturbine voor ongeveer 50 procent gevuld met water. Bij het aanzetten en vullen van de pompturbine zakt de buis bij de drijver ongeveer 5 meter als gevolg van het gewicht van het water en het eigen gewicht. De totale massa is ruim 4.000 ton. De hellingshoek varieert van ongeveer 2 graden tot circa 21 graden.

<i>Verval-peilverschil</i>	<i>Hoek in graden</i>
-0,75 + 3+ 1=3,25	2,33 graden
-0,75+15,5+1=15,75	11,4 graden
-0,75 +28+1=28,25	20,7 graden

Voor de werkende breedte van de drijvers is een veilige breedte van 25 meter aangehouden. De pompturbines worden aan de bovenzijde in een civiele betonconstructie opgehangen. De aanlegkosten van de civiele constructie voor de pompturbines zijn ongeveer € 0,6 miljoen per strekkende meter, oftewel circa € 15 miljoen per pompturbine.

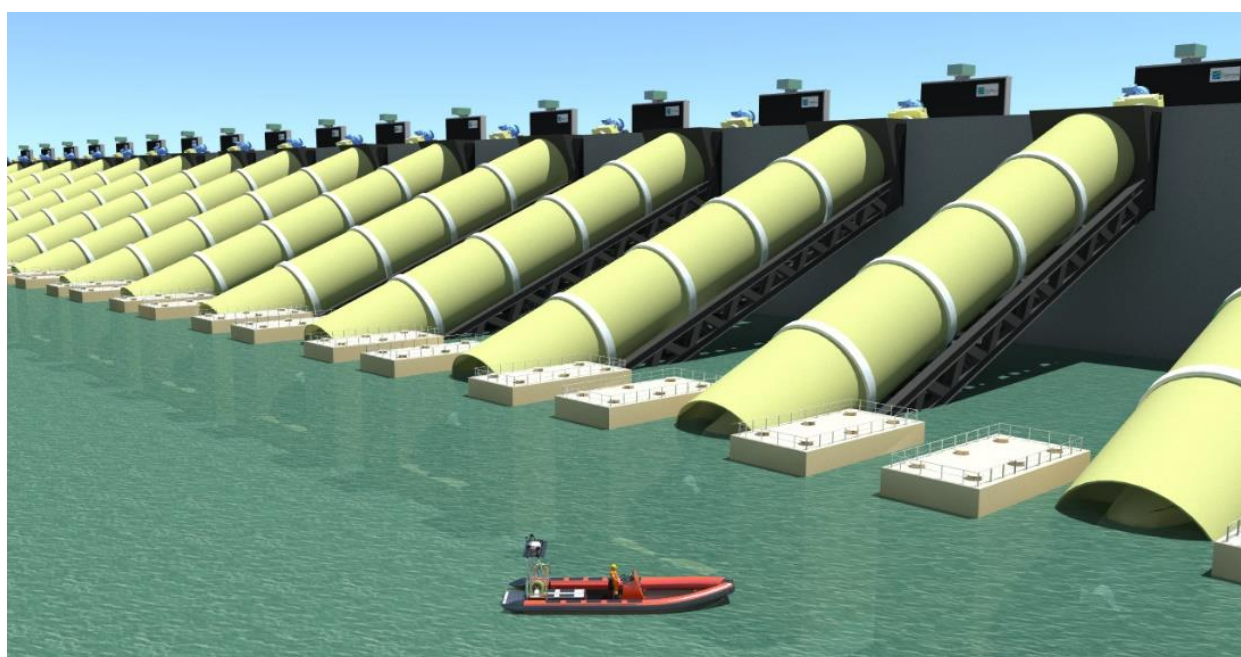
De pompturbine kost ongeveer € 0,7 miljoen per opgesteld MW. Het vereiste opgesteld vermogen wordt bepaald door de vijzeldiameter, het maximale verval, de civiele aanlegkosten en de gewenste efficiency.

Bij pompturbines met een lager vermogen worden de civiele aanlegkosten per opgesteld vermogen hoger. Maar dan wordt wel een groter percentage van de beschikbare pompcapaciteit benut. Bijvoorbeeld bij een efficiency-eis van 0,95 bij een verval van 15,75 meter, is het benutte vermogen bij een opgesteld vermogen van 9 MW, bijna 100 procent. Bij een opgesteld vermogen van 20 MW slechts circa 50 procent. In hetzelfde voorbeeld is het debiet voor pompturbines met een opgesteld vermogen van 9 MW of 20 MW ongeveer 60 m³ per seconde voor beide.

Bij een lagere efficiency-eis van bijvoorbeeld one way 0,85 of 0,75 is het effect veel minder. Het benutte vermogen is dan respectievelijk ongeveer 90 procent of 100 procent en dan zijn de debieten circa 107 m³ per seconde en 120 m³ per seconde.

<i>Verval in meters</i>	<i>Q in m³ per seconde en benut vermogen in MW</i>		
	<i>efficiency 0,75</i>	<i>efficiency 0,85</i>	<i>efficiency 0,95</i>
3,00	300 m ³ /s-12 MW	200 m ³ /s -7 MW	110 m ³ /s-3,5 MW
12,00	125 m ³ /s-20 MW	115 m ³ /s-16 MW	68 m ³ /s-8,5 MW
15,75	112 m ³ /s-20 MW	102 m ³ /s-18,5 W	61 m ³ /s-9,5 MW
25,00	72 m ³ /s-20 MW	65 m ³ /s-19 MW	38 m ³ /s-10,5 MW

Bij een efficiency van 0,85 bedraagt het debiet gedurende de vulling of lediging gemiddeld circa 100 m³ per seconde per pompturbine. Als het valmeer leeg is, is het debiet 60 m³ per seconde en bij een vol valmeer stijgt het debiet tot ongeveer 200 m³ per seconde. Het totale debiet bij 100 pompturbines kan dus variëren van 5.000 m³ per seconde tot 20.000 m³ per seconde en is gemiddeld ongeveer 10.000 m³ per seconde.



Vijzelpompturbines - gesloten (bron: FishFlow Innovations)

De keuze voor het meest optimale opgestelde vermogen bij de gekozen vijzeldiameter van 10 meter hangt dus samen met de aanlegkosten van het civiele deel en met de gewenste efficiency.

In het huidige ontwerp is voorlopig gekozen voor een opgesteld vermogen van 20 MW. De geschatte kosten van de 20 MW-pompturbine bedragen ongeveer € 14 miljoen, terwijl de civiele kosten circa € 15 miljoen per 25 meter breedte bedragen.

Voor het gewenste vermogen van 2 GWe zijn 100 pompturbines van 20 MW elk nodig bij een totale lengte van de civiele constructie van ongeveer 2.500 meter. De totale aanlegkosten bedragen voor de civiele werken plus de pompturbines dan circa € 2,9 miljard.

8. Delta21 en de waterveiligheid

In dit hoofdstuk gaan we in op de hoogwaterveiligheidsfunctie. Dat is binnen het Delta21-concept één van de hoofddoelen. Die functie is beschikbaar vanwege de grote opslag- en pompcapaciteit van het energieopslagmeer.

In tijden van zware storm en/of een hoge rivierafvoer kunnen we in dat meer het overtollige rivierwater extra bergen en heel snel ook weer lozen op zee dankzij de pompcapaciteit. We kijken ook hoe het Delta21-concept zich verhoudt tot het huidige beleid, dat ondergebracht is binnen het Deltaprogramma en dat onder leiding staat van de Deltacommissaris.



De bijna-ramp van 1995 toen het water op veel plaatsen tot aan de kruin van de dijk kwam, liet zien dat hoogwaterveiligheid altijd een belangrijk thema is in ons land. Dijken kunnen we niet tot in het oneindige blijven versterken en verzwaren. Het Delta21-concept biedt daarvoor een waardevol alternatief. Foto: Omroep Gelderland.

8.1 Pompturbines bieden een grotere overstromingsveiligheid

Zoals we in hoofdstuk 4 hebben beschreven, kan aan de energiefunctie van het Delta21-concept eenvoudig een overstromingsveiligheidsfunctie worden toegevoegd. Daarvoor moet tussen het

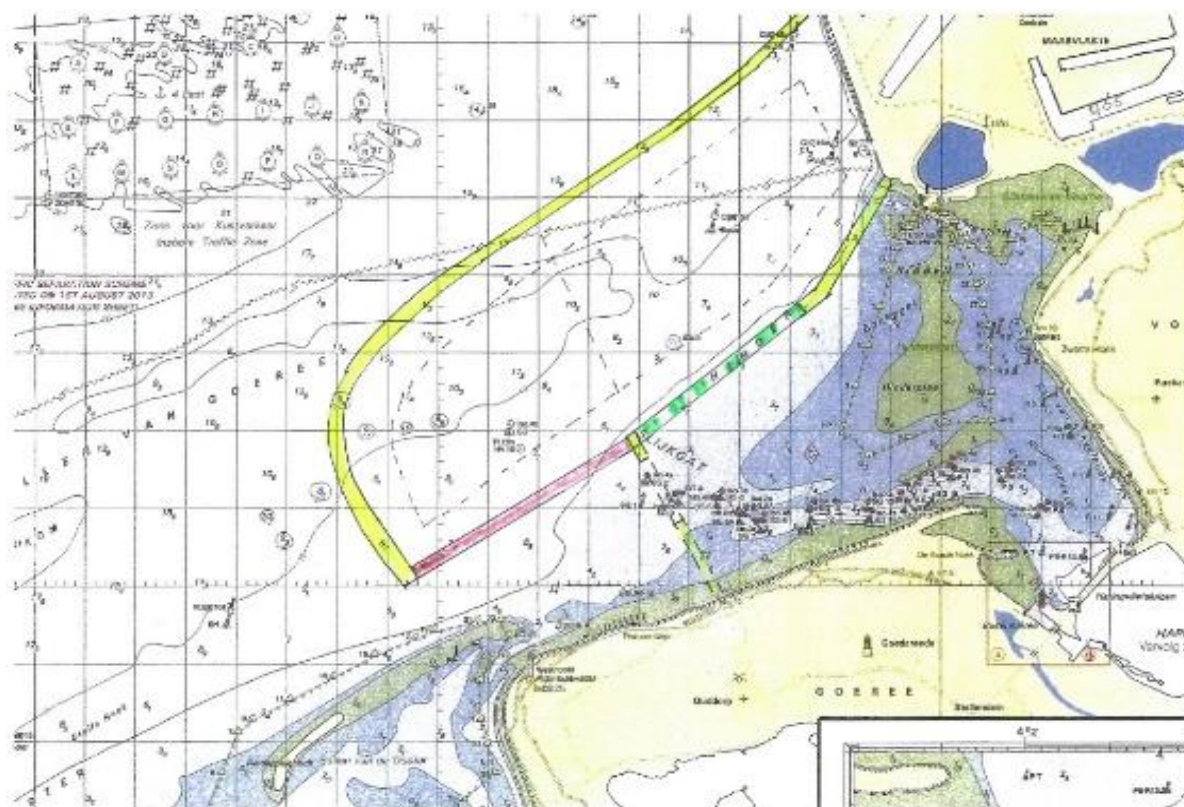
getijdemeer en het valmeer of energieopslagmeer een overlaat worden aangelegd. Verder moet het getijdemeer met een nieuwe kering gedurende korte tijd kunnen worden afgesloten van de zee.

Sinds Jan Adriaenszoon Leeghwater

Droge voeten houden. Het was voor Jan Adriaenszoon uit De Rijp een hele uitdaging. Maar al te vaak was zijn dorp een eilandje te midden van kletsnatte en soms zelfs overstroomde veengronden. Het werd zijn levensdoel om zijn geboortegrond droog te krijgen. Hij koos zijn achternaam met die bedoeling: Leeghwater, laag water. Leeghwater slaagde erin om van Noord-Holland het 'Land van Leegh Water' te maken. Zijn geheim: molens en gemalen. Een geheim dat hij ook in het buitenland toepaste.

Delta21-concept voegt een enorm gemaal toe

Naarmate in Nederland de bodem en het waterpeil verder dalen en het zeespiegelniveau stijgt, zijn de oplossingen van Jan Adriaenszoon Leeghwater (1575-1650) nog steeds actueel. Nederland beschikt over ruim 3.600 gemalen. Met het Delta21-concept komt er een flink gemaal bij. De meeste staan op de scheiding van sloten, vaarten en tochten met een rivier. Het gemaal in het Delta21-concept positioneren we op de rand van de delta van Rijn en Maas met de zee. Het gemaal bestaat uit honderd Archimedes-pompturbines.



In 1995 deed zich in rivierenland een calamiteit voor. Op veel plaatsen stond het rivierwater tot net onder de kruin van de dijk. Het werd de wake-up call voor massieve dijkversterkingsprojecten. Met een gerealiseerd Delta21-concept zal dat anders lopen. Het energieopslagmeer kan 1.100 miljoen m³ water bevatten. De Rijn voert maximaal 18.000 m³ per seconde af. Dat is 65 miljoen m³ per uur. De Rijn kan dus 17 uur in het energieopslagmeer stromen, voordat dat vol is. De honderd Archimedes-pompturbines – samen hebben zij de functie van één megagroot gemaal – kunnen vervolgens het water afvoeren naar de Noordzee.

8.2 Het benedenstroomse bekken van Rijn en Maas

Het benedenstroomse gebied van Rijn en Maas is niet duidelijk afgebakend. Beide rivieren stromen uit in een groot bekken dat in verbinding staat met de Noordzee. In dat bekken is de invloed van de Noordzee direct merkbaar. Bij hele lage rivierafvoeren dringt de invloed van de zee door tot voorbij de Biesbosch. Bij een hoge rivierafvoer nauwelijks tot Dordrecht. Afhankelijk van de rivierafvoer varieert het bekkenoppervlak van circa 300 km² tot circa 600 km².

Maar stel dat de totale rivierafvoer naar het bekken veel hoger wordt – bijvoorbeeld 10.000 m³ per seconde – en dat ook alle keringen in dat circa 400 km² grote bekken gesloten zijn, dat stijgt het water in de rivieren met ongeveer 10 cm per uur. Bij een storm van 10 tot 12 uur wordt de stijging dan wel een meter of meer. Alleen tijdens laagwater kan dan nog maar een klein deel van het rivierwater naar zee worden afgevoerd.



8.2.1 Nieuwe Waterweg en Deltawerken

Het Haringvliet was al vóór de Middeleeuwen de hoofdafvoer voor het water van Rijn en Maas. Dat is zo gebleven totdat honderdvijftig jaar geleden de Nieuwe Waterweg werd aangelegd. Niet om een extra waterafvoer te realiseren. Wél om schepen met een grotere diepgang toegang te geven tot de oude haven van Rotterdam. Een bijkomend effect was dat de Nieuwe Waterweg steeds meer de hoofdafvoer werd van het Rijn- en Maaswater. Een proces dat alleen maar werd versterkt door de afsluiting van het Haringvliet en het Volkerak in het kader van de Deltawerken en door de voortdurende verbreding en verdieping van de Nieuwe Waterweg. Inmiddels voert die ongeveer 60 procent van het Rijn- en Maaswater af naar de Noordzee. Tijdens hoge rivierafvoeren is het Haringvliet nog nodig om al het water naar zee te lozen.

Kijken we naar de effecten van de verwachte zeespiegelstijging, dan zal

- het waterpeil in het benedenstroomse bekken en dus in het Hollands Diep en in het Haringvliet overal evenveel stijgen;
- het bekken minder rivierwater kunnen bergen;
- bovenstrooms van Dordrecht het rivierpeil worden opgestuwd;
- de zouttong verder landinwaarts door gaan dringen.

Om de binnendijkse gebieden in het benedenstroomse bekken te beschermen, is de Maeslantkering nu nog essentieel. Er geldt een sluitingspeil bij een verwachte waterstand in Rotterdam van NAP +3 m of bij Dordrecht bij NAP +2,9 m.

In de buitendijkse gebieden tussen Dordrecht en Rotterdam wonen ruim 100.000 mensen, die een grote kans lopen af en toe natte voeten te krijgen. Zo staan nu al – zonder zeespiegelrijzing – de kades in Dordrecht gemiddeld eens per twee jaar onder water.

In de onderstaande tabel kunt u aflezen hoe groot de kans is op bepaalde rivierafvoeren van Rijn en Maas.

<i>Rivier</i>	<i>Frequentie, eenmaal per x jaar</i>	<i>Debiet in m³/s</i>
Rijn	gemiddeld	2.200
Rijn	1/10 jaar	9.000
Rijn	1/100 jaar	14.000
Rijn	1/10.000 jaar	16.500
Maas	2/jaar	1.500
Maas	1/10 jaar	2.000
Maas	1/100 jaar	2.700
Maas	1/1000 jaar	3.500

Tabel: Kans op voorkomen van bepaalde rivierafvoeren van Rijn en Maas

8.2.2 Verzilting in het benedenstroomse bekken

Door de aanleg van de Nieuwe Waterweg kan het zoute Noordzeewater ver doordringen in het rivierengebied. Soms zelfs tot Gouda en Nieuwegein. Via de Oude Maas en de Dordtse Kil stroomt het zoute water ook het Hollands Diep in. Al jarenlang baart de verzilting van de Hollandse IJssel en de Lek via de Nieuwe Maas de waterschappen zorgen. Ook het zuidelijke gebied van het rivierbekken wordt bedreigd door verzilting. Momenteel vindt al eenmaal per tien jaar via de Dordtse Kil een tijdelijke verzilting plaats van het Hollands Diep en het Haringvliet. De landbouw op de voormalige eilanden langs het Haringvliet behoren tot de meest geavanceerde van Nederland, maar zijn tevens wel zeer kwetsbaar voor verzilting.

De verwachte zeespiegelstijging op de Noordzee leidt direct tot eenzelfde waterstandsverhoging in het hele benedenstroomse gebied, waaronder het Dordtse Kil, het Hollands Diep en het Haringvliet. Dat zal de frequentie van een tijdelijke verzilting in die gebieden aanzienlijk verhogen.

8.2.3 Haringvlietsluizen, kierbesluit en verdere verzilting

Behalve de hoogwaterveiligheid was ook de zoutwaterdoordringing een belangrijk argument om de Haringvlietsluizen aan te leggen. Nog naar een beperkte hoeveelheid zout water zou via deze inlaat het rivierbekken instromen. De aanleg van de Haringvlietsluizen was wel een ingreep die ten koste ging van de natuur. De ooit zo rijke brakwaterbiotoop, die zich uitstreckte van de monding van het Haringvliet tot aan de Biesbosch, verdween.

Gevolgen voor vismigratie

De Haringvlietdam en -sluizen vormen een onneembare hindernis voor trekvis die jaarlijks naar hun paargebieden bovenstrooms het Haringvliet willen zwemmen. Om die vismigratie enigszins te herstellen,

is het zogenoemde kierbesluit genomen. Wanneer het waterpeil in het Haringvliet lager is dan op de Noordzee worden de sluisen op de kier gezet. De trekvissen kunnen dan de sluisen passeren.

Wanneer dit kierbesluit wordt teruggedraaid, zal dat gunstig zijn voor de zoetwatergarantie. Als het kierbesluit wordt gehandhaafd of uitgebreid, is dat gunstig voor de ontwikkeling van een nieuwe brakwaterbiotoop en voor de vismigratie in het Haringvliet.

Impact Delta21-concept

In het kader van het Delta21-concept is een alternatief geboden: de aanleg van een nieuwe vismigratierivier met een stabiele brakwaterzone, gelegen tussen het getijdemeer en het Haringvliet. Deze vismigratierivier kan zorgen de trekvissen een permanente verbinding bieden tussen de Noordzee en de grote rivieren, zonder dat het Haringvliet zouter wordt.

8.2.4 Sluitingspeil en faalkans Maeslantkering

De Maeslantkering is een in 1997 in gebruik genomen stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg. In de oorspronkelijke Deltaplannen was geen afsluiting opgenomen van de Nieuwe Waterweg, om de haven van Rotterdam toegankelijk te houden. In plaats daarvan zouden de dijken worden verhoogd en versterkt. Al gauw kwam het besef dat de dijken langs de Nieuwe Waterweg niet hoog genoeg waren om het dichtbevolkte gebied van Zuid-Holland Zuid te beschermen. Er werd gezocht naar een alternatief, een beweegbare kering: de Maeslantkering.



Voor de Maeslantkering geldt nu een sluitingspeil bij een verwachte waterstand in Rotterdam van NAP +3 meter of bij Dordrecht bij NAP +2,9 meter. De kering geeft een faalkans van eens per honderd sluitingen. Dat maakt het economisch waardevolle gebied achter de Maeslantkering in de Nieuwe Waterweg erg kwetsbaar. Die kwetsbaarheid wordt alleen maar groter wanneer de Maeslantkering bij een zeespiegelrijzing van bijvoorbeeld één meter een aantal malen per jaar extra gesloten moet worden om veiligheidsredenen.

Gesloten Maeslantkering

Bij een zeespiegelrijzing van meer dan één meter voldoet de Maeslantkering niet meer aan zijn doel. De kering zal dan vaker gesloten moeten worden, wat de Rotterdamse havens minder toegankelijk maakt. Dat geldt ook wanneer het sluitingspeil wordt verlaagd naar bijvoorbeeld NAP +2,5 meter bij Hoek van Holland. Dan neemt weliswaar de directe waterveiligheid zowel binnendijs als buitendijs weliswaar toe, omdat de kering vaker zal sluiten. Maar met een gemiddelde faalkans van één per honderd sluitingen neemt dan ook de kwetsbaarheid van de kering ook toe. De haven van Rotterdam zal nog slechter bereikbaar worden. Een lager sluitingspeil van de Maeslantkering zal wel weer een gunstige invloed hebben op de zoutdoordringing en op de zoetwatervoorziening. Hoe dan ook, wanneer de zeespiegel stijgt, zullen al heel snel aanvullende maatregelen nodig zijn.

Impact Delta21-concept

Met de realisering van het Delta21-concept kan de functie van de Maeslantkering worden vereenvoudigd, waarmee niet alléén de faalkans van de Maeslantkering wordt verlaagd, maar tevens de levensduur worden verlengd. Bij een zeespiegelstijging van meer dan 1 m voldoet alleen de Maeslantkering niet meer aan de eisen, dan zij in ieder geval ook andere maatregelen nodig.

8.2.5 Opslagcapaciteit en pompen in het benedenstroomse bekken

Deskundigen op het gebied van de zoetwatervoorziening, de zoutdoordringing, de scheepvaartdiepte en de overstromingsveiligheid pleiten ervoor om op termijn het Haringvliet te herstellen als hoofdrieverafvoer. Deze gedachte is helemaal in lijn met het Delta21-concept dat uitgaat van een buitengaats opslaan en wegpompen van de rivierwaterafvoer.²⁰

Delta21-concept: een beter alternatief dan dijken blijven versterken

Bodemdaling en zeespiegelstijging zullen aan de orde blijven. Om tegen die achtergrond het benedenstroomse gebied van Rijn en Maas te blijven beschermen tegen een storm op de Noordzee, een hoge rivierafvoer of een combinatie van beide, kan Nederland blijven investeren in verdere dijkverhogingen en -versterkingen. Die zullen nodig zijn wanneer de rivierafvoer in de toekomst hogere afvoerpieken gaat vertonen en/of wanneer de stormen op de Noordzee in duur en intensiteit zullen toenemen. Dat wekt de vraag tot hoe ver en tot hoe lang we door kunnen gaan met het versterken, verbreden en verhogen van onze dijken.

Wanneer het Delta21-concept wordt gerealiseerd, zal aanzienlijk veel meer rivierwater geborgd kunnen worden in het energieopslagmeer. Dat heeft bovendien een grote gemaalcapaciteit. De waterberging in het energieopslagmeer van ongeveer 1.100 miljoen m³ is alleen al voldoende om bij een gemiddelde 10.000 m³ rivierwaterafvoer per seconde dat overtollige water ruim 30 uur achtereen te kunnen bergen. Dat biedt een grotere veiligheid voor de binnendijkse en minder overlast voor de buitendijkse gebieden in het bekken.

Naast de berging biedt het energieopslagmeer een grote pompcapaciteit met een debiet dat – afhankelijk van de bassinvulling – varieert van ongeveer 5.000 m³ per seconde tot 20.000 m³ per seconde. De waterstand in het hele benedenstroomse gebied kan daarmee tijdens een storm en gesloten keringen laag worden gehouden.

Normaal zal de nieuwe kering in het getijdemeer altijd openstaan. Bij een storm, hoge afvoer of een combinatie van beide zal die kering gesloten worden, net als de Maeslantkering. De overlaat naar het energieopslagmeer gaat dan open.

Wanneer het Delta21-concept wordt gerealiseerd, is de noodzaak om voortdurend vele dijken ingrijpend te blijven verhogen veel kleiner of zelfs niet meer aanwezig. Dit leidt niet alléén tot aanzienlijke besparingen op dijkverhogingen en dijkversterking. Ook blijft zo het unieke vlakke rivierenlandschap beter gespaard. Zelfs als de zeespiegel meters zou stijgen, wordt dankzij het Delta21-concept het meest kwetsbare, dichtstbevolkte en economisch meest intensieve deel van Nederland beter beschermd dan met hogere dijken.

De waarde van het Delta21-concept als alternatief voor dijkverhogingen is volgens een ruwe schatting circa € 5 miljard tot 2060. Bij een zeespiegelrijzing van één meter loopt deze besparing tot 2100 op tot boven de € 10 miljard.

²⁰ Om het Haringvliet weer hoofdrieverafvoer te maken, moet de afvoercapaciteit van de Nieuwe Waterweg worden verlaagd. Deze gedachte is uitgewerkt in het zogenoemde 'sluizenplan' van Spaargaren c.s. die voorstelt om sluizen te bouwen in zowel de Nieuwe als de Oude Maas, om zo de zoutdoordringing in het rivierbekken terug te dringen.

8.3 Het Deltaprogramma en de Deltacommissaris

De waterveiligheid is nationaal ondergebracht binnen het Deltaprogramma en is de verantwoordelijkheid van de Deltacommissaris. Met dit programma wil Nederland op de lange termijn de zoetwatervoorziening en de veiligheid van de binnendijkse gebieden borgen. De Deltacommissaris stelt het Deltaprogramma op, actualiseert het, realiseert het en rapporteert daarover aan de Tweede Kamer. Per deelgebied zijn de Deltabeslissingen vertaald in een voorkeursstrategie. De betrokken overheden hebben de Deltabeslissingen en voorkeursstrategieën in hun eigen plannen verankerd.

Waar het Deltaprogramma langetermijngaven en voorkeursstrategieën bevat, beschrijft het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) de kortetermijnmaatregelen. Beide programma's zijn met elkaar verbonden. Het HWBP is onderdeel van het Deltaplan Waterveiligheid, het uitvoeringsprogramma van de Deltacommissaris. Als onderdeel van het HWBP worden elke zes jaar de dijken op hun veiligheid getoetst door de betreffende waterschappen. Ieder waterschap stelt daartoe voor die periode van zes jaar een legger op met een leggerkaart, waarin alle waterstaatswerken zijn opgenomen, inclusief de ondersteunende kunstwerken, de gemalen, de stuwen, de duikers, de inlaten en de keerschotten.

Een nieuwe normering en bijbehorend ontwerpinstrumentarium voor de primaire keringen is nog in ontwikkeling. Vanwege de grote onzekerheden is gekozen voor een adaptief beleid, dat elke zes jaar wordt geactualiseerd. De onzekerheid zit hem vooral in de verwachte zeespiegelstijging en de ontwikkelingen van de rivierafvoer en de stormfrequenties.

De Deltacommissaris houdt zich bezig met de drie belangrijke thema's waterveiligheid, zoetwater en ruimtelijke adaptatie. Daartoe is het land verdeeld in acht regio's. Voor het Delta21-concept zijn de regio's Rijnmond-Drechtsteden en de Zuidwestelijke Delta het meest relevant.

Vier oplossingsrichtingen

Als het gaat om de verwachte zeespiegelstijging onderzoekt de Deltacommissaris een aantal oplossingsrichtingen 'in spoor 4'. Wanneer de zeespiegel snel veel stijgt, loopt de huidige waterbeheerstrategie tegen haar grenzen aan. De vraag is dan zeer relevant wat dit betekent voor mogelijke adaptatiepaden en activiteiten die Nederland de komende twintig jaar moet oppakken.

In 2019 heeft het onafhankelijke kennisinstituut Deltares in opdracht van het Deltaprogramma een eerste analyse gedaan van ideeën en mogelijke oplossingsrichtingen voor een hoge en snelle zeespiegelstijging in de komende honderd tot tweehonderd jaar. Het instituut is op basis van die analyse gekomen tot vier oplossingsrichtingen:

1. *Beschermen-gesloten*

De kust wordt beschermd tegen erosie en overstromingen met harde of zachte maatregelen, zoals keringen, zandsuppletie of wetlands. Rivierarmen worden afgesloten (met dammen). Ook moet worden gedacht aan grote sluizen in de Nieuwe Waterweg, voorzien van grote pompinstallaties.



Beschermen open



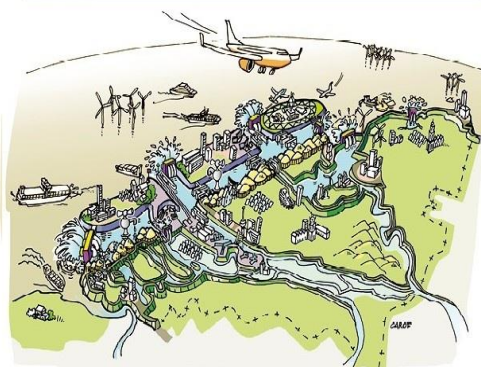
2. Beschermen-open

Dezelfde maatregelen worden genomen als onder 'Beschermen-gesloten', met dat verschil dat de rivieren een open verbinding met de zee behouden. De dijken moeten vele meters hoger worden, ook rond de buitendijkse gebieden. De zouttong dringt ver landinwaarts door.

3. Zeewaarts

Om de delta te beschermen tegen de gevolgen van overstromingen wordt nieuw land gecreëerd: hoger en zeewaarts gelegen. Er ontstaat een geheel nieuwe kustlijn met een tweede duinenrij buiten de kust met een groot zoetwatermeer met sluizen op diverse plaatsen. De bijbehorende kosten zouden uitkomen tussen de € 200 miljard en € 400 miljard.

< Zeewaarts



≡ Meebewegen



4. Meebewegen

De kwetsbaarheid voor de gevolgen van een hogere zeespiegelstijging worden verkleind door water- of zouttolerant landgebruik.

Bron: Deltares 2019

De oplossingsrichtingen 'in spoor 4' gaan over de langere termijn, met een doorkijk naar het jaar 2200. In deze oplossingsrichtingen wordt uitgegaan van een zeespiegelstijging van minimaal twee, met een doorkijk naar 5 meter.

Delta21 bv neemt op uitnodiging deel aan een aantal bijeenkomsten van de Deltacommissaris, waar deze vier oplossingsrichtingen worden uitgewerkt. De Deltacommissaris zoekt met adviseurs naar 'bouwstenen' uit een aantal plannen. Het proces moet in 2026 opties en varianten opleveren, ter ondersteuning van het nog komende besluitvormingsproces.

Het Delta21-concept is een hybride oplossing die prima past bij drie van de vier richtingen: zeewaarts, beschermen-open en beschermen-gesloten.

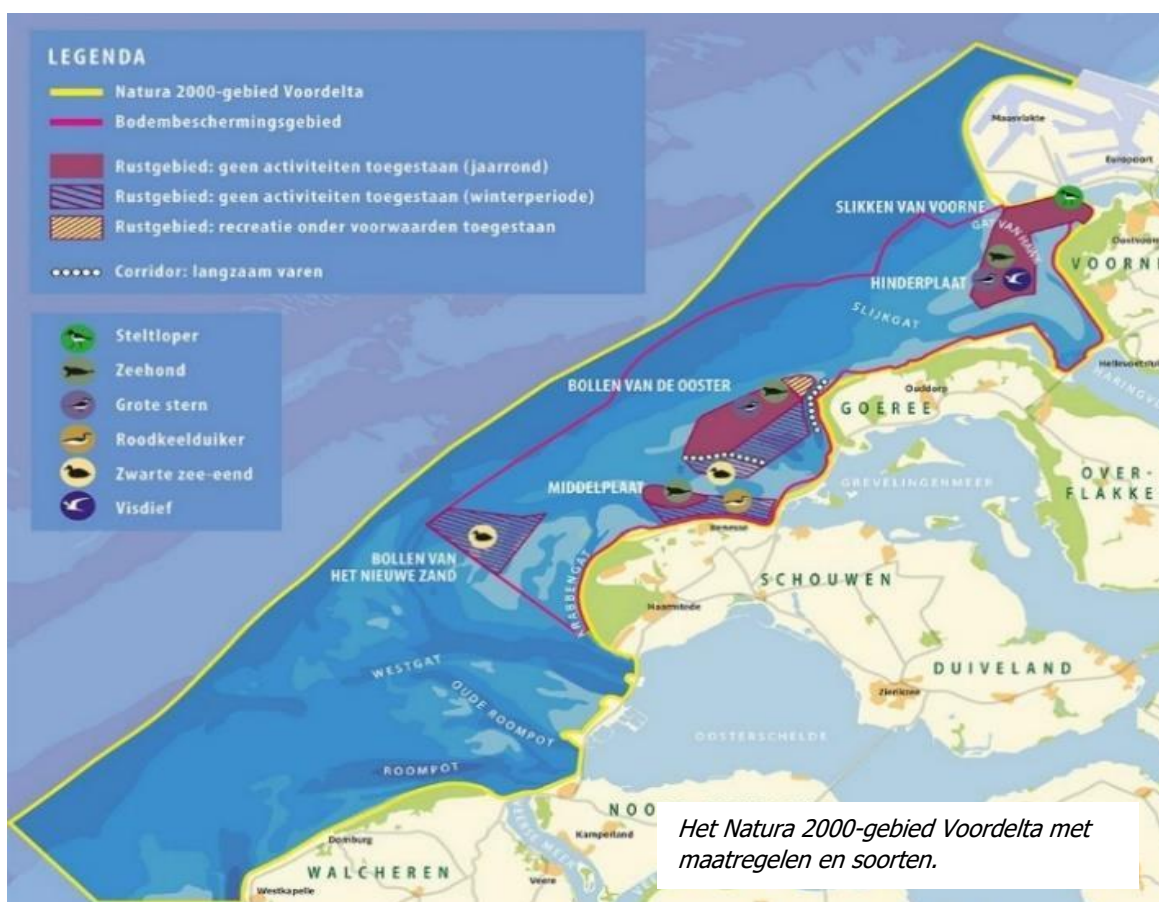
De Deltacommissaris heeft niet de opdracht om zelf een keuze te maken. De verwachting is dat een definitieve oplossing zal komen bovendrijven uit het geheel van discussies over de waterveiligheid, de huisvesting, het voedselvraagstuk, de energietransitie, de natuurwensen etc.

9. Versterking van de biodiversiteit in vier Natura 2000-gebieden

In dit hoofdstuk beschrijven we de biodiversiteit in het mondingsgebied van het Haringvliet. Hier liggen vier Natura 2000-gebieden dichtbij elkaar. Ondanks alle beschermende maatregelen gaat de biodiversiteit in het gebied achteruit. We analyseren de oorzaken daarvan en beschrijven hoe we met ons Delta21-concept het natuurherstel een extra kans kunnen geven.

9.1 Stand van zaken in de vier Natura 2000-gebieden

Door menselijk ingrijpen is het karakter van de monding van het Haringvliet volledig veranderd. In de vier Natura 2000-gebieden verloopt het proces van natuurontwikkeling redelijk autonoom. Niet dat dit enig herstel oplevert. Integendeel. De biodiversiteit gaat in de vier gebieden al lange tijd flink achteruit. Het Delta21-concept kan worden aangegrepen om met zogenoemde natuurversterkende maatregelen (*Nature Enhancing Designs*) de negatieve spiraal om te keren. Die maatregelen hebben niet enkel als doel om eventuele gevolgschade van de aanleg te compenseren zoals de wet- en regelgeving dat eist. Zij zijn vooral van belang om de biodiversiteit te herstellen. Om de soorten, beschreven in de Habitatrichtlijn, te vergroten en robuuster te maken. Inclusief de vogel-, vis- en plantensoorten.



Het begrip biodiversiteit is echter niet overal eenduidig gedefinieerd. Zo geeft de VN een heel ruime definitie van biodiversiteit: de variabiliteit tussen levende organismen uit alle bronnen, met inbegrip van onder meer terrestrische, mariene en andere aquatische ecosystemen en de ecologische complexen waarvan zij deel uitmaken en ook de diversiteit binnen de soorten, tussen

de soorten en van de ecosystemen.

De habitatrichtlijnen gebruiken biodiversiteit meer in beperkte zin als indicator voor het welzijn van de huidige habitats. Bij de realisatie van het Delta21-concept hebben we dus rekening te houden met het welzijn van de huidige habitats en soorten in de Voordelta op de locaties waar de realisatie plaatsvindt.

Zoals in het voorgaande hoofdstuk beschreven, is met de Haringvlietsluizen een harde ontkoppeling ontstaan tussen de rivieren en de Noordzee en is er nog maar een beperkte invloed van de rivieren op de systeemdynamiek in de monding. Samen met de morfologische ontwikkelingen in de monding zal dat leiden tot een steeds verdere verarming van de biodiversiteit in de Voordelta, maar ook in de andere drie Natura 2000-gebieden.

*De vier voor Delta21
relevante Natura 2000-
gebieden*



De vier Natura 2000-gebieden maakten tot 1950 deel uit van een dynamisch estuarium dat zich tot de Biesbosch uitstrekte, waar een rijke vismigratie plaatsvond te midden van een waardevolle brakwaterbiotoop. Door de aanleg van de Haringvlietsluizen veranderde de ooit rijke brakwaterbiotoop in een geheel zoet Haringvliet. De sluisen vormden een onneembare hindernis voor de trekvis. Het kierbesluit uit 2019 beoogt de vismigratie enigszins te herstellen door één of twee sluisen bij vloed iets open te zetten.

Pas vanaf 2000 zijn deze vier gebieden in de Haringvlietmonding aangemerkt als Natura 2000-gebieden. Elke vier tot zes jaar vindt een uitgebreide rapportage plaats van de stand van zaken in ieder van de vier Natura 2000-gebieden aan de hand van de habitatcodes.

<i>Code</i>	<i>Naam</i>	<i>Code</i>	<i>Naam</i>
H1110A	permanent overstroomde zandbanken; getij	A007	Kuifduiker
H1110B	permanent overstroomde zandbanken; noorden zee kust	A017	Aalscholver
H1140A	Wadden en zandplaten; getijdengebied	A034	Lepelaar
H1140B	Wadden en zandplaten; noorden Zeekust	A130	Scholekster
H1330A	Atlantische Oceaan zout weiden; kust	A132	Kluut
H1103	Elft	A043	Grauwe gans
H1364	Grijze zeehond	A050	Euraziatische smient

Tabel: Voorbeelden van habitatcodes.

Na 1970 zijn veel brakwater habitats verdwenen en nieuwe habitats ontstaan. Nog steeds is geen nieuw ecologisch evenwicht gevormd. De huidige situatie met betrekking tot de biodiversiteit en de ontwikkelingen in de vier Natura 2000-gebieden is zorgelijk. Voor een aantal habitats en soorten

worden de beleidsdoelstellingen in geen van de vier aan elkaar grenzende gebieden gehaald. Voor een groot deel wordt dit veroorzaakt door een aantal natuurlijke ontwikkelingen in de Haringvlietmonding, een gevolg van alle menselijke ingrepen uit het verleden. De verwachting is dat de biodiversiteit in deze vier gebieden autonoom verder achteruit zal gaan, tenzij men zorgvuldig maar wel actiever ingrijpt in het gebied.

9.2 Kansen die het Delta21-concept biedt

Het Delta21-concept is voorzien in of in de onmiddellijke omgeving van de vier genoemde Natura 2000-gebieden. De bedoeling is om met actieve maatregelen de biodiversiteit te vergroten en de natuurwaarden te versterken. Daarvoor zijn vergunningen nodig. Delta 21 bv heeft te maken met een uitgebreide wet- en regelgeving. Aangetoond moet worden dat bij de aanleg aan de wet wordt voldaan. Bij het realiseren van het Delta21-concept zijn diverse wettelijke eisen relevant. Voor de Natura 2000-gebieden. Voor de bodembeschermingsgebieden. En voor de rustgebieden. In de vergunningverlening wordt een duidelijk onderscheid gemaakt tussen die verschillende wetgevingen.



9.2.1 Milieueffectrapportage en ADC-toets

Om te kunnen beginnen met de aanleg van het Delta21-concept is een milieueffectrapportage nodig. Maar daarnaast moet ook een ADC-toets worden afgelegd. Daarin moet worden aangetoond dat er geen geschikt alternatief is en dat er dwingende redenen zijn om het Delta21-concept daar te realiseren. Als dat is aangetoond, zijn bovendien concrete maatregelen nodig om eventuele effecten op de biodiversiteit te compenseren. Daarvoor moeten alle eventuele ecologische effecten in kaart worden gebracht en worden gecompenseerd of gemitigeerd.

Hoewel Delta21 zich aan de diepe rand van één van de vier Natura 2000-gebieden bevindt, zullen de gevolgen van de aanleg ook effect hebben op de andere drie genoemde Natura 2000-gebieden. Het lijkt daarom logisch om de effecten van de aanleg op alle vier de Natura 2000-gebieden volledig in de beschouwing en de afweging mee te nemen.

We hebben de ambitie aan te tonen dat het Delta21-concept een kans is om de biodiversiteit in alle vier de Natura 2000-gebieden langdurig te versterken. Daarvoor is een scala aan maatregelen nodig, niet alleen tijdens de aanleg, maar ook nog een aantal jaren daarna.

9.2.2 Impact van Delta21-concept op diverse habitats

In principe is het Nederlandse Natura 2000-beleid erop gericht alle menselijke ingrepen in deze gebieden te verbieden en de bestaande biodiversiteit, soortenrijkdom en habitats in stand te houden. Om de biodiversiteit in Natura 2000-gebieden in stand te houden, gelden drie doelstellingen: 1) populatie, 2) oppervlakte gebied en 3) kwaliteit. Voor elk Natura 2000-gebied zijn de doelstellingen per soort en per habitat vastgelegd. De ontwikkelingen op die doelstellingen worden regelmatig gemonitord.

De impact van het Delta21-concept lijkt het grootst voor de Voordelta, maar er is ook nu al een wisselwerking tussen de vier Natura 2000-gebieden. Ze hebben elk hun eigen dynamiek. Die dynamieken hangen met elkaar samen en zijn ten dele van elkaar afhankelijk. Om voor de aanleg groen licht te krijgen, is allereerst een definitief concept-ontwerp nodig. Op basis daarvan moet een uitgebreide en zorgvuldige milieueffectrapportage (MER) plaatsvinden van de schade tijdens en na de aanleg, om daarmee alle effecten van het Delta21-concept op de vier betrokken gebieden in kaart te brengen.

Ook de uitvoeringsmethode, het gebruikte equipment en de fasering van de realisatie zijn van belang, om de organismen een toevluchtsoord te bieden voor een migratie, en wel zodanig dat de benthische gemeenschappen zich snel kunnen herstellen van de bagger- en suppletiewerkzaamheden.

Relevante habitats

Hieronder sommen we een aantal habitats op met hun codes die relevant kunnen zijn tijdens en na de aanleg van het Delta21-concept.

- *Permanent overstroomde zandbanken (H1110)*

De realisering van het Delta21-concept zal het grootste effect hebben op het westelijk deel van de Haringvlietmonding, een zeegebied met een waterdiepte tot maximaal NAP -20 meter. Hoewel de bodem daar uit zand bestaat, kunnen er ook plaatselijk harde substraten als schelpenbanken, veen, keileem of stenen en door organismen gevormde biogene structuren voorkomen.

- *Slik- en zandplaten (H1140)*

De zandbanken die regelmatig droogvallen worden zo veel mogelijk gespaard door het Delta21-concept te positioneren in diepere westelijke delen van de Voordelta.

De laagwaterlijn die is gebaseerd op Lowest Astronomical Tide begrenst de habitattypen permanent overstroomde zandbanken (H1110) en slik- en zandplaten (H1140).



- *Habitats en soorten in meer Natura 2000-gebieden*

Meerdere habitats en soorten komen voor in meer van de vier Natura 2000-gebieden.

H1110A	permanent overstroomde zandbanken; getij
H1110B	permanent overstroomde zandbanken; noorden zee kust,
H2120	witte duinen
H2130B	grijze duinen (kalkrijk)
H2180A-C	duinbossen droog en binnenduintrand
H2190C?	vochtige laagten in duinen

Twaalf van de zesentwintig habitat(sub)types komen in meer dan één van de vier gebieden voor. Soms zijn de doelstellingen onderling tegenstrijdig. Zo zijn de doelstellingen voor kust- en nestsoorten ongunstig voor het behoud van de Noordse woelmuis (H1340).

- *Vogelsoorten*

De meeste vogelsoorten komen in ten minste twee van de vier Natura 2000-gebieden voor. Voor een aantal soorten is in minimaal twee van deze gebieden de doelstelling voor de instandhouding niet bereikt. Ook voor veel broedvogels aan de kust worden de huidige doelstellingen niet bereikt.

- *Vissoorten*

Sinds de uitvoering van de Deltawerken gaat de kwaliteit van meerdere vissoorten in het Haringvliet achteruit. De migratie wordt daarbij sterk belemmerd door de Haringvlietssluisen. Het betreft de volgende vissoorten.

H1102	elft
H1103	fint
H1099	rivierprik
H1106	zalm

- *Terrein- en plantensoorten*

Ook de kwaliteitsdoelstellingen van de volgende terreinsoorten zijn niet gehaald in de duinen van Goeree en in de Kwade Hoek.

H1140	slik- en zandplaten
H1320	slijkgrasvelden
H2120	Noordse helm
H2130A	grijze duinen
H2130B	grijze duinen kalkrijk
H2130C	droge graslanden van de kustduinen
H2190B	vochtige duinvalleien kalkrijk
H2190C	vochtige laagten in duinen
H2190	vochtige duinvalleien

- *Vogels op de IUCN Red List*

Het is van belang om vooral te kijken naar de huidige status van de vogels op de IUCN Red List (*The IUCN Red List of Threatened Species*). Zo zijn de tureluur (A162) en visdief (A193) daarop als kwetsbaar aangemerkt en de pijlstaart (A054) als bedreigd. Deze soorten bewonen de Voordelta, Haringvliet, en Duinen van Goeree en de Kwade Hoek. Ze geven de voorkeur aan een vochtige tot natte omgeving met pioniersoorten en ondiep water.



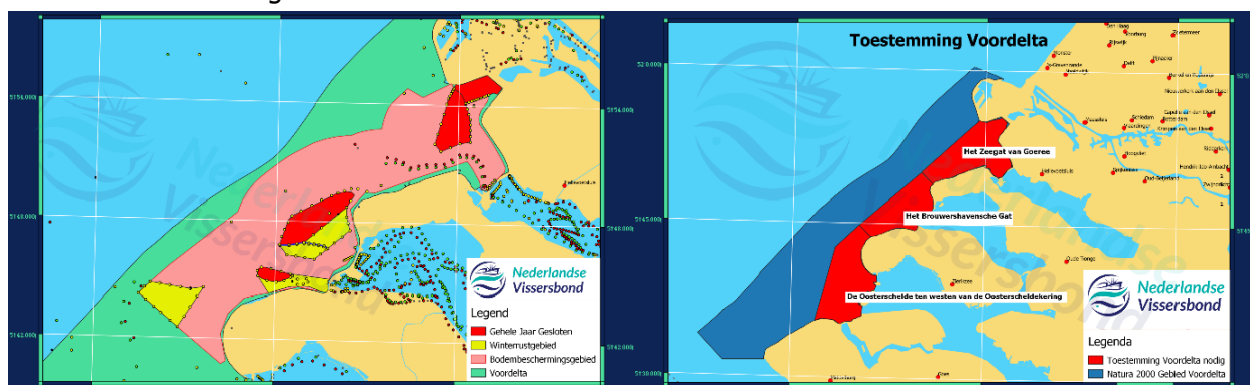
De visdief (A193) is als kwetsbaar aangemerkt.

9.3 Situatie van de natuur in de Voordelta

De Voordelta is het ongeveer 10 tot 12 kilometer brede deel langs de kust van de Noordzee, inclusief de stranden, in het kustgebied van Zeeland en het meest zuidelijke deel van Zuid-Holland. Het ondiepe deel is maximaal 5 meter diep en het diepere deel van de Voordelta loopt door tot ongeveer NAP -20 m. Het totaal oppervlakte is 83.543 ha.

De Deltawerken hebben de geologische en hydrologische situatie van de Voordelta erg beïnvloed. Die ingreep heeft de kustdynamiek enorm veranderd. Zo is voor de trekvissoorten zeeprík (H1095), rivierprík (H1099), elft (H1102) en fint (H1103) de doelstelling om de populatie uit te breiden niet geslaagd. Datzelfde geldt ook voor de visetende soorten als roodkeelduiker (A001), grote stern (A191) en visdief (A193).

Na de aanleg van Maasvlakte 2 zijn nadere afspraken gemaakt om het verlies van habitat te compenseren. Zo is het beschermingsgebied tien keer zo groot als het gebied dat verloren is gegaan aan Maasvlakte 2. Het beschermingsgebied omvat ook verschillende rustplaatsen voor zehonden en trekvogels.

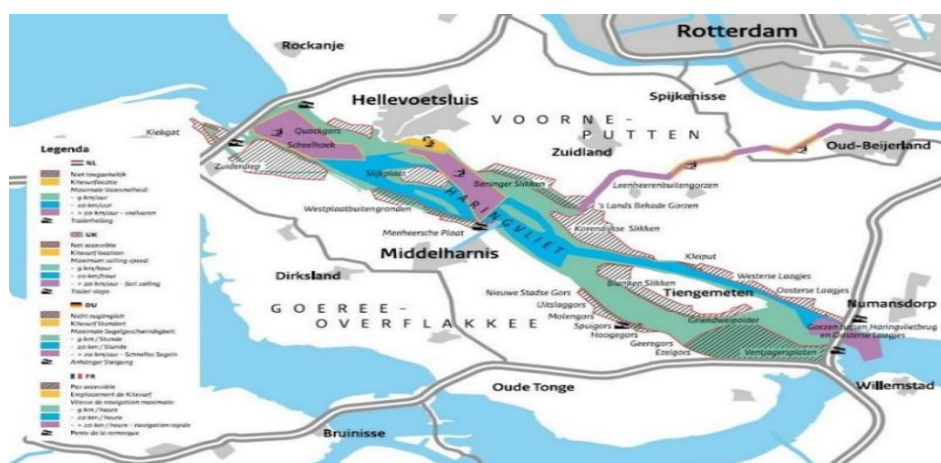


Bodembeschermingsgebied met rustplaatsen (links) en vergunningsgebied (rechts)

Beheer

De Voordelta wordt beheerd door meerdere autoriteiten: de centrale overheid, de provincies Zeeland en Zuid-Holland, twee waterschappen en enkele gemeenten, die onderling een en ander afstemmen via bestuurlijk overleg.

Meerdere ministeries beheren het grootste deel van de Voordelta en zijn verantwoordelijk voor beleid en bestuur en aansprakelijk voor waterkwaliteit, visserij, natuur en recreatie. Vooral het wad en de ondiepe zandplaten zijn van groot ecologisch belang vanwege de rustplaats voor zeehonden en grijze zeehonden. Ze zijn ook het leefgebied voor migrerende visetende vogels en duikeenden, de intergetijdengebieden.



Het Haringvliet na de afsluiting

9.4 Situatie van de natuur in het Haringvliet

Het Haringvliet is de oude riviermonding van Rijn en Maas, met veel deelgebieden. De van oorsprong open monding is in 1970 afgesloten. Daarmee verdween een groot deel van de dynamiek van zoet en zout water. Het waterpeil ligt nu 0,4 meter boven de gemiddelde waterstand op zee. De diepe oude geulen in het Haringvliet vullen zich in het westelijk deel met zout water en in de rest met slib. In die diepe geulen is de verticale uitwisseling van water gering.

De zoute en brakke biotopen zijn vervangen door zoetwaterbiotopen. De migratie van vissoorten als aal, lamprei, zalm, elften en steur zijn vrijwel tot stilstand gekomen of verdwenen. Door het kierbesluit wordt in het meest westelijke deel van het Haringvliet sinds 2019 weer zout water toegelaten.

Hoewel de macrofauna er ernstig is afgenomen, veel brakwaterhabitats zijn verdwenen en de biodiversiteit dus sterk is achteruitgegaan, is het Haringvliet wel een belangrijke voedsel-, nest- en vormplaats voor kust- en trekvogelsoorten gebleven. Ook is het nog een belangrijk leefgebied voor de Noordse woelmuis. Kortom, het Haringvliet is nog steeds een waardevol Natura 2000-gebied met een zoetwaterecosysteem en slibrijke oevers.

De algemene doelen voor het Haringvliet zijn:

- het vergroten van het oppervlak en het verhogen van de kwaliteit van de ruige gebieden en zomen (H6430);
- het verbeteren van de mogelijkheden voor vismigratie van de zoute Voordelta naar de zoetwaterriviersystemen;

- het onderhouden van de broedgebieden en van de populatie Noordse woelmuizen en blauwborsten.

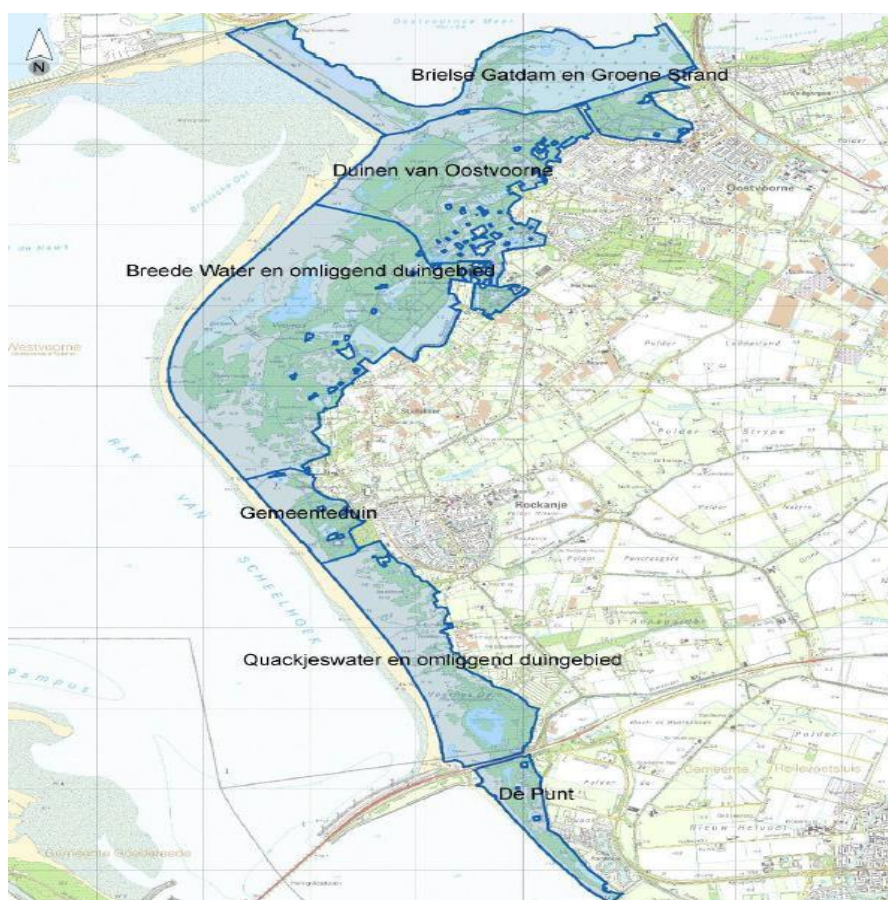
De verwachte stijging van de zeespiegel zal ook het waterpeil in het Haringvliet evenredig doen stijgen. Dat zal gevolgen hebben voor de zoetwaterwinning. Want na de Deltawerken is het Haringvliet steeds belangrijker geworden voor de zoetwatervoorziening. Zowel de industrie (via de Bernisse), de agrarische sector als de drinkwaterbedrijven maken er gebruik van.

Het dagelijks beheer wordt uitgevoerd door Rijkswaterstaat, Staatsbosbeheer, de Maatschappij voor Natuurbehoud en enkele particuliere grondeigenaren.

9.5 Situatie van de natuur in de Voornse duinen

De Voornse duinen (1.432 ha.) vormen een Natura 2000-gebied dat grenst aan de Voordelta en aan het Haringvliet. Het gebied is een karakteristiek duinlandschap van witte en grijze duinen, duinen met zeebes en duinen met kruipwilg, afhankelijk van de abiotische omstandigheden.

De Voornse duinen zijn onder te verdelen in zes deelgebieden: 1) Brielse Gatdam en Groenestrand, 2) Duinen van Oostvoorne, 3) Breede Water met omliggend duingebied, 4) Gemeenteduin, 5) Quackjeswater met omliggend duingebied en 6) De Punt.



Zes deelgebieden van de Voornse duinen

Geologisch kenmerkend zijn de zanderige deposito's met een hoge waterdoorlatendheid, waaronder slecht doorlatende hollandsveen en kleiafzettingen zijn te vinden. Water stagneert

boven op deze afzettingen, wat resulteert in hogere niveaus en relatief natte omstandigheden.

Ziltminnende flora

De mate van zoutspray is verminderd. Door de voormalige sterke zoutspray kenmerken de Voornse duinen zich door een aantal ziltminnende soorten die in dit gebied groeien en die voor Nederland uniek zijn.

Witte duinen

Successie is het belangrijkste landschapsvormingsproces in de Voornse duinen. Door afname van zandverstuivingen wordt het landschap statischer. Op de witte duinen ontstaan baanbrekende vegetaties, die uitgroeien tot grijze duinen. Om de witte duinen te behouden, is actief beheer van de Voornse duinen nodig.

Slibvorming bedreigt de stranden

Het oorspronkelijke strand van Oostvoorne is als gevolg van de menselijke ingrepen nu bedekt met een laag slib, waarop inmiddels ook begroeiing plaatsvindt. Deze aanslibbing verplaatst zich in zuidelijke richting langs de stranden. Daarnaast beweegt de Hinderplaat zich richting de kust. Samen vormen die ontwikkelingen een grote bedreiging voor het strand van Rockanje dat 1,5 miljoen keer per jaar wordt bezocht. De Voornse duinen trekken jaarlijks 200.000 bezoekers.

Beheer

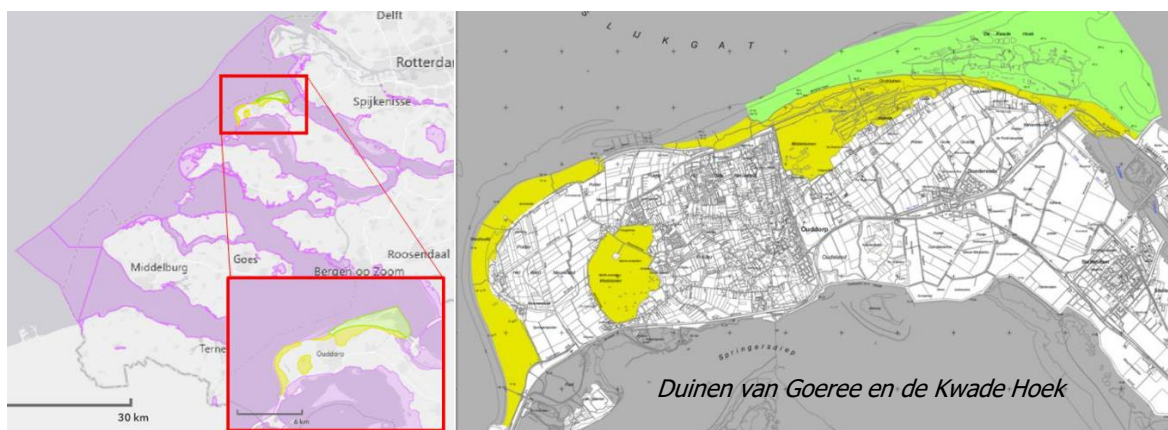
Het beheer wordt uitgevoerd door de Stichting Het Zuid-Hollands Landschap en Vereniging Natuurmonumenten. De Stichting Natuurbehoud is uitvoerend in de omgeving van het Breede Water, Quackjeswater en De Punt. Het Zuid-Hollands Landschap is juist actief in de deelgebieden Brielse Gatdam en Groene Strand en Duinen van Oostvoorne. Samen streven zij naar verbetering en uitbreiding van de populatie van de Noordse woelmuis (H1340) en de groenknolorchis (H1903). Voor vier verschillende vogelsoorten zijn instandhoudings-doelstellingen geformuleerd. Het leefgebied van de geoorde futen wordt als onvoldoende beschouwd.²¹

9.6 Situatie in de Duinen van Goeree en de Kwade Hoek



Het kustgebied Duinen van Goeree en de Kwade Hoek is gelegen op de kop van Goeree-Overflakkee, ten zuidwesten van de monding van het Haringvliet en ten zuidoosten van het beoogde Valmeer. Het totaal oppervlakte is 1.624 hectaren. Daarvan vallen 826 hectaren in het Kwade Hoekgebied onder zowel de Habitat- als de Vogelrichtlijnen. De overige 798 hectaren vallen alléén onder de Habitatrichtlijn.

²¹ Het rapport over Het Natura 2000-gebied Voornse duinen is uitgegeven in 2016. Het behandelt de periode 2005-2015. Het beheerplan is in 2022 verlengd met vier jaar.



Langstransporten van zand

Langs de Goerese stranden veroorzaken golven langstransporten in noordoostelijke richting. Daardoor wordt jaarlijks zand getransporteerd richting de Kwade Hoek. Daar bezinkt het sediment. Het zorgt er voor voor nieuwe embryonale formaties en jonge zandstranden in een complex van zandspitsen. Daarachter hebben zich brede duincomplexen gevormd met hoogteverschillen tot meer dan 10 meter, maar ook met meer laaggelegen duingebieden.

Afgeschermdde modderbaai

Tijdens hoogwater springtij bereikt het zeewater via de getijdengeulen het hele gebied, behalve het zuidwestelijke deel. Zeewater stroomt vrij tussen de zandspitsen aan de zuidoostzijde en de Haringvlietmonding en vormt meerdere geulen. Aan de zuidoostzijde van de Kwade Hoek ligt een afgeschermdde modderbaai, met marine slib dat daar in de luwte bezinkt. Vooral na de Deltawerken is de geomorfologie aanzienlijk veranderd, mede door het fixeren van stuifzand om de kustbescherming te garanderen.

Processen in de duinen

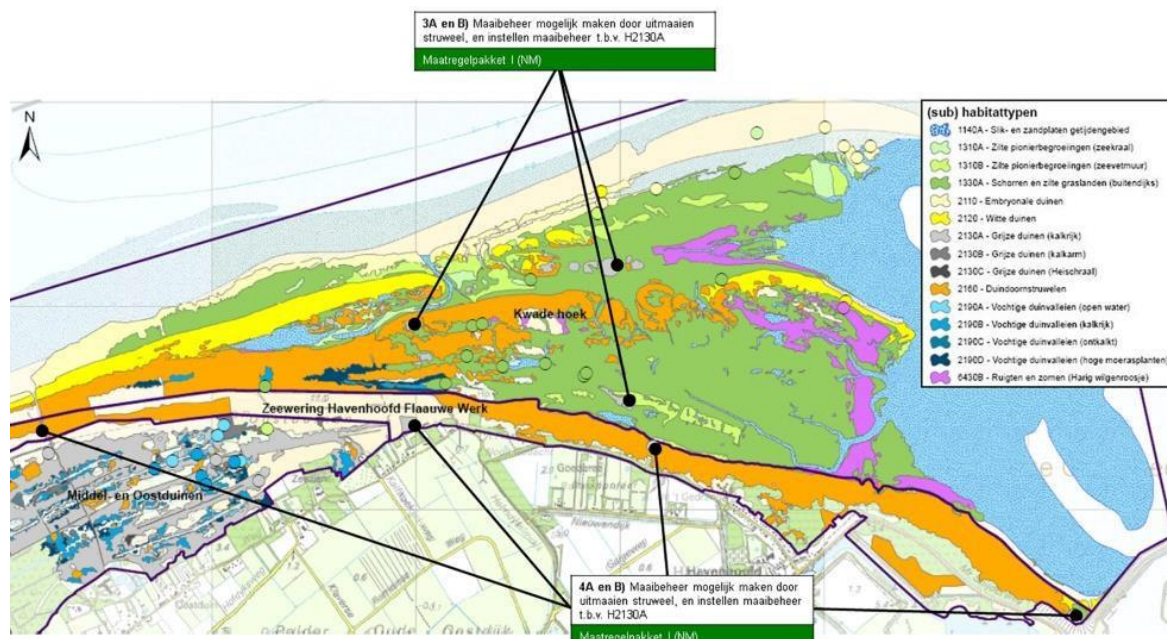
Ook in het duingebied zijn interessante processen gaande. Zo vinden we er enkele zandverstuivingen waar de wind diepere lagen verkalkt zand aan de oppervlakte heeft gebracht. Ook de zoutspray of zoutnevel is zo'n interessant fenomeen. In de Voornse duinen heeft die gezorgd voor ziltminnende flora. Hier in de Goerese duinen voorkomt de zoutspray door brekende golven juist dat unieke soorten er kunnen gedijen, omdat het zoutgehalte voor die bomen en struiken te hoog is. Vooral in de Springer duinen worden hoge niveaus van zoutnevel aangetroffen.

Beheer

Het Waterschap Hollandse Delta is verantwoordelijk voor het beheer van de stranden en duinen van Goeree en de Kwade Hoek. Het waterschap houdt ook toezicht op de toestand van de kustlijn in tijden van extreme zanderosie.

Vaargeul naar Stellendam

Om de toegang van Stellendam via het Slijkgat via het smalle en ondiepe toegangskanaal te handhaven, is frequent baggeren nodig. Dat valt onder verantwoordelijkheid van het Havenbedrijf Rotterdam en Rijkswaterstaat. De Nederlandse Maatschappij voor Natuurbehoud en het Zuid-Hollands Landschap beheren de natuurgebieden.



Habitatsoorten in de Kwade Hoek

Er zijn een groot aantal habitatsoorten gevonden in het gebied, zoals kalkhoudende grijze duinen (H2130A), niet-kalkhoudende grijze duinen (H2130B), heidearme grijze duinen (H2130C), natte duinvalleien met open water (H2190A), kalkhoudend vochtig duin (H2190B) en ontkalkte natte duinvalleien (H2190C).

Verder zijn er witte duinen (H2120), duinen met zeebes (H2160) en ruige gebieden en zomen met harige wilgenroosjes (H6430B) langs de kust en dwars door de Atlantische kwelders (H1330A) van de Kwade Hoek. De belangrijkste doelstellingen voor deze habitatsoorten zijn het in stand houden van de oppervlakte en de kwaliteit.

9.7 Compensatiemaatregelen aanleg Delta21-concept

De grootste ingreep in dit maritieme landschap die het Delta21-concept teweeg zal brengen, is de aanleg van het energieopslagmeer of valmeer, dat geheel in de Voordelta is gepositioneerd in een H1110-gebied (permanent overstroomde zandbanken), met een bodempeil tussen NAP -5 m tot NAP -20 m. De oppervlakte die de realisering van het Delta21-concept direct zal aantasten, bedraagt ongeveer 50 km².

Bij de situering van het Delta21-concept is rekening gehouden met het behoud van de zandbanken onder de code H1140 (zandplaten in kustzeeën), die ecologen voor de biodiversiteit aanzienlijk waardevoller achten dan het diepere deel van de Voordelta.

Omdat habitattypen H1110 (permanent overstroomde zandbanken) het meest te verduren krijgt door de aanleg van het Delta21-concept, lijkt een uitbreiding zeewaarts van het hele Voordeltagebied met bijvoorbeeld 1 kilometer een redelijke en te overwegen compenserende maatregel.

In de rest van dit hoofdstuk werken we een aantal andere specifieke maatregelen uit die de biodiversiteit verder kunnen versterken. De natuurvriendelijke aanleg en inrichting van het valmeer of energieopslagmeer is zo'n maatregel. Die werken we uit in hoofdstuk 10.

9.7.1 Inrichting getijdemeer als natuurpark

Door het getijdemeer in te richten en aan te wijzen als een natuurpark, kan de aanleg van het Delta21-concept worden gecompenseerd. In een natuurpark mag de zeebodem niet worden verstoord. Daar kunnen bodemgemeenschappen en vogelpopulaties zich ongestoord voeden en beter gedijen. Als de bodemverstoring wegvalt, zou het met de getijdedynamiek mogelijk moeten worden dat er een golvende zeebodem met zeegras ontstaat, een toevluchtsoord voor jonge vissen. Dat zou ook weer kansen bieden voor foeragerende zeehonden.

Het water van de Noordzee zal door het getijdeverschil van 2 meter via de 'tidal inlet' bij het Slijkgat tweemaal per dag naar binnen en naar buiten stromen en zorgen voor een zout-brakke watersituatie. Het zoete rivierwater zal in het getijdemeer langer worden vastgehouden en niet meteen naar de Noordzee wegstromen. Ook zal zowel de sedimentatie als de erosie er verminderen.

Om naast natuurversterking ook beperkte recreatie mogelijk te maken, wordt een strikte zonering van het getijdemeer voorgesteld. De co-existentie van recreatie en natuur in het getijdemeer dient zorgvuldig te worden afgestemd. Zo kan er minder slib op de stranden terecht komen door de aanslibbing in diepe putten en diepe geulen te bevorderen.

9.7.2 Aanleg vismigratierivier bij Stellendam

Een andere compenserende maatregel kan zijn de aanleg van een vismigratierivier bij Stellendam. Natuurorganisaties drongen er al eerder op aan om de verdere opening van de Haringvlietsluizen op te nemen in het Delta21-concept. Er werd zelfs voor een permanente opening gepleit, om zo een kans op herstel van de brakwaterbiotoop in het Haringvliet te genereren. Daarom hebben studenten onderzoek gedaan naar de doordringing van de zouttong, de effecten op de biodiversiteit, het herstel van de brakwaterbiotoop en de vismigratie. Als de Haringvlietsluizen permanent open gaan, zal de zouttong nooit verder naar binnen dringen dan tot Moerdijk. Toch is de weerstand tegen een volledige opening van de Haringvlietsluizen erg groot vanuit de land- en tuinbouw en de zoetwaterbedrijven. De studenten van de Universiteit van Wageningen hebben daarom geadviseerd om een vismigratierivier bij de Haringvlietsluizen te overwegen en die tot een integraal onderdeel te maken van het Delta21-concept.²²



Met deze vismigratierivier kan de terugkeer worden bevorderd van zowel de anadrome, catadrome en amfidrome vissoorten.²³

De studenten hebben twee opties uitgewerkt voor een vismigratierivier. Eén bevindt zich aan de noordkant van Haringvlietsluizen; een tweede aan de zuidzijde van de Haringvlietsluizen. Bij de laatste wordt gebruikgemaakt van het

Spui, een oude kreek ten zuiden van Stellendam, die de Noordzee met het Haringvliet zou kunnen verbinden. Deze optie heeft ook Esmée van Eeden verwerkt in het lay-outontwerp.

Herstel van vismigratie is niet eenvoudig. Dat is gebleken uit ervaringen elders op de wereld. Om

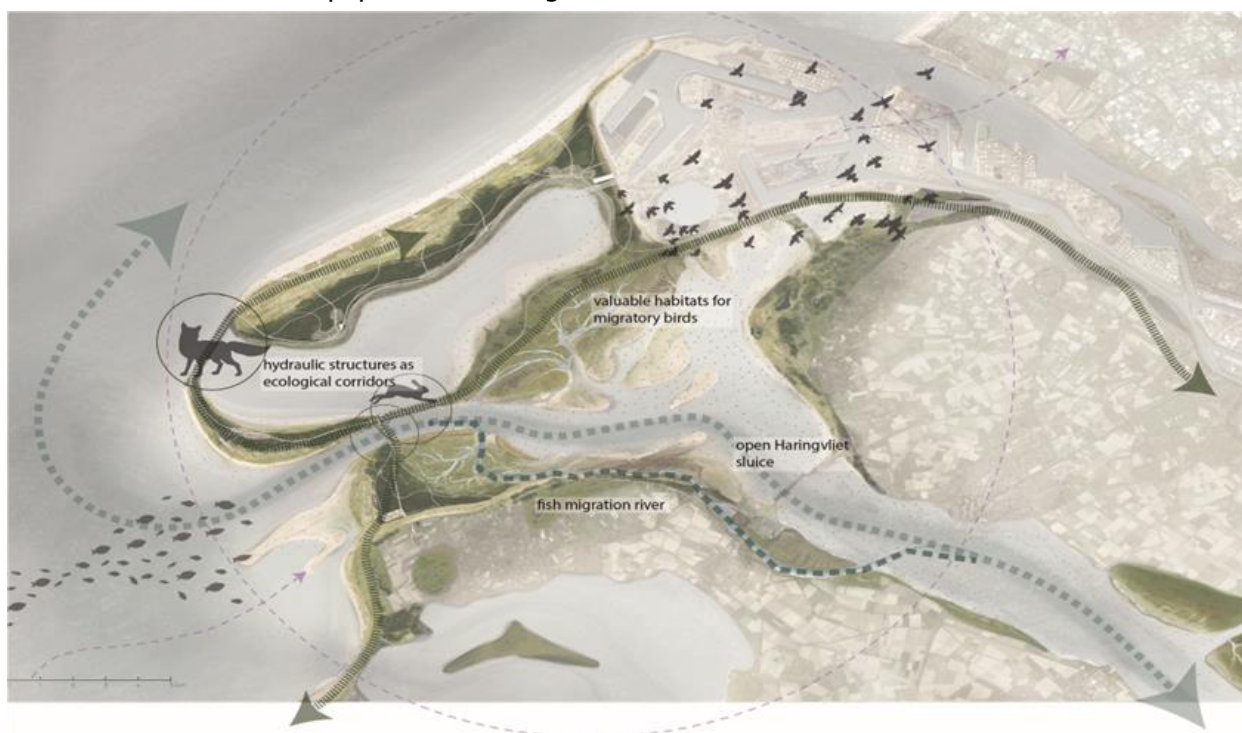
²² Zie bijlage 2.

²³ *Anadrome vissoorten worden geboren in zoet water, paaien daar ook maar leven verder in zout water. De catadrome vissoorten worden geboren in zout water, paaien daar ook en rijpen in zoet water. De amfidrome vissoorten migreren in een ander stadium van hun levenscyclus.*

dat te laten slagen, zijn zeer specifieke omstandigheden vereist. Kleine veranderingen in de watertemperatuur of de zoutconcentratie kunnen het trekgedrag van vissen al versterken of beperken. Gebleken is ook dat we nog veel niet weten over het trekgedrag van anadrome, catadrome en amfidrome vissoorten.

De vismigratierivier kan beschouwd worden als een compenserende maatregel om de biodiversiteit en de ecologische samenhang tussen de vier Natura 2000-gebieden en tussen de verschillende biotopen te vergroten. Aanvullende maatregelen zullen de passage voor de vissen nog aantrekkelijk kunnen maken, zoals het planten van zeegras, het aanleggen van riffen of drijvende platforms en het variëren in diepte en watersnelheid.

De vismigratierivier zal bijdragen aan het doel om estuariene ecosystemen te defragmenteren²⁴ en aan het herstel van de populaties van vogels en trekvis.



De vismigratierivier zal bijdragen aan het doel om estuariene ecosystemen te defragmenteren en aan het herstel van de populaties van vogels en trekvis (bron: TU Delft, Landschapsarchitectuur).

9.7.3 Twee gebieden met kreken en geulen

Om de realisering van het Delta21-concept te compenseren, kan op twee plaatsen een groot gebied zandplaten in kustzeeën (H1140) worden toegevoegd aan het overstroombare zandbanken in het getijdemeer. In het toekomstige gebied van het getijdemeer ligt nu al een gebied van 13 km² van dit habitattype. De instandhoudingsdoelstelling voor zandplaten in kustzeeën is het behoud van de oppervlakte en de kwaliteit. Aan die doelstelling wordt tegemoetgekomen door aan het areaal van 13 km² nog eens 25 km² toe te voegen. Dat is althans het voorstel van de Delftse student Esmée van Eeden (TU Delft, Landschapsarchitectuur). Zij positioneert één gebied bij de Hinderplaat, aan de oostzijde tegen het valmeer of energieopslagmeer aan. Een tweede gebied positioneert zij tegen de Kwade Hoek aan, aan de noordzijde van het strand van Goeree. Het ontwerp richt zich ook op het behoud van de Hinderplaat (2,2 km²) en de Slikken van Voorne (4,3 km²).

Los van de aanleg van het Delta21-concept en de compensatie daarvoor is door menselijk ingrijpen in het verleden overal in het ondiepe deel van de Voordelta sedimentatie ontstaan. Wanneer deze

²⁴ Schwevers & Adam, 2020

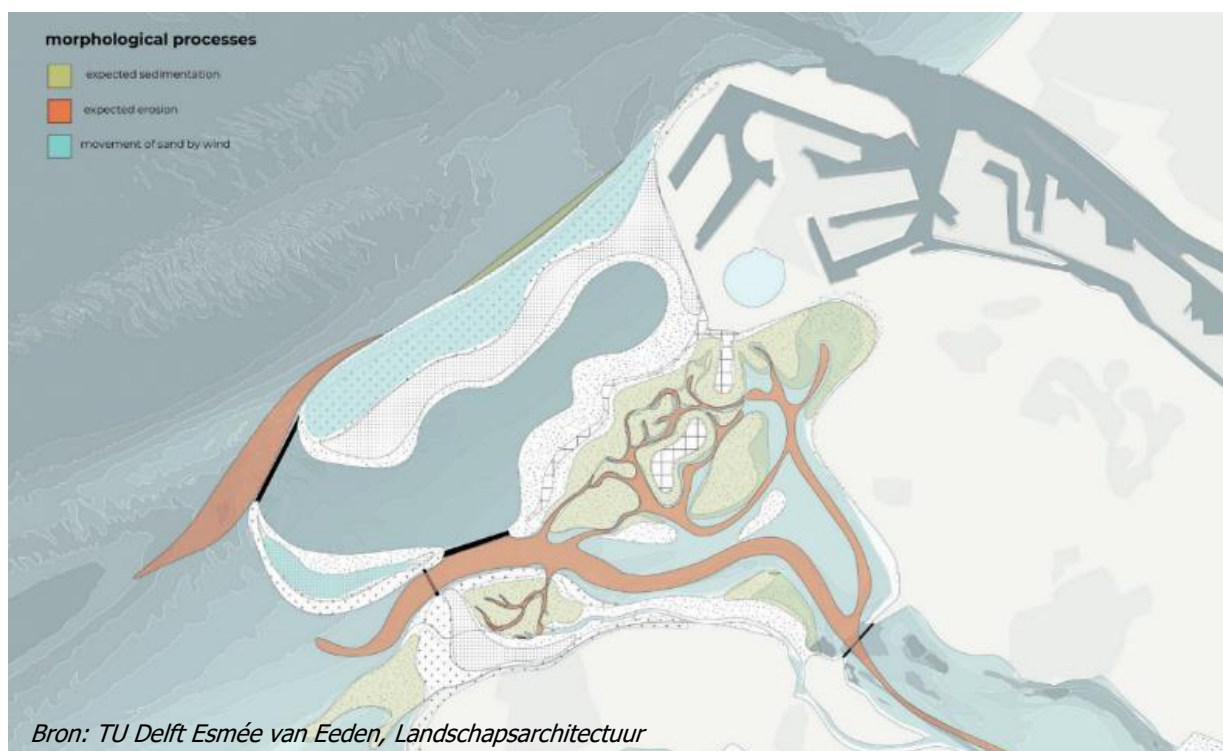
depositie doorgaat, zal een deel van dit gebied verder evolueren naar permanent droge slikken of zandplaten waar successie kan optreden. Compenserende maatregelen voor de aanleg van het Delta21-concept kunnen ook een einde maken aan die sedimentatie.

Markerwadden als voorbeeld

De zandplaten in kustzeeën (H1140) dienen met zorg te worden ontwikkeld om de kwaliteit ervan te waarborgen. Als voorbeeld dient de Markerwadden, met zand en klei, geulen, kreken, sluffers, en getijde-eilanden etc. Deze uitbreiding kan een positieve impuls geven aan de ontwikkeling van de biodiversiteit, de flora en de fauna. Ook de nieuwe duinen rondom het energieopslagmeer hebben een compenserende invloed op de aanleg van het Delta21-concept.

Niet-kalkhoudende habitats

Door het krekensysteem en de getijde-eilanden te introduceren in het getijdemeer, bestaat de mogelijkheid dat de kwaliteit van niet-kalkhoudende grijze duinen (H2130B) achteruitgaat. Er moet worden onderzocht of zich niet-kalkhoudende habitats kunnen ontwikkelen op de randen van het valmeer of energieopslagmeer. Eventueel moet elders daarvoor een compensatie worden gecreëerd.



Krekensysteem biedt veel kansen

Het krekensysteem biedt veel kansen. Zo biedt het de optie om er een vismigratierivier aan toe te voegen met een totale lengte van ongeveer 10 km. Die vismigratierivier kan worden gerealiseerd aan de zuidzijde van Stellendam. Het krekensysteem voor de Kwade Hoek kan dan flink worden uitgebreid.

Een dynamisch krekensysteem zoals voorzien in het ontwerp Van Eeden biedt zo veel kansen voor de vestiging van nieuwe potentiële habitats voor de Noordse woelmuis (H1340) en is ook gunstig voor de habitats van de kluut (A132), de bergeend (A048) en de tureluur (A162) die de schorren en zilte graslanden (H1330A) gebruiken als slaap-, rust- en foerageerplaatsen.

9.7.4 Gebruik van visvriendelijke pompturbines

Ook het gebruik van visvriendelijke pompturbines²⁵ kunnen we beschouwen als compensatie van de aanleg van het Delta21-concept. Het visvriendelijke karakter van deze turbines biedt grote mogelijkheden voor de natuur en/of de aquacultuur, voor de teelt van mosselen, zeewier, oesters, langoustines en kreeften. Bij vol gebruik en een vermogen van 2 GWe zorgen de pompturbines ervoor dat het energieopslagmeer dagelijks wordt gevuld en geledigd met ruim 400 miljoen m³ voedselrijk zeewater. Van dat voedselrijke zeewater blijft altijd minimaal 5 meter water staan in het valmeer of energieopslagmeer. Een eldorado voor vissen. Vele vissoorten zullen hier goed kunnen gedijen en kunnen paaien. Om de vissen te beschermen tegen roofvissen en vogels, kunnen zeegrasweiden, aquatische terrassen, kunstmatig riffen en kunstmatige drijvende platforms etc. worden aangelegd.

9.7.5 Maatregelen verbod en beperking bodemvisserij

Vissen in de Voordelta was eeuwenlang populair bij de lokale vissers langs de kust. Inmiddels is de visserij in hoge mate gemoderniseerd, met flinke sporen in de zeebodem als gevolg. Na de aanleg van Maasvlakte 2 werd de visserij een aantal beperkingen opgelegd.

Hoewel de totale biomassa in het bodembeschermingsgebied in de Voordelta daardoor toenam, nam de biodiversiteit juist af. Deze afname wordt toegeschreven aan de toegenomen visserijdruk, vooral die van de garnalenvisserij. Volgens enkele deskundigen kenmerken gebieden met de hoogste (garnalen) visserijactiviteit zich door meer benthische biomassa en lagere biodiversiteit, als gevolg van de exotische soort Atlantische zwaardschelp. Inmiddels zijn in het voorjaar van 2023 beleidsmaatregelen van kracht geworden om de schade door bodemvisserij te beperken. Daarop zal ook worden gehandhaafd.

9.7.6 Open verbinding tussen getijdemeer en Oostvoornse Meer



De Slikken van Voorne. Foto: Rob van der Waal

²⁵ Zie hoofdstuk 7 en paragraaf 9.7.4. Ervaring en uitgebreide praktijkproeven leert dat 100 procent van de vissen met gemak en zelfs plezier heen en weer door de pompturbines zullen bewegen.

Het Oostvoornse Meer is gevormd door zandwinning en heeft een diepte tot wel 40 meter. Oorspronkelijk was het stilstaand water en zoet. Sinds een aantal jaren wordt zout water toegelaten, waardoor het water nu brak is. Het meer is afgesloten met een zanddam aan de zeezijde (Brielse Gatdam), waar het aan de zeezijde aan de Slikken van Voorne grenst. Ook aan de oostzijde ligt een dam tussen het zoete Brielse Meer, dat een belangrijke functie heeft bij de zoetwatervoorziening.

Eén stakeholder heeft de suggestie gedaan om de verbinding tussen de Noordzee en het Oostvoornse Meer weer te herstellen en om het zo onderdeel te maken van het getijdemeer. Door het openbreken van de Brielse Gatdam zou het Oostvoornse Meer weer een getijdewerking en uitwisseling met Noordzeewater krijgen. De effecten daarvan worden als positief ingeschat voor de vogel- en trekvispopulaties en voor de samenhang tussen de vier Natura 2000-gebieden.

Er is zelfs gesuggereerd om daarnaast ook een kleine verbinding met een vispassage aan te leggen tussen het Brielse Meer en het Oostvoornse Meer, met de aantekening dat geen zout water in het Brielse Meer terecht mag komen.



Relevante habitattypen rond de Brielse Gatdam en de opening

Deze optie biedt zeker voordelen voor een aantal habitats en soorten door de invoering van de getijdedynamiek en de verbinding met het zoetwaterbekken, maar er is nog onvoldoende zicht op de voor- en de nadelen. Die moeten nog goed tegen elkaar worden afgewogen.

9.7.7 Integratie vier Natura 2000-gebieden met valmeer

Door de aanleg van de Haringvlietsluizen (1970) is de brakwaterbiotoop in het Haringvliet verdwenen. Met het zogenoemde kierbesluit²⁶ heeft men geprobeerd die biotoop enigszins te herstellen. Maar dat proces verloopt traag en moeizaam.

Ook in het noordelijk deel van de Voordelta bij het Haringvliet en de Brouwersdam gaat de biodiversiteit achteruit. Het beheer van de vier Natura 2000-gebieden is versnipperd. Volgens enkele deskundigen wordt te weinig gewerkt aan een integrale aanpak.

Ook de meeste habitats in de duinen van Goeree en de Kwade Hoek gaan achteruit en zijn in slechte staat. Dat geldt vooral voor de kalkrijke habitats. Daarom zijn de kerndoelen voor het beheer in beide gebieden gericht op het in stand houden van die kalkrijke habitats door de herintroductie van natuurlijke zandverstuiving in witte duinen (H2120) en embryonale verschuivende duinen (H2110), het behoud en herstel van kalkhoudend duin (H2190B) en het

²⁶ Zie: <https://www.zwdelta.nl/projecten/kierbesluit-haringvliet/>

behoud van vochtige duinvalleien (H2190), waardoor soorten als de lepelaar (A034), de Noordse woelmuis (H1340) en de nauwe korfslak (H1014) behouden blijven.

Met de aanleg van het Delta21-concept kan het beheer van de vier Natura 2000-gebieden verder worden geïntegreerd en gecombineerd met de inrichting van het getijdemeer, het valmeer en eventueel het Brielse Meer. Voor zo'n actieve inrichting moet bij de aanleg en het onderhoud voldoende budget worden gealloceerd en beschikbaar worden gesteld aan de beheerder(s) om de doelstellingen van een zichzelf versterkende en robuuste biodiversiteit in het hele gebied op gang te brengen.

9.7.8 Inrichting getijdemeer en een aquatisch nationaal park

Met de inrichting van het getijdemeer ontstaan mooie compensatiemogelijkheden voor de aanleg van het energieopslagmeer of valmeer.

Meer rust in het getijdemeer

In het getijdemeer zal de golfkracht verder afnemen. Daardoor zal ook het zandtransport minder worden. De opening naar het getijdemeer zal altijd open blijven staan. Door de werking van het getij zal een zeker zandtransport in en naast de scheepvaartgeul blijven bestaan. Hoe dan ook, er komt meer rust in het getijdemeer. De waterkwaliteit zal niet verslechteren ten opzichte van de huidige situatie. Wel is de verwachting dat het zeewater in het getijdemeer minder zout wordt en een betere overgang biedt voor de vismigratie en de biotopen. Als het kierbesluit een andere inhoud krijgt en daarmee de kier in de Haringvlietsluizen anders wordt – breder of minder breed – zal dat ook een effect hebben op het zoutgehalte in het getijdemeer.

Omdat de golfwerking en de stroming minder worden, zal dat in het getijdemeer leiden tot een lagere troebelheid en verminderde sedimentatie. Daardoor zal de ontworteling van de onderwaterflora verminderen. Zo ontstaan goede omstandigheden voor zeegrasweiden.

Ontwikkeling aanslibbing

Het zoute water dat met vloed binnenkomt en het zoete water dat via de Haringvlietsluizen wordt aangevoerd, bevat altijd slib. Dat heeft de neiging om te bezinken, bij voorkeur in rustige wateren en diepere geulen. Om aanslibbing van de stranden te minimaliseren, kunnen maatregelen overwogen worden om het slib naar diepere delen te leiden en die putten of geulen eens per tien of twintig jaar weer op diepte te baggeren. Als het slib voldoende schoon is, kan het uitgebaggerde slib worden benut voor diverse doeleinden.



Impuls aan biodiversiteit

Bij een deel van de ondiepe zandbanken, waaronder de Hinderplaat, kan een complex aan geulen en kreken met een natuurgerichte landaanwinning worden ingericht, met de Markerwadden als voorbeeld.

Bij de inrichting van het getijdemeer dienen de Marker Wadden als voorbeeld.

Daarmee wordt een brede impuls gegeven aan de biodiversiteit. Dat geldt ook voor het tweede door Van Eeden voorgestelde krekengebied bij de Kwade Hoek.

Aquatisch nationaal park

Overwogen kan worden om het getijdemeer te integreren met de vier bestaande Natura 2000-gebieden. Om een deel of het geheel een aquatisch nationaal brakwater park te maken met een internationale allure. Daarvan kan ook de elders beschreven vismigratierivier deel uitmaken.

9.7.9 Aquacultuur in het energieopslagmeer als interessante bijvangst

Hierboven hebben we aangegeven hoe de inrichting van het getijdemeer een compenserend effect kan hebben op de aanleg van het Delta21-concept. Ook de inrichting van het valmeer of energieopslagmeer kan zo'n zelfde effect hebben. Dat werken we uit in hoofdstuk 9. Als afsluiting van dit hoofdstuk bezien we hoe aquacultuur in het valmeer of energieopslagmeer een interessante bijvangst kan zijn in het totaal van compenserende maatregelen.

Het energieopslagmeer bevat ongeveer 1.300 miljoen m³ zeewater. Iedere dag wordt ruim 400 miljoen m³ voedselrijk zeewater uitgewisseld met de Noordzee. De waterstand in het meer varieert van NAP -3 meter tot NAP -28 meter. Er staat altijd 1 tot 5 meter water in het bassin.

In het volgende hoofdstuk zien we hoe het energieopslagmeer ecologisch aantrekkelijk gemaakt kan worden. Daarnaast liggen er kansen voor aquacultuur die binnen deze kaders passen. Vanuit ecologisch standpunt lijkt de teelt van zeewier, mosselen en oesters het meest geschikt. Ook zijn er aquacultuurdeskundigen die goede mogelijkheden zien voor de kweek van bijvoorbeeld langoustines, kreeften en zelfs vissen. Deze economische activiteiten passen binnen de ecologische kaders en bieden een meerwaarde als het gaat om de exploitatie van het valmeer of energieopslagmeer.



Experts van Seaweed Harvest Holland, de Nederlandse Oestervereniging, de PO Mosselcultuur en studenten van de Wageningen University zien kansen voor aquacultuur. De inbedding ervan in het energieopslagmeer of valmeer zou als secundair voordeel hebben dat daarmee de Waddenzee en de Oosterschelde worden ontlast.

Om de multifunctionaliteit van het energieopslagmeer of valmeer te versterken, is geopperd om een zogenoemd 'integrated multitrophic aquaculture system (IMTA) toe te passen, met mogelijk positieve consequenties voor het natuurbeheer. Een duurzame toepassing van een IMTA-vorm kan leiden tot hogere natuurwaarde in het gebied.

10. Natuurvriendelijke aanleg en inrichting energieopslagmeer

In dit hoofdstuk doen we suggesties hoe we het energieopslagmeer of valmeer zodanig kunnen inrichten, dat de biodiversiteit daar hersteld en versterkt kan worden.

In hoofdstuk 9 hebben we beschreven hoe we met de aanleg van het getijdemeer kunnen bijdragen aan het vergroten van de biodiversiteit en het versterken van verschillende habitats in het bewuste gebied. Ook met de aanleg van het valmeer of energieopslagmeer kunnen we een belangrijke bijdrage leveren aan de vergroting van de biodiversiteit. Van Eeden (2021), andere studenten en ook sponsors van Delta21 hebben daartoe een aantal boeiende voorstellen gedaan die in dit hoofdstuk aan de orde komen.²⁷

Zoals we elders al hebben aangegeven zal de aanleg van het Delta21-concept een impact hebben op de permanent overstroomde zandbanken (H1110), verdeeld over de getijdezones (H1110A) en de Noordzeekustzone (H1110B).

Van Eeden stelt voor om het valmeer of energieopslagmeer te positioneren in het diepere westelijke deel van de Voordelta en om in het meer een aantal faciliteiten te realiseren die de biodiversiteit een impuls kunnen geven. Ook kan gedacht worden aan de inrichting van de nieuwe duinen rond het energieopslagmeer als compensatie van de aanleg van het Delta21-concept. Door brekende golven krijgen die nieuwe duinen meer zoutspray over zich heen. Dat biedt mogelijkheden voor ziltminnende planten. Ook de inrichting van het meer zelf biedt veel kansen.

10.1 Biogene riffen

Nederland heeft ervoor gekozen om het Europese habitatype H1170 (de biogene riffen onder water) gedeeltelijk onder habitatype H1110 te plaatsen: de permanent overstroomde zandbanken. Voor de riffen is dus niet een aparte habitat gedefinieerd. De habitat kan worden onderverdeeld in een hoog dynamisch deel boven de zandbanken en een laag dynamisch deel in de diepere wateren. De dynamiek wordt veroorzaakt door golfwerking en zeewaterstroming, die weer veroorzaakt worden door getijdenbewegingen, wind en grotere zeestromingen.

Het zoutgehalte in dit leefgebied varieert van gematigd brak tot zout – 10 tot 19 gram chloor per liter – hoewel er soms een grote variatie is. Het leefgebied kan worden verdeeld in twee subtypen: H1110A voor de getijdezone en subtype H1110B voor de Noordzeekustzone. In het gebied waar we het Delta21-concept willen positioneren, zijn beide subtypes aanwezig. Subtype H1110B domineert: de Noordzeekustzone. De nutriëntenbeschikbaarheid in subtype A (de getijdezone, zwak eutroof) is iets lager dan in subtype B (de Noordzeekustzone, eutrofe nutriëntenbeschikbaarheid, dus minder variatie in nutriëntenbeschikbaarheid).

Subtype A (de getijdezone) herbergt ook enkele harde structuren – hetzij geogeen of biogeen van oorsprong – die beschutting bieden aan een ander niveau van biodiversiteit dan het omringende zachte substraat.

Voordelta als beschermd gebied

De Voordelta is beschermd onder de Nederlandse Natuurbeschermingswet met de Habitatrichtlijn en Vogelrichtlijn van de Europese Raad. In het algemeen zijn de Natura 2000-gebieden gebonden aan de Habitatrichtlijn. Volgens artikel 6, lid 1 van deze richtlijn moet men maatregelen nemen

²⁷ Zie Van Eeden (2021), bijlage 1 en bijlage 2.

om de habitats en soorten waarvoor het gebied oorspronkelijk is aangewezen, in stand te houden en te herstellen.

Aangezien de aanleg van het Delta21-concept een deel van het leefgebied binnen de H1110B-habitat (de Noordzeekustzone) vervangt door een andere habitat en aangezien we daarmee de oorspronkelijke habitat dus ten dele aantasten, zijn behalve een goede motivatie met een overtuigende rapportage vooral compenserende maatregelen nodig, om zo minimaal de kwaliteit en de algehele samenhang van het Natura 2000-netwerk te waarborgen.

Zeven Habitat Directive Species

De Habitatrichtlijn heeft tot doel meer dan duizend soorten te beschermen. Deze worden de Habitat Directive Species genoemd. Het gaat dan om zoogdieren, reptielen, amfibieën, ongewervelde vissen en planten en 230 karakteristieke habitattypen. Met de bescherming van deze soorten wil men ervoor zorgen dat zij binnen de Europese Unie in een gunstige staat van instandhouding worden gehouden of hersteld. De Habitatrichtlijn wil niet alleen de verdere achteruitgang of verdwijning van deze soorten en habitats een halt toeroepen, maar ook ervoor zorgen dat ze zich op de lange termijn kunnen herstellen en bloeien. Voor de Voordelta, zijn zeven soorten toegewezen als Habitat Directive Species (HDS): vier vissoorten en drie zoogdieren.

<i>Wetenschappelijke naam</i>	<i>Naam</i>	<i>bedreigd</i>
Petromyzon marinus	Zeeprik	Nee
Lampetra fluviatilis	Europese rivierprik	Nee
Alosa alosa	Allis left	Nee
Alosa fallax	Twaite elft	Ja
Phocoena phocoena	Bruinvis	Ja
Halichoerus grypus	Grijze zeehond	Ja
Phoca vitulina	Gewone zeehond	Ja

Daarnaast is er ook een lijst van vogels beschikbaar.²⁸ Alle vogels in de oorspronkelijke lijst zijn belangrijk voor de Voordelta. Maar de visetende, wormetende en schelpdieretende vogels zijn voor dit gebied extra belangrijk om de natuurversterkende maatregelen (Nature Enhancing Designs) te bepalen. De aanleg van het valmeer of energieopslagmeer heeft niet alleen een impact op de soorten die geregeld zijn in de Habitatrichtlijn en de Vogelrichtlijn, maar heeft ook invloed op de benthische biodiversiteit.

10.2 Substraten

In de Voordelta zijn momenteel weinig of geen zuivere harde substraattypen voor mariene habitats. Natuurlijk hard substraat is zeldzaam nabij de kust. Wel zijn er mogelijk kunstmatige substraten bij de kustverdedigingen. Deze kunnen alleen onderdeel vormen van Natura 2000 wanneer ze natuurlijker zijn geworden door bijvoorbeeld de vorming van een natuurlijk substraat. De zandige habitats in de Nederlandse Natura 2000-gebieden bevatten vaak wel kleine elementen hard substraat, maar deze zijn niet essentieel voor de zanderige leefgebieden.

De zanderige leefgebieden van de permanent overstroomde zandbanken (H1110) zijn in Nederland te vinden aan de kust en verder op zee. De habitattypen H1110A (getijdzone) en

²⁸ Zie: <https://www.natura2000.nl/beschermde-natuur/vogelrichtlijnsoorten>

H1110B (Noordzeekustzone) zijn echter uitstekende kandidaten voor een kansrijke ontwikkeling van harde substraten in het energieopslagmeer. Er is daarvoor voldoende ruimte op de zanderige ondergrond naast de hardere plaatselijke oeverbeschermingen van grind en steen.

Elders op de wereld experimenteert men soms succesvol met natuurlijke vormen van kust-, bodem- en oeverbescherming. Denk aan oesterriffen, zeegrassen en mangrove. Die bescherming wordt vaak geïnitieerd door de plaatsing van kunstmatige riffen, zoals we hierna in de paragrafen 10.4 en 10.5 beschrijven. Het effect van harde substraten is het sterkst nabij de kust, omdat het harde substraat in dit gebied in de eutrofe laag zit.²⁹

Kunstmatige riffen bieden kansen voor verscheidene organismen. Maar het habitat van het harde substraat is als leefomgeving momenteel in de Voordelta nog nauwelijks aanwezig. Deze habitat kan wel een aantrekkelijke schuilplaats bieden aan nieuwe soorten.

10.3 Benthische biodiversiteit

Met de benthische biodiversiteit bedoelen we leven op en rond de zeebodem. Hoewel de benthische biodiversiteit niet direct is opgenomen in de Natura 2000-instandhoudingsdoelstellingen, vormen ze wel een belangrijke schakel in het ecosysteem: bepaalde vissen en vogels, doelsoorten in Natura 2000, voeden zich ermee.

Met een afname of toename van het benthos zal de hoeveelheid energie die deze soorten tijdens het foerageren verbruiken, af- of toenemen. Daardoor neemt ook de populatiedruk af- of toe.



Benthosdiversiteit in de Voordelta

<i>Wetenschappelijke naam</i>	<i>Gemeenschappelijke naam</i>	<i>Gem. dikte [n/m²]</i>
Spisula subtruncata	Snee door schelp	1869.8
Limecola balthica	Baltisch macoma	63.7
Ophiura ophiura	Slangster	11.3
Fabulina fantastisch	Boonachtige tellin	10.6
Ensis	Scheermes mosselen	3.9
Donax vittatus	Gestreepte wigschelp	3.4
Abra alba	Witte dunschaal	1.1
Actinaria	Zeeanemoon	0,8
Lutraria lutraria	Otterschelp	0,8
Liocarcinus holsatus	Vliegenkrab	0,5
Tritia reticulata	Gesaldeerd hondwulk	0.3

²⁹ Zie ook: [How oysters can stop a flood - YouTube](#)

Gebieden met een relatief hoge biodiversiteit van algemeen benthos zouden wel verstoord worden door de aanleg van het energieopslagmeer. Ook met compensatiemaatregelen moet rekening worden gehouden met het mogelijke verlies van deze diversiteit.

10.4 Voorgestelde Nature Enhancing Designs (NED's)

Om de biodiversiteit in het valmeer of energieopslagmeer te versterken, stellen we een aantal natuurverbeteringsontwerpen of Nature Enhancing Designs voor. De ingrepen hebben tot doel om de langetermijnbiodiversiteit te versterken. Het is daarbij belangrijk om waakzaam te zijn tegen vormen van greenwashing.

Ondanks de goede bedoelingen van de wet zijn er ook onduidelijkheden die de kansen op een grotere biodiversiteit kunnen belemmeren. Zo geldt voor de monding van het Haringvliet, dat het honderden jaren lang een open brak voedselrijk estuarium was met veel zeegras, waardoor de biodiversiteit van nature al groot was, maar dan wel met andere habitatvormen dan nu.

Ook geldt dat bij niets doen – alleen de wet- en regelgeving nauwgezet volgen – de monding van het Haringvliet volledig verandert in een weinig biodiverse zand- en slibvlakte. En toch is ingrijpen volgens de Nederlandse interpretatie van de Europese wet formeel niet toegestaan in dit Natura 2000-gebied. Zonder ingrijpen wordt de monding echter minder biodivers dan ooit tevoren. Strikt genomen is de Nederlandse interpretatie van de Europese wet dus niet in het belang van de overall biodiversiteit in de monding van het Haringvliet..

Opnieuw introduceren van hard substraat

De huidige bodem bestaat vooral uit een zacht substraat, die volgens sommigen mede het gevolg is van de bodemvisserij. Deze bodem had van nature een deels harde ondergrond in de vorm van stenen, achtergelaten tijdens de laatste ijstijd, maar ook in de vorm van oesterbanken.

Het weer introduceren van hard substraat lijkt daarom een zinvol initiatief om met succes de natuurlijke kwaliteit van het zeegebied te herstellen. Ook blijkt uit ervaringen elders dat oesterriffen een gunstige interactie kunnen hebben met zeegras voor het ecologisch herstel. Door die interactie wordt het herstel van oesterriffen en van zeegras juist groter, wanneer ze samen worden uitgevoerd.

Het effect van de Nature Enhancing Designs wordt echter in dit voorstel gemeten op basis van de directe en/of indirecte effecten op de huidige stand van de Habitat Directive Species en van een selectie van belangrijke relevante vogelsoorten.

Op advies van de onderzoekers stellen we daarom voor om serieus te overwegen om de volgende soorten natuurverbeteringsontwerpen in het plan te realiseren:

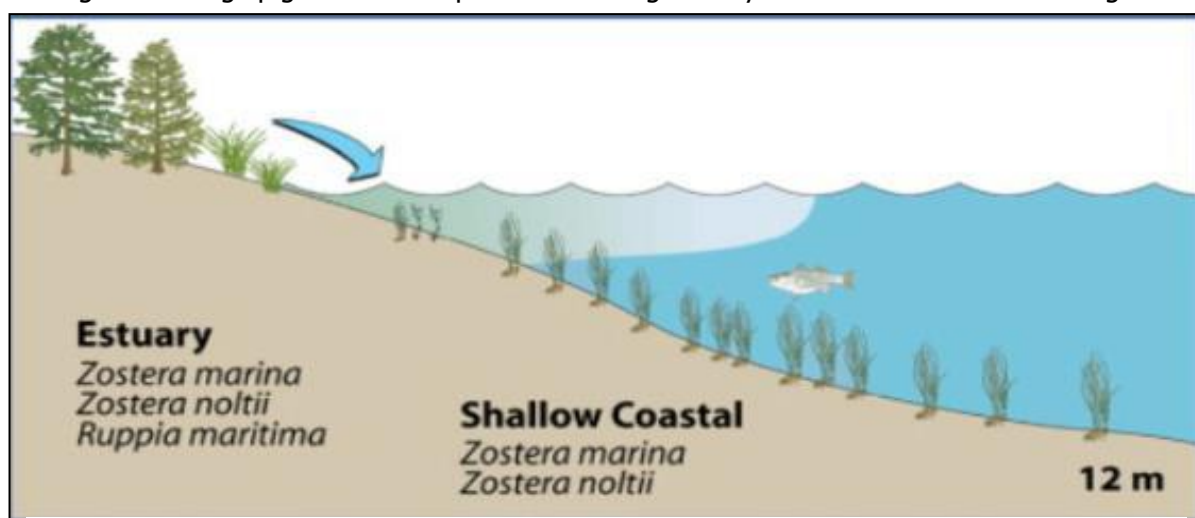
- herstel van zeegrasweiden;
- een vismigratierivier;
- de aanleg van aquatische terrassen;
- kunstmatig drijvende platforms met begroeiing;
- idem zonder begroeiing;
- kunstmatige riffen onder water.

Hoewel de doelstelling van Natura 2000 is om de huidige habitatsoorten in stand te houden, is het onze ambitie om het Delta21-project te benutten om de biodiversiteit zo breed mogelijk te versterken. De natuurverbeteringsontwerpen in dit hoofdstuk zijn een middel om dat doel te bereiken, zowel in de Voordelta als in de andere drie Natura 2000-gebieden. Zo mogelijk met positieve effecten buiten die gebieden.

10.4.1 Zeegras lijkt kansrijk en heel nuttig

We stellen voor om zeegras toe te passen op de bodem van het valmeer of energieopslagmeer. Ook op de terrassen op de hellingen rondom het meer. In beide gevallen zal het zeegras altijd onder water blijven. Zowel de soort *Zostera marina* als de soort *Zostera noltii* hebben aangetoond dat ze het zoutgehalte in de zee kunnen verdragen. De meeste zeegrassoorten kunnen het zoutgehalte overleven, maar de productiecapaciteit van nieuw zeegras is beperkt. *Zostera noltii* zou moeten worden toegepast op de bovenste en middenterras. *Zostera marina* zou op de diepere locaties kunnen worden toegepast.

Aangezien het energieopslagmeer of valmeer zich waarschijnlijk overdag zal vullen en 's nachts leeg zal raken, zou dit gedurende de dag voor voldoende zonbestraling zorgen. 's Nachts treedt een lage bestraling op gedurende de perioden met lage fotosynthetische activiteit voor zeegrassen.



Habitatverdeling van zeegras

10.4.2 Vismigratierivier



Zoals in paragraaf 9.7.2 al is besproken, beoogt een vismigratierivier naast de Haringvlietdam de migratie van de trekvis naar de Rijn en de Maas weer voor een groot deel te herstellen. Studenten hebben verschillende locaties bestudeerd en diverse ontwerpen gemaakt.³⁰

³⁰ Zie bijlage 2.

De vismigratieroute is bedoeld om de Haringvlietsluizen makkelijker te passeren. Bij de aanleg van die route zal er sprake zijn van een geleidelijk verlopende zoutgradiënt en dus voor verschillende zoutgehaltenes van het water. Die verschillende zoutgehaltenes moeten geschikt zijn voor een breder scala aan zeegrassen. In combinatie met de vismigratierivier kunnen deze zeegrassen voorzien in een betere schuilplaats en foerageerruimte voor de trekvissen. Daarmee zal het succes van de vismigratieroute worden vergroot.

Er zijn diverse hersteltechnieken voor het herstellen of het introduceren van zeegrasweiden. Zo kunnen zaden en stekken direct worden geplant. Of ze groeien eerst op een donorplaats en worden later verplant in het doelgebied.

10.4.3 Terrassen langs de rand van het meer

Aan de binnenrand van het energieopslagmeer of valmeer is een talud voorzien van 1:20. Daarop is de aanleg van een terrasvormige structuur mogelijk. Deze terrassen zullen tijdens het ledigen van het energieopslagmeer en bij een lager waterpeil het zeewater vasthouden en de reservoirs daarmee vullen tot het meer weer wordt gevuld. De permanente voedselrijke wateraanvoer kan eventueel worden benut om bepaalde vormen van aquacultuur te bedrijven, zoals schaaldieren, zeewier en andere zeedieren. Die verminderen daarmee ook de variabiliteit van de abiotische factoren.

Doel van terrassen

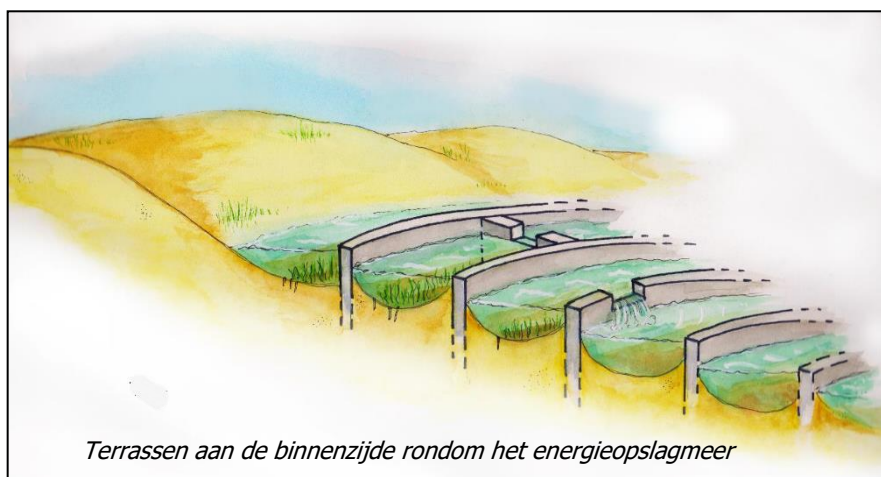
Natuurlijk lenen de terrassen zich goed voor aquacultuur, maar het primaire doel ervan kan zijn om de huidige functie van de zandbanken te versterken, uit te breiden en deze te herscheppen. Het is daarbij gunstiger om brede terrassen te creëren, omdat hiermee de variëteit aan waterdieptes toeneemt. Ook kunnen zich, met wellicht enige inspanning en maatregelen, riffen en zeegrasplekken ontwikkelen. Het idee is om vier of vijf trappen van een aantal meters hoog te bouwen aan zowel de west- als zuidkant van het meer. De te bouwen compartimenten moeten zo lang mogelijk zijn, bij voorkeur meer dan 200 meter.



Plaatsing van terrassen

Ook biedt het voorgestelde formaat van de terrassen voor de diverse vissoorten betere kansen om te overleven. Vanwege de taludhelling aan de kant van het meer van slechts 5 procent, zou elk terras ongeveer 100 meter breed kunnen zijn, voor een totaal van ongeveer 500 meter terras (oevermeer), waarvan het hoogste overgaat in een zandstrand.

De waterdiepte in de compartimenten kan enkele meters bedragen met daaronder een zanderige ondergrond. Een zekere variatie in diepte en hoogte is gunstig voor de biodiversiteit. Door ondiepere zandgebieden aan de randen te creëren, kunnen we zelfs foerageerplekken voor wadvogels toevoegen.



Terrassen aan de binnenzijde rondom het energieopslagmeer

Een continue stroom van vers zeewater moet voorkomen dat het water lang stilstaat in de compartimenten. Het in stand houden van de debieten vergt ook een dagelijks beheer van de terrassen.

Verder bieden de terrassen kansen voor de groei van diverse soorten planten en dieren en voor een

verscheidenheid aan leefgebieden en niches, die nu nog niet in het gebied voorkomen en ook nog niet expliciet in het plan zijn opgenomen.

10.4.4 Drijvende platformen met begroeiing in het energieopslagmeer

Deze toepassing is vooral veelbelovend voor het valmeer of energieopslagmeer, maar zou ook in het getijdemeer kunnen worden toegepast. Primair zien we deze drijvende platformen het liefst gesitueerd in het valmeer of energieopslagmeer, omdat het getijdemeer door zijn ligging en inrichting al veel meer natuurlijke kansen biedt voor ontwikkeling van de plantengroei aan de kustlijn.

Het energieopslagmeer wordt ververst met ruim 30 miljoen m³ voedselrijk zeewater per uur. De waterdiepte zal kunnen variëren van 5 meter tot 30 meter. Een dergelijk meer biedt volop kansen voor natuurontwikkeling met positieve effecten die tot ver buiten het gebied merkbaar kunnen zijn.

We stellen voor om in het energieopslagmeer een serie drijvende platformen, drijvende rietbedden of kunstmatig drijvende eilanden of drijvende wetlands aan te leggen, om zo kansen te scheppen voor nieuwe habitats en vele vormen van flora en fauna, voor vogels en voor vissen. Wereldwijd zijn er verschillende soorten van dit soort platformen. Ze verschillen onderling qua uiterlijk, maar hebben dezelfde functie: het zijn kleine of grotere kunstmatige platformen.



Illustratie van een ontwerp voor een drijvend platform

Voor dit grote zoutwatermeer met geringe golfslag en met elke dag zo veel vers zeewater lijkt dit concept een zeer kansrijke en veelbelovende oplossing voor diverse soorten waterplanten, die verkieszen om hun wortelstelsel ondergedompeld te hebben. Met andere organismen creëren ze kleine habitats, die ook voor andere organismen belangrijk kunnen zijn. Drijvende platforms kunnen zelfs ook leeg zijn en zo broedgebieden vormen voor zeevogels.

Door de inrichting met drijvende platforms heeft het energieopslagmeer ook veel minder belemmering van de fluctuerende waterstanden. Deze kunnen als een kans worden gezien om in dit ook van nature diepe water de biodiversiteit te vergroten.

De drijvende platforms bieden minder nadelige gevolgen voor de planten die er op groeien, omdat ze niet onder water komen te staan, maar bij verschillende waterstanden toch ondergedompeelde wortels hebben. Het systeem is ook beter beschermd tegen overstromingen en droogte, omdat de platforms drijven op het water zelf. Deze oplossing lijkt een kans te bieden voor het creëren van een divers plantenleven in een meer met een sterk variabele waterstand.

De meeste toepassingen van drijvende platforms zijn echter in zoetwatersystemen. De marginale vijverplanten gedijen het beste onder de drijvende platformomstandigheden, zoals permanent natte wortelstelsels.

In zout water is het wel ingewikkelder om marginale planten te gebruiken, omdat planten die met hun wortels zijn ondergedompeld in zeewater nauwelijks gedijen. Er zijn planten in kwelders die een hoog zoutgehalte en dagelijkse overstromingen door zeewater kunnen verdragen. Denk aan plantengeslachten als cordgrasses (*Spartina*), zeekraal (*Salicornia*) en seepweeds (*Suaeda*).



*Salicornia
Europea*

Omdat het lastig is voor deze zoutwaterplanten om te gedijen met hun wortels volledig ondergedompeld in het zoute water, is het beter om in de drijvende platformen substraat aan te brengen, omdat de zaden zo beter in het zoete regenwater kunnen ontkiemen.

Er is nog weinig ervaring met planten die volledig en permanent in zout water zijn ondergedompeld en ook de substraatdiepte is per plant verschillend. Er zal dus aanvullend onderzoek nodig zijn met substraattoepassing, om zoutwaterplanten te kunnen kweken op drijvende platforms in een mariene omgeving in het Nederlandse klimaat.

10.4.5 Drijvende platformen zonder begroeiing in het energieopslagmeer

Daarnaast bieden ook drijvende platforms zonder begroeiing grote kansen voor de vogels bij het energieopslagmeer of valmeer. Lege drijvende platforms kunnen uitstekende broedplaatsen vormen voor meerdere soorten zeevogels, met als grote voordeel de beperkte toegang voor

roofdieren en voor mensen. Deze platforms moeten een minimale oppervlakte hebben van 100 m², omdat veel vogels graag fokken in kolonies.

De platformen kunnen eenvoudig worden ingericht, uitgerust met een combinatie van verschillende vormen stenen, schelpen, kiezels en grind voor de bouw van nesten en voor de camouflage van de eieren.

Op de platforms zijn extra schuilplaatsen nodig om jonge vogels de kans te geven zich te verbergen voor roofdieren en voor de elementen. Ook omheiningen aan de randen rondom het platform zijn nodig om te voorkomen dat de jonge vogels van de platforms vallen en roofdieren zich toch toegang verschaffen tot de platforms.



Drijvende lege platforms blijken succesvol.

Een nabijgelegen good practice van een drijvend platform is het Sterre-broedvogeleiland in het Haringvliet. Ook op andere locaties in Nederland wordt het concept met succes toegepast als broedplaats voor visdiefjes (*Sterna hirundo*), kokmeeuwen (*Chroicocephalus ridibundus*) en Middellandse zeemeeuwen (*Ichthyaetus melanocephalus*).



Visdiefjes broeden bij voorkeur in kolonies in stille gebieden.

Langs de kustbaaien van Maryland in de VS werden met dit soort platforms heel goede resultaten geboekt. In het energieopslagmeer of valmeer is de golfwerking gering en zijn de stroomsnelheden laag en ook de aanlegkosten van dit soort eenvoudige platforms beperkt. Deze platforms moeten wel worden verankerd, maar dat zou heel goed in combinatie kunnen met de drijvende

zonneparken. Als het energieopslagmeer een recreatieve functie krijgt, wordt geadviseerd om het platformgebied af te sluiten voor zwemmers, surfers, boten etc..

Lege drijvende platforms kunnen ideale broedplaatsen zijn voor vogels, ook al worden in de Voordelta sommige vogelsoorten niet als broedvogel beschouwd. Alle vogels hebben plekken nodig waar ze ongestoord kunnen slapen en rusten. Met de platforms kan het Delta21-concept een positief effect hebben voor een veel groter gebied dan alleen de Voordelta.

10.4.6 Kunstmatige riffen onder water

Vroeger bestond de bodem van de Noordzee voor grote delen uit harde substraten en natuurlijke riffen van onder meer mosselen, oesters en andere schelpdieren. De meeste riffen zijn, zoals beschreven, verdwenen en blijken heel lastig te herstellen in de ruwe Noordzee. Het beschermde energieopslagmeer biedt, met zo veel dagelijkse aanvoer van vers water, grote kansen voor kunstmatige riffen. Deze door de mens gecreëerde onderwaterstructuren hebben als doel om het leven in zee te bevorderen in gebieden met een over het algemeen eentonige bodem. Vrijwel elk hard substraat dat in zee is ondergedompeld, kan worden gezien als een kunstmatig rif. Maar hier ligt de focus op substraten die zijn gebouwd en ondergedompeld specifiek voor het marine leven.

Ook als het gaat om kunstmatige riffen denken we vooral aan het energieopslagmeer of valmeer. Minder aan het getijdemeer, omdat dit al van nature veel meer kansen biedt. Kunstmatige riffen worden vaak toegepast in gebieden waar (macro)algen en ongewervelde dieren zoals zeepokken, koralen en oesters zich lastig kunnen hechten.

Goed moment

Direct na de aanleg van het energieopslagmeer of valmeer zal de bodem daarvan zanderig zijn. Het goede moment om harde substraten te plaatsen. Uit ervaringen elders bleek dat al vrij snel na de aanleg een sterke toename van de biodiversiteit te zien was door de plaatsing van harde substraten. In sommige gebieden domineerden vaatplanten en macroalgen, levensvormen die ook nodig zijn voor een meer levendige biodiversiteit.

Het effect van harde substraten is het sterkst nabij de kust. Daar zit het harde substraat in de eutrofe laag. Onderzoek heeft aangetoond dat zowel de hoeveelheid als de variabiliteit van soorten het hoogste is bij het harde substraat.

Meerwaarde harde substraten

Ervaring elders leert ook dat geheel ondergedompelde harde objecten een twee tot drie keer hoger aantal verschillende soorten voortbrengen dan een zacht substraat. Per soort ontwikkelen zich ongeveer 25 keer meer individuen op hard substraat dan op zacht substraat. Plaatsing van kunstmatige riffen kan wel de permanent overstroomde zandbanken (H1110) beïnvloeden. Want die kunstmatige riffen creëren een habitat die vergelijkbaar is met de habitat riffen (H1170) en minder met de habitat permanent overstroomde zandbanken (H1110).

Harde substraten kunnen allerlei vormen hebben. Ze kunnen speciaal worden geproduceerd. Ook een scheepswrak is een hard substraat.



Een lage dynamische structuur met stroomsnelheden van ongeveer 0 tot 2 m/s is de meest belangrijke parameter van dit soort leefgebied. Deze habitat biedt echter ook onderdak aan andere soorten, zoals de Lithothamnion sonderi, een subtype van de rode algen, en de Galathea intermedia, een soort kreeft. Veel van deze soorten hebben echter meer heldere watercondities nodig dan die in permanent overstroomde zandbanken (H1110).

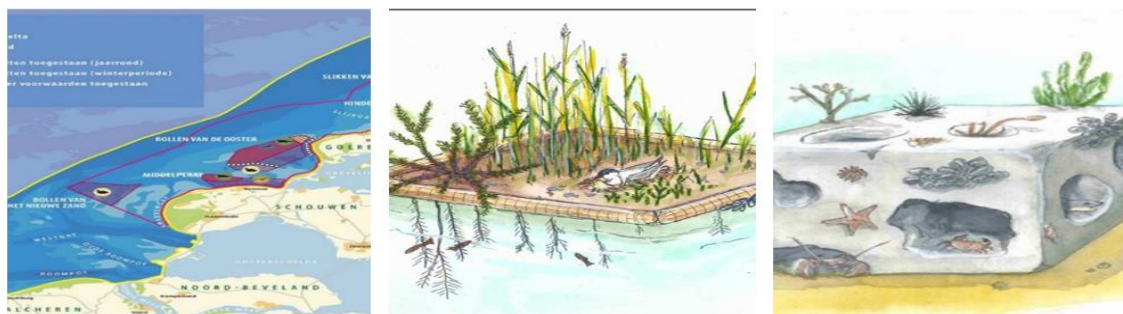
Kunstmatige riffen bieden kansen voor verscheidene organismen. Harde substraten vormen een omgeving die momenteel in de Voordelta nog nauwelijks aanwezig is. Ze vormen ook een aantrekkelijke schuilplaats voor nieuwe soorten en vergroten de biodiversiteit van het gebied. Het is echter lastig nu in te schatten welke soorten het rif precies zal aantrekken. Kunstmatige riffen liggen in een omgeving van zachte substraten. De riffen kunnen de biodiversiteit van die omringende zachte substraten vergroten. Daarmee ontstaat er een integratie van harde en zachte substraten met hun kenmerkende biodiversiteiten.

Voorkeur voor biologisch afbreekbare materialen

Er is contact geweest met deskundigen van de Universiteit van Wageningen en met bedrijven, die een expertise hebben in de productie van kunstmatige riffen voor kwetsbare kustgebieden. Sommigen hebben een voorkeur voor de toepassing van biologisch afbreekbare materialen of voor riffen gemaakt van natuurlijke materialen.

Risico: invasieve soorten

Het onder controle krijgen van invasieve soorten is een risico. Denk aan de Pacifische oester (*Crassostrea Gigas*) die de inheemse plat-Europese oester (*Ostrea edulis*) kan overtreffen, omdat ze overlappende niches hebben. Er is echter ook waargenomen dat er sprake kan zijn van co-existentie, zonder de noodzaak van nichescheiding.



10.5 Nature Enhancing Designs

Met de Nature Enhancing Designs bedoelen we de natuurversterkende ontwerpen. In deze paragraaf bekijken we welke effecten deze NED's hebben de Habitat Directive Species (HDS). En we evalueren die Habitat Directive Species per Nature Enhancing Design.

10.5.1 Effecten van de NED's op de Habitat Directive Species (HDS)

De effecten van de NED's op de Habitat Directive Species zijn vrijwel altijd indirect. Primair is het gewenst om de bestaande habitats te verbeteren. Om zo de biomassa en biodiversiteit te kunnen verbeteren.

De lijst met Habitat Directive Species bevat de volgende soorten: gewone zeehond, grijze zeehond, bruinvis, zeeprik, rivierprik, elft, twaite elft, visetende vogels, wormetende vogels en weekdieretende vogels. Het doel is vooral om de Nature Enhancing Designs te vinden die deze specifieke bedreigde diersoorten het meest zouden helpen. Hierover is uit de literatuur maar weinig kennis beschikbaar.

10.5.2 Evaluatie van HDS per NED

<i>Soorten</i>	<i>Zeegras</i>	<i>Terrassen</i>	<i>Drijvende platformen</i>	<i>Kunstmatig rif</i>
Zeeprik	+	0	0 / +*	+
Europese rivierprik	+	0	0 / +*	+
All left	+	+	0 / +*	+
Twaite left	+	+	0 / +*	+
Bruinvis	+	0	0	0
Grijs zegel	+	0	0	+
Gemeenschappelijk zegel	+	0	0	+
Visetende vogels	+	+	+	+
Wormetende vogels	0	+	+	0
Schaaldieretende vogels	+	+	+	+

+ = voor drijvende begroeide platforms met ondergedompeld wortels*

Effecten voor de zeehonden

De doelstellingen die we voor zeehonden willen realiseren, is het voorzien van rust- en broedplaatsen en het zorgen voor voldoende voedselbeschikbaarheid. Zandbanken zijn daarom belangrijk voor deze dieren. Zij kunnen er uitrusten. Dat is precies de reden waarom in het ontwerp het oostelijk deel van de Haringvlietmonding wordt ontzien.

Ook is de aanwezigheid van genoeg voedsel belangrijk. Zeehonden eten allerlei soorten vissen. Ze hebben een lichte voorkeur voor kleinere vissen en voor vissen die dicht bij de zeebodem leven. Denk aan grondel en kabeljauw. Zeegras is de perfecte kraamkamer voor vissen om te broeden. Daardoor is er ook meer voedsel beschikbaar voor de zeehonden. De toevoeging van terrassen zal weinig direct effect hebben op zeehondensoorten.

De terrassen sluiten droogvallende zandbanken uit. Ze bieden alleen aan de randen rustplaatsen, daar waar het terras overgaat in het strand. Maar om de leefruimte en de rustplaatsen van de zeehonden te vermeerderen, kunnen vrij makkelijk verbindingen worden aangelegd via het binnenduin tussen het energieopslagmeer enerzijds en het getijdemeer met de Hinderplaat anderzijds.

Effecten voor de bruinvissen

De effecten van de Nature Enhancing Designs op de bruinvis zijn vooral gericht op de voedselbeschikbaarheid. Voor de bruinvissen is zeegras alleen relevant omdat het de beschikbaarheid van voedsel vergroot. Jonge bruinvissen eten grondels. Deze verkiezen minder troebel en stromend water en hebben een voorkeur voor zeegras. Ook hier geldt dat zeegras de perfecte kraamkamer is, ideaal om de vispopulatie te stimuleren. Voor de bruinvis komt hierdoor meer voedsel beschikbaar. Ook kunstmatige riffen kunnen de beschikbaarheid van voedsel voor

de bruinvissen vergroten. De riffen bieden een 'veilige' plek voor vissoorten die op het menu van de bruinvis staan. De combinatie van kunstmatige riffen met zeegras zal daarnaast ook een minder troebele omgeving creëren.

Zeegras als kraamkamer en voedingsbodem

Zeegras zal zorgen voor kraamkamers en voedingsbodems voor vele vissoorten. Omdat zeegras een hoge primaire producent is, zal het de biodiversiteit kunnen vergroten. Naar verwachting zal het aantal vissoorten in het gebied toenemen. We noemen een aantal vissoorten die vanouds voorkomen in de Voordelta. We kijken in hoeverre de Nature Enhancing Designs in hun voordeel werken.

De volwassen prikken leven in ondiep water en zwemmen de rivier op om te paaien. Toen de Haringvlietdam werd geplaatst, nam de populatie van prikken in het gebied significant af.

Lampreien leven parasitair. Zij eten door bloed te zuigen van andere soorten. Zeegras is de perfecte schuilplaats voor de lampreien. De terrassen in het Valmeer zelf lijken minder waardevol voor deze vissoort.

Elften zijn anadrome soorten. Zij trekken stroomopwaarts de rivieren op om te paaien. Zeegras biedt voor hen een schuilplaats tegen roofdieren. Maar ook de terrassen en de kunstmatige riffen vormen een aantrekkelijk gebied voor de elften.

Visdiefjes en kokmeeuwen vinden op lege drijvende platforms zowel veilige rustplaatsen als broedplaatsen. De visdiefjes staan net als de grote stern (*Sterna sandvicensis*) als bedreigde soort op de rode lijst. Daarom is het belangrijk om meer broedplaatsen te verstrekken aan deze soorten. Drijvende platformen kunnen hierin voorzien.

Alle visetende vogels kunnen een toevluchtsoord vinden op de terrassen vanwege de aanwezigheid van vis in de terrassen en de mogelijkheid om aan de randen ervan te rusten. Ook kunstmatige riffen trekken vissen aan, wat de beschikbaarheid van voedsel voor de vogels alleen maar zal vergroten.

De Europese scholekster (*Haematopus ostralegus*) vindt op de lege drijvende platforms zowel veilige rustplaatsen als nestgelegenheid.

Wormetende vogels krijgen een betere leefomgeving wanneer de zandbanken aan de voor- en achterkant van de terrassen voldoende ondiep in het water of net boven water liggen. Die zandbanken vormen dan voor deze vogels een jacht- en rustplaats. De lege drijvende platforms kunnen voorzien ook voor hen in veilige rustplaatsen en nestgebieden.

Vogels die schelpdieren eten zullen eveneens gedijen bij de Nature Enhancing Designs in het



valmeer of energieopslagmeer. Want de zeegrassen daarin zijn een leefgebied en kraamkamer voor week- en schelpdieren zoals de strandgaper (*Mya arenaria*) of voor schaaldieren zoals de gewone heremietkreeft (*Pagurus bernhardus*).

Lege schelp van de strandgaper (Mya arenaria)

Positief effect op andere dier- en plantensoorten

De voorgestelde Nature Enhancing Designs hebben lang niet alleen invloed op de soorten die worden genoemd in de Habitatrichtlijnen van Natura 2000. Ze hebben ook impact op andere dier- en plantensoorten. Het effect dat kunstmatige riffen en zeegras hebben op de biomassa is positief. In soortgelijke leefgebieden elders is het aantal schaaldieren en weekdieren met 90 procent toegenomen, vergeleken met leefgebieden waar alleen onbegroeide zachte substraten te vinden zijn. Andere ongewervelde dieren kunnen beschutting vinden in de verzonken wortels van begroeide platforms en foerageren op de biofilm. De filtermogelijkheden van begroeide drijvende platforms kunnen de meeste organismen ten goede komen.

De voorgestelde Nature Enhancing Designs kunnen zelfstandig werken in verschillende onderdelen van het Delta21-concept. Binnen het energieopslagmeer zijn ze echter ook uitstekend te combineren. Eventueel kunnen kleinere kunstmatige riffen in het midden van het meer worden geplaatst of onder de drijvende eilanden. Binnen de Nature Enhancing Designs kunnen andere producten worden toegevoegd om de biodiversiteit verder te vergroten.

11. Wind- en zonneparken en AQUABATTERY-systemen

In dit hoofdstuk beschrijven we de kansen voor een grootschalig windpark en een drijvend zonnepark in het energieopslagmeer of valmeer. Naast waterkracht benutten we dan ook wind- en zonne-energie. Ook is er in principe ruimte voor de plaatsing van AQUABATTERY-systemen.

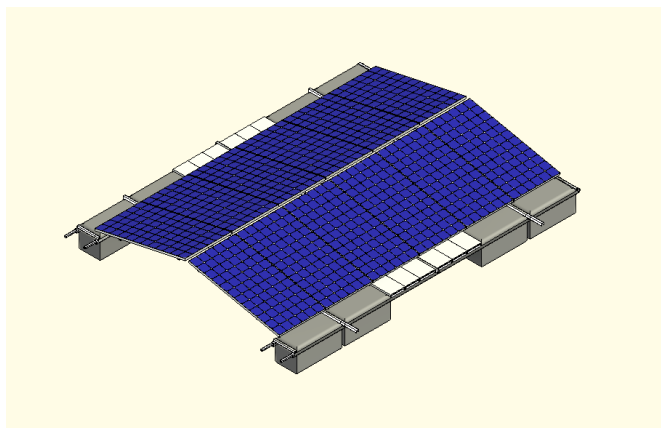
11.1 Interessante energiebijvangsten uit het Valmeer

Een wateroppervlakte van 40 km². Een meer met een waterdiepte van 5 tot 30 meter. Dat biedt faciliteiten voor grootschalige opslag in waterkracht, maar het is ook geschikt voor andere vormen van duurzame energieopwekking en -opslag. Studenten hebben een onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van een windpark met het innovatieve type windmolen, ontwikkeld door Dutch Wind Design (DWD). Dat is een windmolen die ook nearshore kan worden toegepast, die compacter van vorm is, minder storend voor de fauna en ook minder gezichtshinder oplevert.



Bron: DWD

De windmolens kunnen eventueel goed toegepast worden in combinatie met een drijvend zonnepark, volgens het concept dat GroenLeven heeft ontwikkeld. Dat concept is voor dit onderzoek aangepast voor toepassing in een gebied met een variërend waterpeil. Er moest worden gekozen voor een alternatieve verankering, een paalverankering leek daarvoor zeer geschikt.

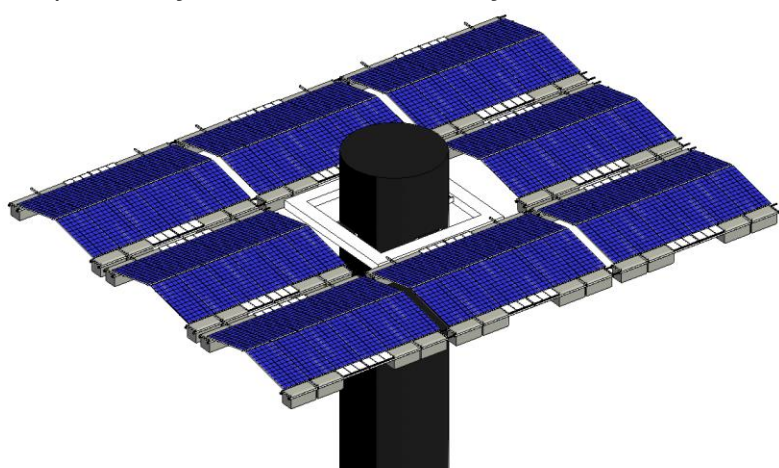


Bron: TU Delft

Voor het ontwerp van het zonnepark is uitgegaan van een conservatieve 2 MWp per ha oftewel 200 MWp per km². In één ontwerp is gerekend met een netto oppervlakte voor de zonneparken van 50 procent van de beschikbare oppervlakte, dus 20 km² met een benutting van 75 procent, wat neerkomt op een totaal van 3 GWp. In het onderzoek is uitgegaan van 1.850 zonuren per jaar en een rendement van 22 procent, waarmee de totale productie van 1,2 TWh per jaar wordt bereikt. De oplevering van deze hoeveelheid groene energie is goed voor een reductie van 2,75 megaton CO₂ per jaar.

Gravity structures

Vanwege de grote fluctuaties in het waterpeil van het energieopslagmeer zijn het type fundering van de windturbines en de afmeerconfiguratie voor de drijvende zonne-eenheden van belang. In een alternatief ontwerp is gebruikgemaakt van de windturbinetorens in de vorm van 'gravity structures' die dienen als verankeringspunten voor de drijvende zonne-eenheden. De krachten die werken op een drijvende zonne-eenheid zijn tweemaal: de windbelasting die inwerkt op de zonnepanelen en op het vrijboord van de drijvers én de golven die inwerken op het onder water gelegen deel van de drijvers.

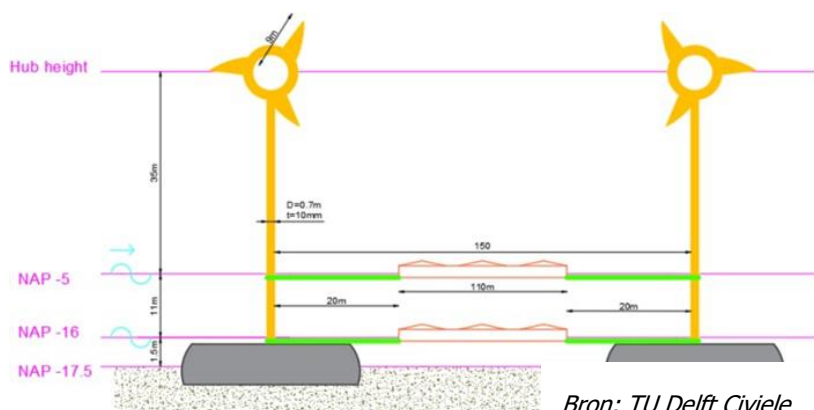


Bron: TU Delft

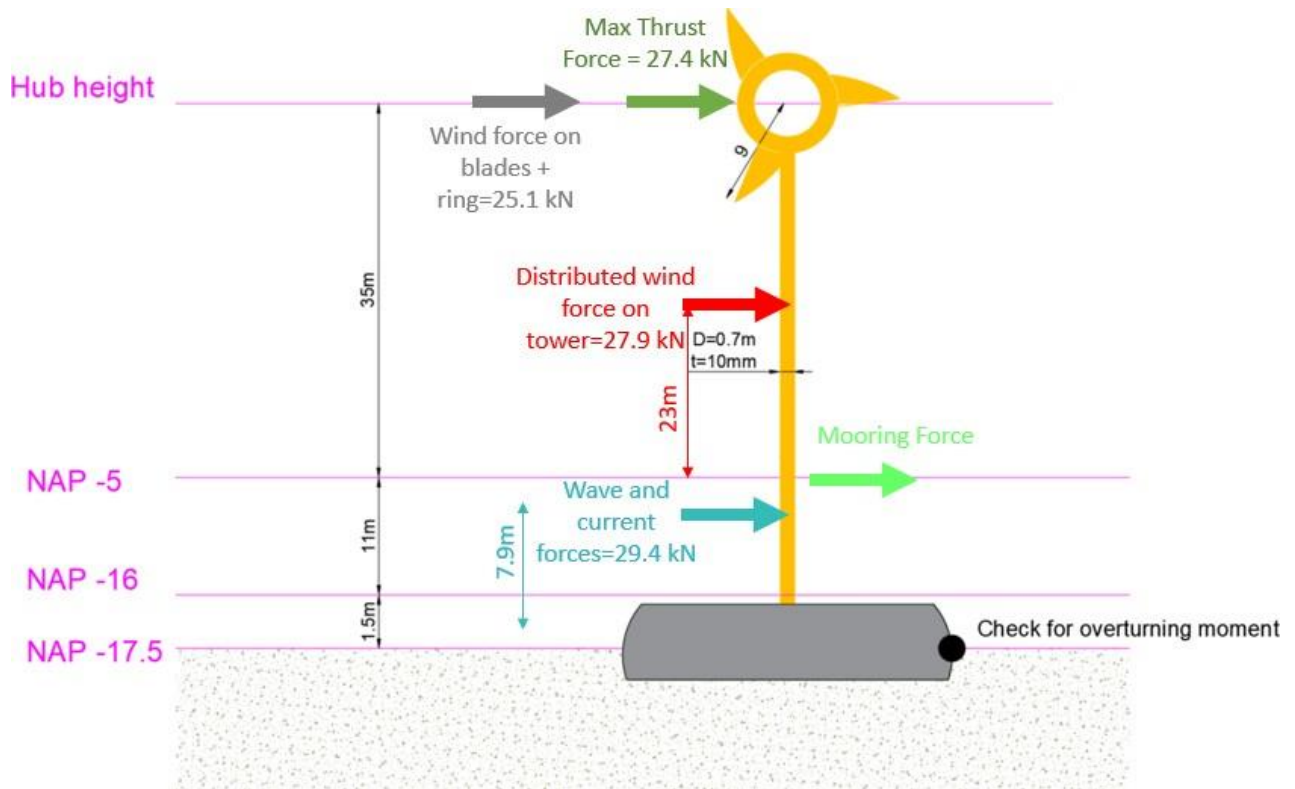
Daarvoor is ook de technologie van de drijvende zonneboot, zoals geïntroduceerd door GroenLeven én de kleinschalige windturbines, zoals ontworpen door Dutch Wind Design gebruikt.

Daarvoor is ook de technologie van de drijvende zonneboot, zoals geïntroduceerd door GroenLeven én de kleinschalige windturbines, zoals ontworpen door Dutch Wind Design gebruikt.

Er is gewerkt met eenheden van 400 zonneboten. De bijbehorende windbelastingen op de zonneboot zijn echter goed voor slechts 4,5 procent van de afmeerkracht.

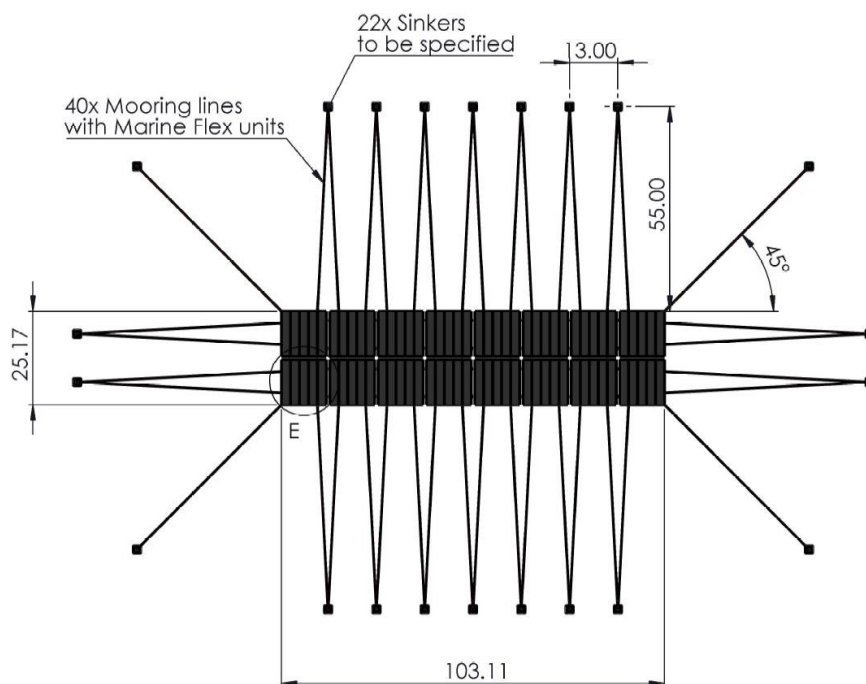


Bron: TU Delft Civiele Techniek



Bron: TU Delft Mechanical Engineering

Het zonnepark en de combinatie van een wind- en zonnepark blijken in het energieopslagmeer of valmeer goed toepasbaar en grote mogelijkheden te bieden voor een duurzame opwekking van stroom vlak bij het energieopslagmeer. Alle overtollige stroom kan meteen worden opgeslagen en weer worden benut als de stroomvraag hoog is en het aanbod onvoldoende.



Bron: TU Delft Mechanical Engineering

11.2 Opslag in AQUABATTERY-systemen

Ook met een AQUABATTERY-systeem kun je gecombineerd energie opwekken. Zo'n aquabattery is een flow battery die de elektriciteit opslaat door zout water om te zetten naar een zure en basische wateromgeving. Omdat het hoofdbestanddeel van een AQUABATTERY-systeem zout water is, is deze batterij inherent veilig in gebruik, aangezien hij niet kan ontbranden of exploderen. De effecten van lekkage zijn erg beperkt en niet schadelijk. Dit alles maakt de batterij milieuvriendelijk en kostenconcurrerend met andere EES-systemen.

Uit onderzoek bleek dat de aquabattery uitstekend past binnen het energieopslagsysteem binnen het Delta21-concept, dat water opslaat in zwaartekracht. Beide batterijen vormen een betrouwbare back-upstroombron voor de Rotterdamse haven en voor het stabiliseren van de elektriciteitsproductie van duurzame bronnen.

De AQUABATTERY-systemen maken gebruik van drijvende tanks om zout water in op te slaan met daar bovenop de powermodules waar de elektriciteitsconversie plaatsvindt. Verder is de haalbaarheid onderzocht van het integreren van een fotovoltaïsch zonnestelsel op de drijvende tanks, vanwege de grote oppervlakte die beschikbaar is voor multifunctioneel gebruik op zo'n eiland.

Vier drijvende tanks van elk ongeveer 1 ha bij 3 meter diep worden gekoppeld tot één drijvend eiland, waar 600 tot 800 MWh aan energie wordt opgeslagen. In totaal kunnen heel eenvoudig zo'n 300 van dergelijke eilanden met een totaal van 200 GWh in het energieopslagmeer worden geplaatst.

Het geheel van grootschalige energieopslag in waterkracht kan goed worden gecombineerd met windparken, zonneparken en AQUABATTERY-systemen in het energieopslagmeer, maar ook met andere vormen van energieopwekking zoals waterstofcentrales en kerncentrales of met ethanol-, mierenzuur- of ammoniakfabrieken. Een geheel aan opgesteld vermogen van 5 tot 10 GWe met een totale jaarproductie van 10 tot 20 TWh is goed mogelijk. Dat lijkt zowel technisch als economisch een aantrekkelijke combinatie. In bijlage 5 hebben we een aantal concrete cases opgenomen.

11.3 Datacenters in het energieopslagmeer of valmeer

Unica Datacenters werkt een casus uit om het valmeer of energieopslagmeer te benutten als locatie van één of meerdere datacenters. Datacenters hebben veel fysieke ruimte nodig en er is veel kritiek op de plaatsing ervan in landelijke gebieden. In de VS zijn al testen gedaan met plaatsing ervan in het water. Ook is daar het idee al enkele keren toegepast.

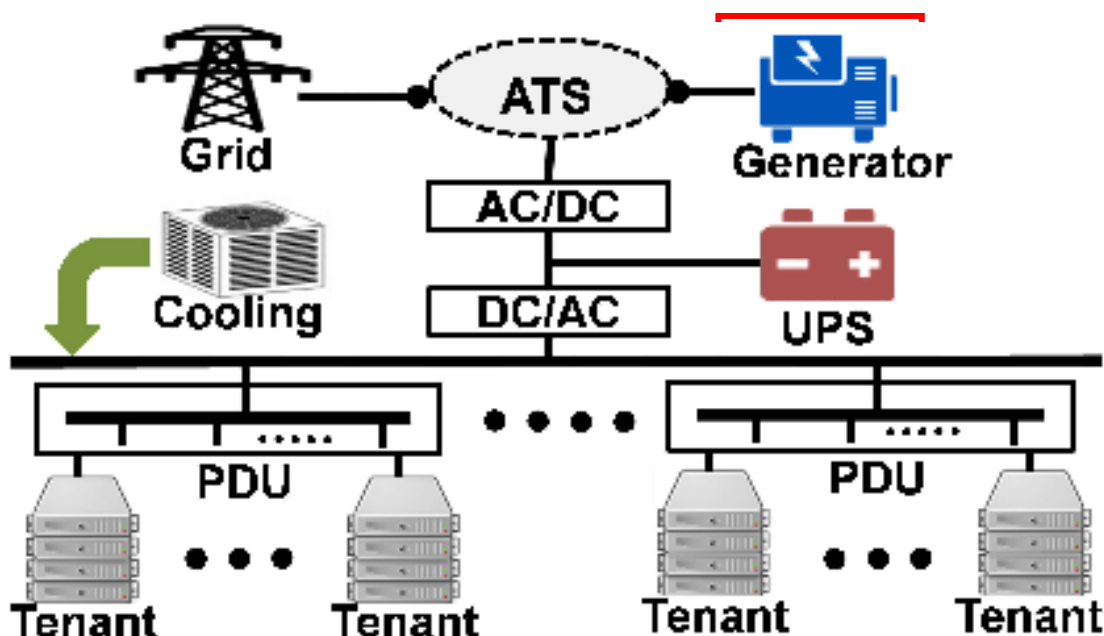
Koeling en stroomback-up

Een zeer groot deel van de investeringen in datacenters is nodig voor koelsystemen en stroomback-upsystemen en de bijbehorende gebouwen. Ook voor de operationele kosten van datacenters geldt dat een groot deel van de operationele kosten wordt veroorzaakt door dure en stroom vretende koelsystemen.

Unica Datacenters ziet kansen om ook gebruik te maken van de opslagfaciliteiten van het valmeer of energieopslagmeer. De TenneT-aansluiting is vlakbij. Stroom- en dataverbindingen naar de Maasvlakte zijn aanwezig of worden verwacht. Dat alles biedt perspectief om compacter te bouwen en gebruik te maken van de waterkoeling in het valmeer of energieopslagmeer.

Gedacht wordt aan enkele datacenters op Maasvlakte 2, naast het valmeer, maar ook wordt gedacht aan 'submerged' datacentra in het valmeer zelf. Unica Datacenters werkt een casus hiervoor uit.

De kritieke systemen zijn redundant uitgevoerd om uitval te minimaliseren. Schematisch weergegeven ziet dit er zo uit:



Bron: *A Market Approach for Handling Power Emergencies in Multi-Tenant Data Center 10.1109/HPCA.2016.7446084*

Pompturbines in plaats van dieselgeneratoren

De elektrotechnische installaties van datacenters zijn redundant door noodstroomvoorzieningen. In het ontwerp van datacenters nabij het Delta21-concept kunnen dieselgeneratoren en brandstofopslagtanks worden vervangen door pompturbines. De pumped storage hydro-capaciteit van het valmeer in het Delta21-concept wordt bepaald door de oppervlakte van ongeveer 40 km² en het hoogteverschil van maximaal NAP -33 m tot minimaal NAP -3 m. De honderd pompturbines, aangedreven door water dat omlaag stroomt van de zee naar het meer, kunnen binnen enkele minuten vermogen leveren. Grote datacenters hebben een energiebehoefte van 200 MW. Noodstroomgeneratoren moeten dit vermogen kunnen leveren, ook in Nederland waar het lichtnet een gemiddelde beschikbaarheid van meer dan 99,99 procent per jaar heeft. Met een geïnstalleerd vermogen van circa 2 tot 6 GW, beschikbaar gedurende meer dan 12 uur, kan het Delta21-concept een zeer grote reductie in uitstoot van fossiele brandstoffen door noodstroomgeneratoren opleveren, zonder in te leveren op de flexibiliteit en redundantie van de noodstroomvoorziening voor industriële afnemers in de nabijheid van het Delta21-concept.³¹

In de bijlagen vindt u ook uitgewerkte cases van een zonnepark, een windpark en AQUABATTERY-systemen in het energieopslagmeer of valmeer.³²

³¹ Zie de uitgewerkte casus in bijlage 5.6.

³² Zie de bijlagen 5.3, 5.4 en 5.5.

12. Kansen voor aquacultuur in het energieopslagmeer

In dit hoofdstuk laten we zien welke traditionele en innovatieve vormen van aquacultuur een plaats kunnen vinden in het energieopslagmeer.

12.1 Voedselrijk vers zeewater

Het energieopslagmeer bevat ongeveer 1.300 miljoen m³ zeewater. Dagelijks wordt ruim 400 miljoen m³ voedselrijk zeewater uitgewisseld met de Noordzee. De waterstand varieert van NAP - 3 m tot NAP -28 m en er staat altijd minimaal 5 meter water in het bassin.

Naast het hoofddoel om ook het energieopslagmeer ecologisch aantrekkelijker te maken en de biodiversiteit te vergroten, liggen er ook kansen voor aquacultuur die binnen dat doel passen.

Kansen vanuit ecologisch perspectief



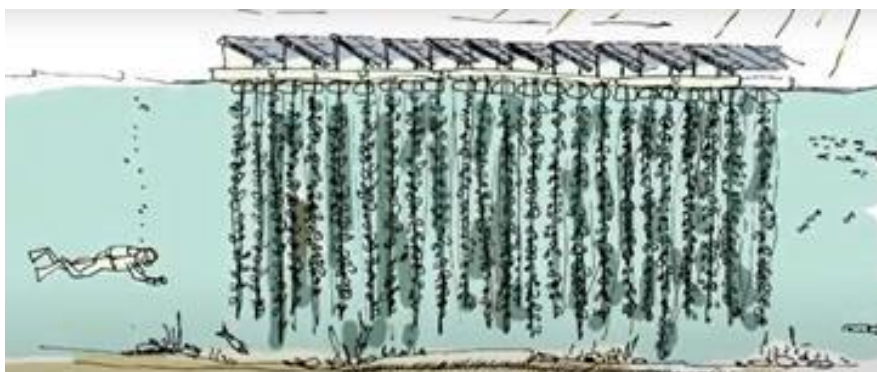
Vanuit ecologisch standpunt lijkt de teelt van zeewier, mosselen en oesters het meest geschikt. Daarnaast wordt ook gedacht aan bijvoorbeeld de kweek van langoustines en kreeften en zelfs aan de kweek van vissen. Enkele deskundigen zien viskweek wel als een riskante onderneming.

Aantrekkelijke voorwaarden

Aquacultuur staat of valt bij de zwakste schakel. Aspecten als de voedselveiligheid, de productkwaliteit, de voedselkwaliteit (nutriënten, algensamenstelling en

zwevende stof), het zoutgehalte, de temperatuurfluctuaties en de waterdiepte spelen daarbij een belangrijke rol. Kortom, er is geen garantie dat aquacultuur in de praktijk een succes zal worden in het energieopslagmeer. Maar veel omstandigheden lijken wel aantrekkelijke voorwaarden voor de aquacultuur.

Zeewier – denk aan suiker-, vinger- en knotswier – hebben zonlicht nodig om te groeien. In kwekerijen werkt men meestal met horizontale draden, zo dicht mogelijk onder het wateroppervlak. Daar zit dan de zeewier aan vast. De zeewierkweek kan zo ook een bijdrage leveren aan de snelle koolstofvastlegging.

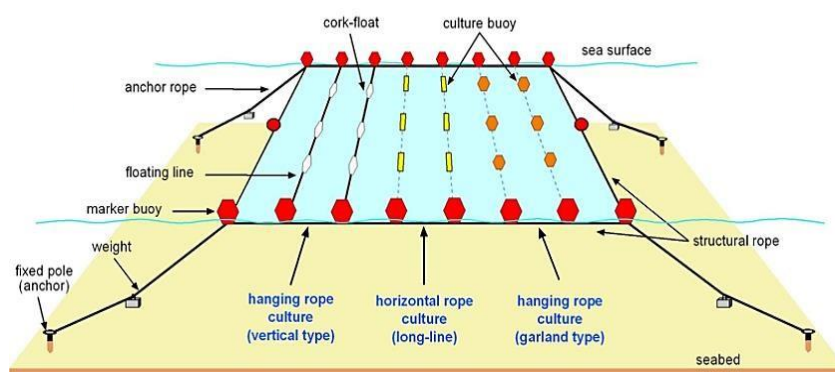


Een CO₂ deskundige heeft geadviseerd om in het plan de directe toevoeging van CO₂ uit de industrie aan het zeewater in het energieopslagmeer te overwegen. Vervolgens zal zich dat met zonlicht en andere voedselbronnen in

plankton en andere organismen omzetten. Maar van diverse zijden is hier ook voor gewaarschuwd, omdat CO₂ van invloed is op de pH. Door de CO₂ wordt het zeewater minder basis.

Verder kunnen mosselen ook wel op de bodem liggen, maar dan heb je rekening te houden met bijvoorbeeld shear stress. Ook wordt gedacht aan het oogsten van mosselzaad. Bij de hangcultures lijkt de beperkte waterdiepte van 5 meter geen probleem, omdat de mosselstrengen ook een aantal uren op de bodem zouden kunnen liggen.

Niet in de laatste plaats is de periode van de zoetwaterbelasting cruciaal voor de overleving. Dan zijn er nog meer onbekende risico's die vanuit de bedrijfskundige kant van aquacultuur zeker aandacht vereisen.



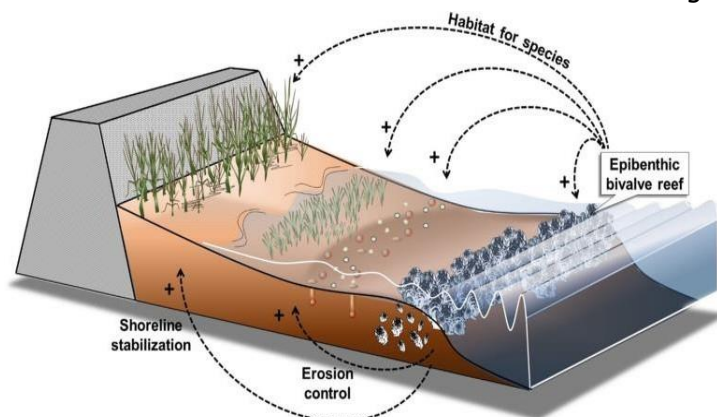
12.2 Aquacultuur in het energieopslagmeer

De kansen voor aquacultuur lijken veelbelovend. Die conclusie is te trekken uit interviews met experts van Seaweed Harvest Holland, de Nederlandse Oestervereniging, de PO Mosselcultuur en de studenten van de Wageningen Universiteit. Mits goed toegepast, kan aquacultuur zelfs de biodiversiteit verhogen. Bovendien zou aquacultuur in het energieopslagmeer de druk op de Waddenzee en de Oosterschelde doen afnemen. Dat zijn nu dé locaties waar aquacultuur wordt toegepast. Hieronder bekijken we achtereenvolgens de mogelijkheden van Integrated Multitrophic Aquaculture systems (de zogenoemde IMTA's) en van het SeaStairs-concept.

12.2.1 Integrated Multitrophic Aquaculture system (IMTA)

Om de multifunctionaliteit in het energieopslagmeer te versterken, is geopperd om een Integrated Multitrophic Aquaculture system (IMTA) toe te passen, met mogelijk positieve consequenties voor het natuurbeheer. Zo'n IMTA kan de kwaliteit van het gebied verhogen. Daarbij is gekeken naar

factoren als duurzaamheid, productiviteit, winst, natuurherstel en koolstofopslag.



Een dergelijk systeem lijkt heel interessant. Toch moeten we er niet te veel van verwachten.

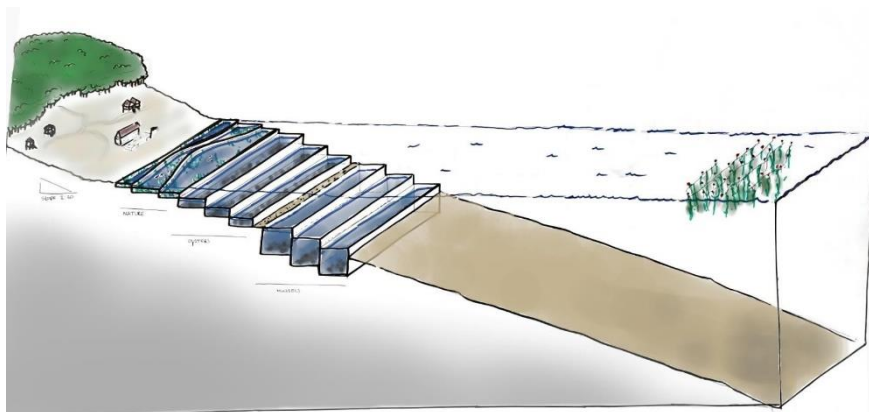
Bron: Studenten Universiteit Wageningen

Elders zijn succesvolle IMTA-systemen ontwikkeld, waaronder aquasystemen gericht op visproductie. Deze zijn elders soms zeer productief en winstgevend, maar succes is niet gegarandeerd. Mits duurzaam opgezet, kan ook de uitstoot van faeces worden benut. Het

toepassen van een beperkte vorm van vis-aquacultuur in het energieopslagmeer zou te overwegen zijn.

De kweek van zeewier, schelpdieren en bodemvoeders hebben in het algemeen wel gunstiger effecten op de omliggende omgeving. Deze planten en dieren verbeteren de water- en bodemkwaliteit en bevorderen het circuleren van nutriënten. Een duurzame toepassing van een vorm van IMTA's kan leiden tot een hogere natuurwaarde van het gebied. Daarmee is het mogelijk om meerdere soorten en trofische niveaus te kweken, waaronder polychaeten of andere soorten.

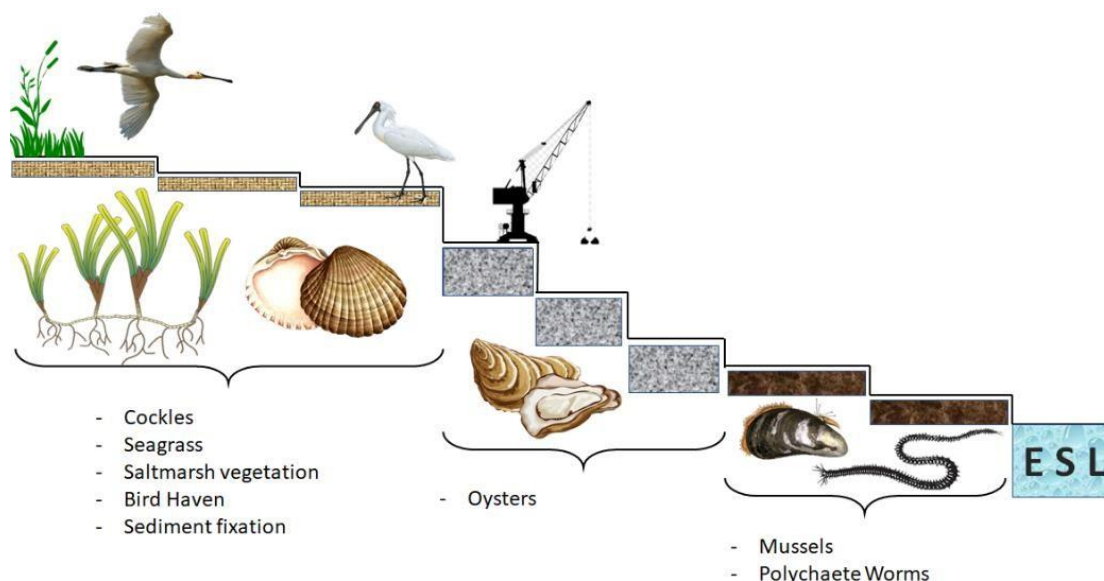
12.2.2 SeaStairs-concept



Andere studenten (zie bijlage 1 en bijlage 2) hebben het SeaStairs-concept voorgesteld. Dit is een terrasgewijze constructie langs de helling van het meer. Elke trede is permanent gevuld met water en alle treden zijn terrasgewijs met elkaar verbonden. De bassins kunnen worden gebruikt om schelpdieren te laten groeien. Verscheidene planten en dieren kunnen echter ook nog worden toegevoegd

Bron: Studenten Universiteit Wageningen

aan het aquacultuursysteem. Ook wordt gedacht aan bufferstroken, zeegras, het cultiveren van amfipoden, het kweken van organismen voor medicijnen en het verzamelen van schelpdierzaad voor gebruik in restauratie of aquacultuur.



Overwogen kan worden om benthische organismen te gebruiken vanwege de voordelige effecten die zij hebben op abiotische factoren. Er zijn ook combinaties mogelijk van aquacultuur met een windpark, met een zonnepark of met AQUABATTERY-systemen. Zo kunnen grote delen van het

project worden toegewezen aan natuurlijke ontwikkelingen, mits die ook duidelijk zullen bijdragen aan de vergroting van de biodiversiteit.

Om voldoende succes van aquacultuur in het energieopslagmeer te kunnen garanderen, zal nog verder onderzoek nodig zijn en zal voorzichtigheid in acht moeten worden genomen. Een belangrijk hoofddoel van het Delta21-concept is een grotere biodiversiteit. Die moet prioriteit krijgen. In de bijlagen vindt u uitgewerkte cases van de kweek van mosselen en oesters in het energieopslagmeer en de kweek van zeewier in dat meer.³³

³³ Zie bijlagen 5.1 en 5.2

13. Stakeholders Delta21

In dit hoofdstuk lichten we toe welke voorbereidende initiatieven Delta21 al heeft genomen in het kader van omgevingsmanagement. Omdat het Delta21-concept een integraal karakter heeft, zijn veel ministeries, lagere overheden, maatschappelijke groeperingen, particuliere eigenaren en bedrijven betrokken bij de vergunningverlening en de besluitvorming. Maar ook de Europese wetgever speelt een belangrijke rol, niet alleen omdat het concept gepositioneerd is in of rond vier Natura 2000-gebieden.

13.1 Elke ruimtelijke ingreep vereist overleg

Het Delta21-concept behelst een ruimtelijke ingreep in de Voordelta, in het mondingsgebied van het Haringvliet. De impact op de omgeving lijkt op het eerste gezicht beperkt. Het beoogde gebied ligt in de kustzone van de Noordzee. Er wonen geen mensen. Toch kent de monding van het Haringvliet vele belanghebbenden. Om een voldoende breed draagvlak te krijgen voor dit concept, is de betrokkenheid van de belanghebbenden een essentiële voorwaarde voor succes.



Er wonen geen mensen in het beoogde gebied van het Delta21-concept. Toch zijn er veel belanghebbenden.

Draagvlak is niet alleen nodig om de voordelen van de ingreep eerlijk te verdelen, maar vooral om synergie te bereiken, door samen op te trekken en in gezamenlijkheid het doel en de koers te bepalen. Het doel is om een win-winsituatie te bereiken, waarbij alle partijen tevreden zijn

over de uitkomst. Maar vaak zijn de belangen geheel of ten dele verschillend. Soms is er sprake van nadelen aan de ingreep of schade door de ingreep. Ook die moeten eerlijk verdeeld worden over de verschillende belangengroepen. Als een win-winsituatie niet helemaal lukt, moeten soms compromissen worden gesloten. Het resultaat is dan suboptimaal, ook al is de winst eerlijk verdeeld.

Oplossingsgericht besluitvormingsproces

Dit afstemmingsproces, ook wel omgevingsmanagement genoemd, heeft echter idealiter tot doel om het besluitvormingsproces zodanig in te richten, dat een oplossing wordt gevonden die de belangen van alle stakeholders maximaal dient.

Om de gewenste win-winsituatie te bereiken, is het allereerst nodig om de belangen en doelen van alle belanghebbenden te kennen. Vaak moeten de partijen, die bepaalde belangen vertegenwoordigen, eerst zelf goed vaststellen welke droom of ambitie men heeft voor het gebied. Maar daarnaast is ook kennis nodig van de motivatie van elke groep. Waarom zien zij een ingreep als een win? Daarvoor is luisteren belangrijk. Voordat we de dialoog aan kunnen gaan, moeten we allereerst alle belanghebbenden begrijpen, vanuit de intentie elkaar tegemoet te willen komen.

Een voorwaarde om het project succesvol te laten verlopen, is om met alle verschillende schakels de koers en het doel overeen te komen. Vervolgens zijn constructieve onderhandelingen wenselijk om de belangen van de partijen aan elkaar te verbinden. Als je dat proces goed inricht en uitvoert, bereik je de gezamenlijke winst en vormen de partijen consensus, waarna je kan gaan voortbouwen op een vruchtbare samenwerkingsbasis. Het is echter niet alleen een zakelijk en rationeel proces, het vraagt ook veel aandacht voor de rol, belangen, emoties en het gedrag van alle belanghebbenden.

Begrip en gunningsfactor

Het resultaat van dit proces wordt in belangrijke mate bepaald door het onderlinge begrip van de partijen voor elkaar en door de mate waarin zij elkaar iets gunnen. En toch is ook dat niet genoeg. Partijen moeten er zelfs voor zorgdragen, dat de andere partij zijn belang kan verwezenlijken. Pas dan kan het een succes worden.

Het is belangrijk dat dit proces deskundig en transparant wordt geleid door een partij, die voldoende vertrouwen heeft van alle betrokkenen. Vaak is dat de initiatiefnemer zelf, omdat die partij al het initiatief heeft genomen om zijn idee uit te werken tot een bespreekbaar concept. Maar de initiatiefnemer heeft ook een belang, dat blijkt al uit zijn initiatief. Zijn rol als trekker van het overlegproces vereist echter juist dat hij alle belangen probeert met elkaar in overeenstemming te brengen en niet zijn eigen visie op het plan of belang wil doordrukken.

Het succes hangt ook samen met de aanvankelijke formulering van het belang zelf. Het uitgangspunt voor dit project is dat Delta21 bv een integraal plan wil realiseren met drie hoofddoelstellingen. Dat maakt het in theorie eenvoudiger voor de initiatiefnemer om een breed draagvlak te krijgen. Delta21 bv heeft echter momenteel (nog) niet de organisatie om het project zelf uit te voeren. Een andere partij of groep partijen zal dit initiatief vroeg of laat moeten komen versterken of het geheel over moeten nemen.

13.2 Proces voorgesprekken met stakeholders is al begonnen

Delta21 bv is de initiatiefnemer van het gelijknamige concept. Wij hebben sinds 2017 tientallen gesprekken gevoerd en overleggrondes gehad met de betrokken partijen. De doelstellingen van ons eerste Delta21-ontwerp waren weliswaar gelijk aan die van nu, maar het ontwerp zelf verschilde aanzienlijk van de huidige versie. Organisaties leverden commentaar, waren soms enthousiast,

soms kritisch, soms beide. In alle gevallen was de feedback opbouwend, gericht op een voortzetting van het proces.

Studenten en organisaties brachten het concept verder

We vroegen studenten om onderzoek te doen. Sommigen kozen een thema uit het Delta21-concept dat paste bij hun afstudeeropdracht. Ook organisaties kwamen met adviezen en waardevolle suggesties. Sommige partijen waren zeer coöperatief en meedenkend, andere partijen waren voorzichtig, soms ook argwanend en terughoudend om hun standpunt met ons te delen.

Veel van de bevindingen en adviezen van zowel studenten als organisaties zijn steeds meegenomen in de volgende versie van het Delta21-concept. Dat proces was voor ons heel leerzaam en voor het project zelf ook zeker heel vruchtbaar. Met dit proces werd vooruitgelopen op het omgevingsmanagement, met het doel om met een zo goed mogelijk uitgangspunt te starten, zonder dat ook maar één stakeholder zich gecommiteerd heeft aan het plan.

Hoewel in de loop van de afgelopen zes jaar met tientallen partijen is gesproken en het plan daardoor zeker aanzienlijk volwassener en rijper is geworden, was er nog geen sprake van een gestructureerd proces van stakeholderoverleg. Het was tot eind 2023 voor de initiatiefnemers nog te vroeg om zo'n proces op te tuigen. Het plan was ook nog niet rijp genoeg voor een gestructureerde bredere afstemming met de belanghebbenden.

Hoewel geen enkele partij enig mandaat had om met ons te onderhandelen over het Delta21-concept, kunnen we wel eerste indrukken delen uit de vele gesprekken die we in een open sfeer hebben gevoerd.

13.3 Eerste indrukken uit voorgesprekken

Onze eerste indrukken die we hierna willen delen betreffen de gesprekken met vertegenwoordigers uit de visserijsector, vertegenwoordigers van lokale belangen, met natuurorganisaties, met overheidsinstanties die gaan over energiebeleid en met energiebedrijven, met overheidsinstanties die gaan over hoogwaterveiligheidsbeleid en met experts op het gebied van waterveiligheid, met overheidsinstanties die gaan over natuurbeleid, met overheidsinstanties die gaan over ruimtelijke ordening en met experts op het gebied van ruimtelijke ordening, met de havensector en de bouwsector. De gesprekken die we hebben gevoerd betroffen dus de volle breedte van de belangen die spelen rond de realisering van het Delta21-concept.

13.3.1 Visserijbelangen



We hebben meer dan tien gesprekken gevoerd met vertegenwoordigers van de visserijsector in Emmeloord, Stellendam, Middelburg, Den Haag, Scheveningen en Yerseke. Daaruit kwamen de volgende zaken naar voren.

Een aantal garnalenvissers wil blijven vissen, ook in de ondiepe Voordelta. De mossel- en oestertelers en de algenkwekers zien in het energieopslagmeer kansen om hun activiteiten gedeeltelijk te verplaatsen of om die uit te breiden. Er ligt een wens van de vissers en de gemeente Stellendam om de vaargeul van Stellendam via het Slijkgat naar de Noordzee open te houden, zo mogelijk zonder baggerwerk. De sportvisserij staat kritisch positief tegenover de aanleg van een vismigratierivier en de plannen om de biodiversiteit te vergroten.

Het idee van een geheel open Haringvliet leverde sterk wisselend commentaar op. Sommige partijen waren heel

kritisch, andere zeer enthousiast. Een vismigratierivier leverde meer positieve reacties op en minder kritisch commentaar.

Sommige vissers zien zeker kansen voor de visserij in het energieopslagmeer. Denk aan de kweek van mossels, oesters, kreeften, langoustines en zeewier. Sommigen deden de suggestie om het energieopslagmeer te gebruiken voor het kweken van vissoorten.

De visserijsector is in het algemeen begripvol en soms enthousiast als het gaat om het reserveren van het getijdemeer voor natuurdoeleinden. Vissers zien ook de belangen van een beschermd paai- en migratiegebied. Een actief beheer met gebruikmaking van zeegras en een vergroting van de vismigratie bij de Haringvlietsluizen worden breed gesteund. Vissers zijn er ook voor om in het valmeer of energieopslagmeer een gunstig klimaat te scheppen voor het paaien en laten opgroeien van een breed scala aan vissoorten.



Vergroting van de vismigratie bij de Haringvlietsluizen wordt door de visserijsector breed gesteund.

13.3.2 Lokale belangen

We hebben meer dan tien gesprekken gevoerd over lokale belangen in de omgeving waar het Delta21-concept is gepositioneerd. We hebben gesproken met de gemeenten in Voorne en Goeree, met de waterschappen, de rotaryclubs, lokale belangenclubs en lokale bureaus die zijn gericht op toerisme en recreatie. Daaruit kwamen de volgende zaken naar voren.

Lokale partijen, vooral uit de recreatiesector willen voorkomen dat er verdere slibdepositie op de strand plaatsvindt. Dat de monding van het Haringvliet verder dichtslibt. Het zou mooi zijn wanneer een deel van de aanwezige aanslibbing weer kan verdwijnen. Daarnaast mag het kierbesluit niet verder worden uitgebreid waardoor het zoute water verder door zou dringen in het Haringvliet. Velen pleiten voor een open verbinding van Stellendam met de Noordzee via een diepe, rechte vaargeul die niet permanent hoeft te worden uitgebaggerd.

Sommigen pleiten voor het versterken van het ecotoerisme. Men ziet ruimte voor uitbreiding van groene recreatie en plek voor de aanleg een nieuwe jachthaven in het getijdemeer en voor een groen recreatiepark aan zee bij de jachthaven. Het idee om meer ruimte te bieden aan de natuur vindt veel bijval. Dat kan door kansen te scheppen voor een aantrekkelijk en stil natuurgebied in en rond het getijdemeer, door daarop goed en actief te beheren. Men ziet kansen voor een betere integratie van de vier Natura 2000-gebieden, gericht op de vergroting van de biodiversiteit.

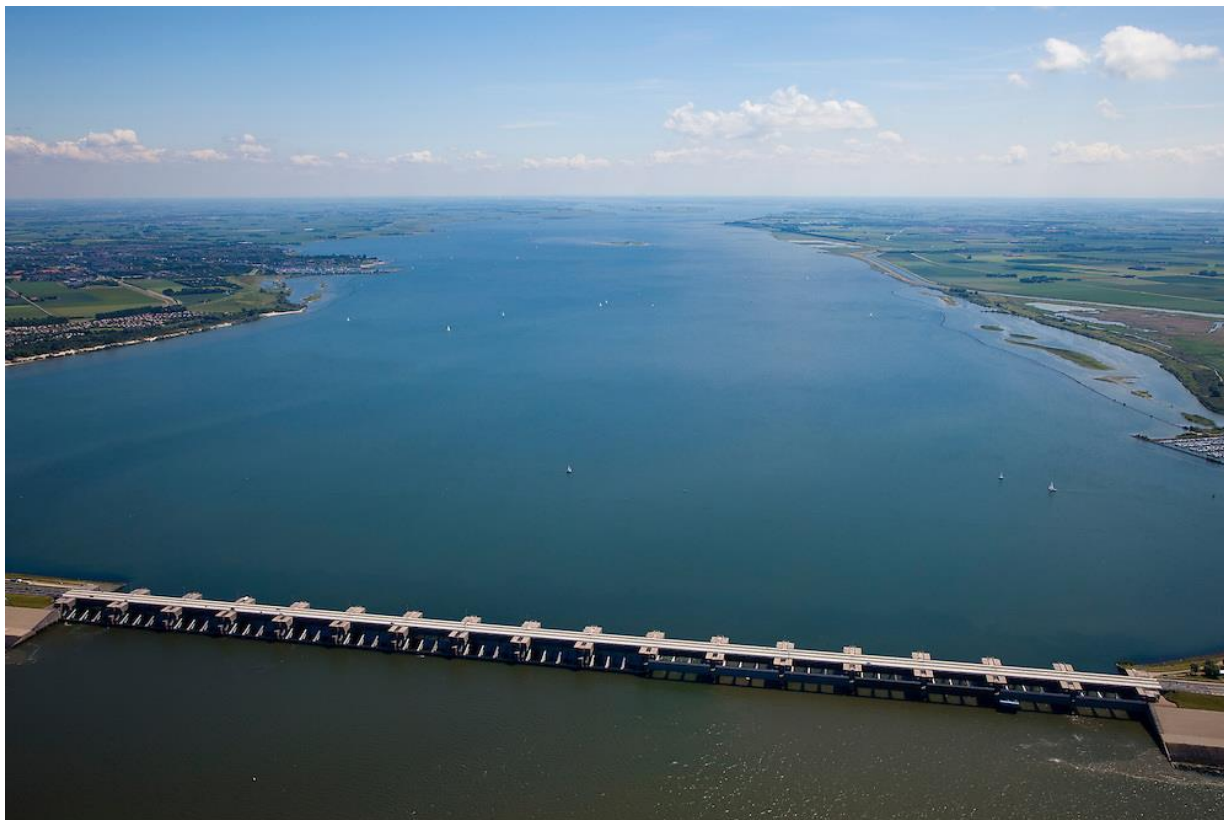
Men pleit voor het behoud van ruimte voor rust en natuur voor bewoners uit de omgeving en een betere afscherming van de industriegebieden. Men wil het gebied aantrekkelijk maken om er te wonen en te recreëren, maar geen uitgebreide stedenbouw, ook geen grote windparken met hoge molens voor de kust, zo weinig mogelijk horizonvervuiling.

De plannen voor een nationaal aquatisch park spreken breed aan, als ook het gebruik van de nieuwe stranden van het energieopslagmeer of valmeer.

Mensen zien ook in dat het Delta21-concept nieuwe kansen biedt aan de visserij in Stellendam.

13.3.3 Natuurorganisaties

We hebben meer dan tien gesprekken gevoerd met vertegenwoordigers van natuurorganisaties, te weten URGENDA, Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer, World Wildlife Fund, Zuid-Hollands Landschap en de Natuur- en Milieufederatie Zuid-Holland. Daaruit kwamen de volgende zaken.



Als het aan de natuurorganisaties ligt, gaan de Haringvlietsluizen verder open. Foto: Siebe Swart.

Enkele natuurorganisaties erkennen, dat grootschalige opslag van duurzame energie een noodzaak voor de energietransitie is. Als het energieopslagmeer daarin een functie kan vervullen, dan wél met het toepassen van visvriendelijke pompturbines. Ook moeten er dan veel maatregelen worden genomen om de biodiversiteit te versterken. Daar ligt de focus. Het kierbesluit moet worden uitgebreid, de Haringvlietsluizen moeten wellicht helemaal worden opengezet. Als het Delta21-concept negatieve gevolgen heeft voor de natuur, dan moeten die volledig en ruimhartig worden gecompenseerd. De Voordelta als Natura 2000-gebied moet worden uitgebreid. In de vier betrokken Natura 2000-gebieden mag niet of slechts minimaal worden ingegrepen. Sommige partijen staan meer open voor een actief ingrijpen dan andere, die het natuurproces meer op zijn beloop willen laten.. Om de biodiversiteit in de vier Natura 2000-gebieden te versterken, moet er een jaarbudget worden gegarandeerd voor de komende 50 jaar. Natuurorganisaties zien graag meer coördinatie en samenhang in het beheer van de Natura 2000-gebieden, mogelijk zelfs een integratie van die vier gebieden. Sommigen pleiten voor een meer actief natuurbeleid.

Het Delta21-concept moet als een kans worden gezien om de biodiversiteit in het hele gebied een impuls te geven. De natuurorganisaties waarschuwen wel voor schijnoplossingen en greenwashing.

Eén enkele milieuorganisatie ziet met aquacultuur kansen om de druk in de Waddenzee en de Oosterschelde te verminderen, onder voorwaarde dat er geen verdere schade van de kweek optreedt in de 4 Natura 2000 gebieden.

13.3.4 Overheid en energie

We hebben tientallen gesprekken gevoerd met overheidsinstanties die energiebeleid ontwikkelen en met vertegenwoordigers van de energiesector, te weten het ministerie van Economische Zaken en Klimaat, de provincie Zuid-Holland, TenneT, Stedin, Energie Beheer Nederland, het Havenbedrijf Rotterdam en Moerdijk. Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat én de provincie Zuid-Holland zijn belangrijke stakeholders. Het ministerie bepaalt het nationaal energiebeleid. De provincie is een belangrijk aanspreekpunt als het gaat om vergunningen, de energietransitie, de waterveiligheid, de effecten op de natuur en de wetgeving rond de Natura 2000-gebieden. Uit de gesprekken kwamen de volgende zaken.

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Economische Zaken en Klimaat volgt het proces rond het Delta21-concept met belangstelling, maar er is ook interesse voor andere vormen van opslag. EZK heeft op dit moment vanuit beleidsoogpunt geen voorkeur voor een bepaalde flexoptie (omdat EZK vindt dat de markt bepaalt). Er is dus ook geen expliciete voorkeur voor de ontwikkeling van het Valmeer, zoals Delta 21 beoogt. Daarbij is EZK gebonden aan EU regelgeving om techniekneutraal flex te faciliteren en/of te stimuleren indien nodig. Het ministerie volgt de opslagontwikkelingen echter met belangstelling en acht de mogelijke integratie van het Delta21-concept met zonneparken en windparken en de aansluiting met de nog



De aansluiting van de 2GW van het energieopslagmeer op het hoogspanningsnetwerk kan dat netwerk ontlasten.

te bouwen kerncentrales met de waterstoffabrieken veelbelovend. Het ministerie ziet ook dat de aansluiting van een energieopslagmeer van 2-6 GW op het netwerk zeer gunstig zou kunnen werken voor de andere energieactiviteiten. Op die manier kan het netwerk ook worden ontlast. Het ministerie erkent de maatschappelijke belangen, maar ziet energieopslag vooralsnog primair als een zaak voor de private sector en niet als essentieel onderdeel van de infrastructuur.

Provincie Zuid-Holland

De provincie Zuid-Holland is actief betrokken bij het Delta21-concept en toont interesse voor alle plannen die kunnen bijdragen aan de energietransitie. De provincie ziet in Delta21 ook grote kansen voor de RES'en in Zuid Holland. De plannen mogen niet de belangen van de hoogwaterveiligheid en de natuur schaden, maar juist versterken.

TenneT en Stedin

TenneT gaat in zijn modellen uit van de noodzaak van grootschalige opslagfaciliteiten van duurzaam opgewekte energie. TenneT steunt de initiatieven van Delta21 bv. Samen met Stedin volgt TenneT de ontwikkeling van het Delta21-concept op de voet, primair voor de eigen netbalancing, reservedoelen en meerdere andere functies van energieopslag waarvoor deze uitvoeringsorganisaties verantwoordelijk zijn. Zoals het nu in de wet is geregeld, kunnen TenneT en Stedin zelf (helaas) niet zelf investeren in een grootschalige energieopslagfaciliteit als het Delta21-concept. Private partijen zullen daarin het voortouw moeten nemen.

TenneT is een zeer belangrijke partij binnen het ministerie en speelt een belangrijke rol bij de besluitvorming en de vergunningen en bij de aansluitingen van het Delta21-concept op het hoofdnet. TenneT geeft ook aan een belangrijke gebruiker te zullen worden van het energieopslagmeer vanuit zijn verantwoordelijkheid voor de netstabiliteit.

Ook de visie, mogelijke rol en positie van Energie Beheer Nederland binnen de Nederlandse energiewereld zijn cruciaal voor het slagen van het Delta21-project en voor de ondersteuning daarbij vanuit Den Haag.

13.3.5 Overheid en hoogwater



Het thema hoogwaterveiligheid is voor velen belangrijk in dit gebied.

We hebben tientallen gesprekken gevoerd met overheidsinstanties die waterveiligheidsbeleid ontwikkelen en met experts op het gebied van waterveiligheid. We hebben gesproken met medewerkers van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, van Rijkswaterstaat, het Directoraat-Generaal Water en Bodem en met de Deltacommissaris. Binnen het Deltaprogramma hebben we gesprekken gevoerd met vertegenwoordigers van Rijnmond-Drechtsteden, de Zuidwestelijke Delta, de provincie Zuid-Holland en de waterschappen (met name Waterschap Hollandse Delta, Schieland en Krimpenerwaard en Scheldestromen). We hebben ook gesprekken gevoerd met ambtenaren van de gemeente Rotterdam en de gemeente Dordrecht en met de provincies Noord-Brabant en Zeeland. Uit deze gesprekken geven we de volgende zaken als eerste indrukken weer.

Hoogwaterveiligheid is een thema dat velen raakt in dit gebied. Veel partijen hebben dan ook een verantwoordelijkheid voor de hoogwaterveiligheid en de zoetwatervoorziening. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en de waterschappen hebben deze taak primair belegd bij de Deltacommissaris.

De Deltacommissaris

De Deltacommissaris heeft zijn omvangrijke taak opgesplitst in vier sporen:

- spoor 1: het op sterkte brengen van alle dijken in het binnenland;
- spoor 2: onderzoeken in hoeverre de verwachte zeespiegelrijzing in de dijkverzwaring kan worden meegenomen;
- spoor 3: onderzoeken hoe de stijging van de zeespiegel tijdig en betrouwbaar kan worden gesignaleerd;
- spoor 4: onderzoeken wat de langetermijnoplossingen zijn voor de veiligheid bij een significante zeespiegelrijzing.



De pompcapaciteit van het Delta21-concept kan volgens de Deltacommissaris zeer goed worden ingezet tijdens langdurige stormen op zee.

Delta21 bv neemt deel aan een aantal overleggen van de Deltacommissaris in het kader van spoor 4. De Deltacommissaris ziet het Delta21-concept als een mogelijke en interessante (deel)oplossing voor de effecten van een zeespiegelrijzing in het benedenstroomse gebied van de Rijn en de Maas. Hij ziet dat dit concept past in drie van de vier oplossingsrichtingen, maar wil zich nu nog niet committeren aan een bepaalde oplossing. In het kader van de hoogwaterveiligheid heeft de Deltacommissaris veel interesse in de grote berging en pompcapaciteit van 10.000 m³ per seconde. Een capaciteit die zeer goed kan worden ingezet tijdens langdurige stormen op zee en/of grote rivierafvoeren. Daarmee is de veiligheid van de binnen- en buitendijkse gebieden gebaat. De oplossingen die de Deltacommissaris in spoor 4 ontwikkelt, zullen pas in 2026 aan het parlement worden voorgelegd. Besluiten daarover worden pas verwacht na verwerking ervan in het politieke krachtenveld.

Overige belangrijke stakeholders

Rijkswaterstaat is ook beheerder van het gebied, verantwoordelijk voor de concessie- en vergunningverlening, verantwoordelijk voor de hele infrastructuur, de waterveiligheid, de zout-zoet-problematiek, de zoetwatervoorziening, de scheepvaart, het milieu in relatie tot Europa en is medebeheerder van een aantal relevante natuurgebieden in de omgeving van het project.

De **provincie Zuid-Holland** is een belangrijk aanspreekpunt voor zaken die betrekking hebben op de vergunningen, de energietransitie, de waterveiligheid, de effecten op de natuur en de wetgeving rond Natura 2000.

Waterschap Hollandse Delta is aanspreekpunt voor de effecten op de waterveiligheid en de waterkwaliteit.

De **gemeenten Dordrecht en Rotterdam** zijn belangrijke stakeholders als het gaat om de buitendijkse gebieden, die mede door het Delta21-concept beter worden beschermd tegen het hoge water.

De **provincies Noord-Brabant en Zeeland** zijn belangrijke stakeholders als het gaat om de waterveiligheid en de natuur, maar ook om de zoutdoordringing en zoetwatergaranties

De wensen die kenbaar gemaakt zijn, zijn velerlei. Geen verdere achteruitgang van de zoutdoordringing via het Haringvliet. Een versterking in plaats van een achteruitgang van de biodiversiteit in de vier Natura 2000-gebieden. Herstel en behoud van de stranden en de recreatiefunctie. Voorkomen dat de monding van het Haringvliet verder verzandt en dichtslibt. Behoud van een open verbinding van de Noordzee via het Slijkgat naar Stellendam. Nieuwe kansen voor de visserij in Stellendam.

13.3.6 Overheid en natuur

We hebben enkele tientallen gesprekken gevoerd met overheidsinstanties die natuurbeleid ontwikkelen en met experts op het gebied van de natuur. We hebben gesproken met het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, met de provincie Zuid-Holland, met het Waterschap Hollandse Delta, de gemeenten Voorne aan Zee, Goeree-Overflakkee, Brielle, Hellevoetsluis, Rotterdam en Nissewaard en met het Recreatieschap Voorne-Putten. Al deze partijen zijn direct belanghebbend voor politieke steun en vergunningen, voor een groot aantal zaken die betrekking hebben op natuur, milieu, omgeving, ruimtelijke ordening, bestemmingsplannen, effecten op land- en tuinbouw, visserij, toerisme, recreatie etc. De output van deze gesprekken vatten we hieronder samen.

*Een jachthaven in het
getijdemeer is een van de
wensen.*



Ook deze partijen komen tijdens de gesprekken met allerlei wensen. Geen verdere achteruitgang van de zoutdoordringing via het Haringvliet. Een versterking in plaats van een achteruitgang van de biodiversiteit in de vier Natura 2000-gebieden. Herstel en behoud van de stranden en de recreatiefunctie. Voorkomen dat de monding van het Haringvliet verder verzandt en dichtslibt. Behoud van een open verbinding van de Noordzee naar Stellendam. Nieuwe kansen voor de visserij in Stellendam. Meer ruimte voor rust en natuur voor de bewoners. Een betere afscherming van de industriegebieden. Geen grote windmolens voor de kust, dus geen of zo weinig mogelijk horizonvervuiling. Herstel van aangeslibde stranden. Ruimte voor uitbreiding van de groene recreatie. Een jachthaven in het getijdemeer. Een groen recreatiepark aan zee bij de jachthaven. Meer ruimte voor de natuur door kansen te scheppen voor een aantrekkelijk en stil natuurgebied in en rond het getijdemeer. Een betere integratie van de Natura 2000-gebieden.

13.3.7 Overheid en ruimtelijke ordening

We hebben minder dan vijf gesprekken gevoerd met overheidsinstanties die beleid ontwikkelen op het gebied van ruimtelijke ordening en met experts op het gebied van de ruimtelijke ordening. Die gesprekken hebben we gevoerd bij het ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening, bij de provincies Zuid-Holland, Noord-Brabant en Zeeland, bij de gemeentes Voorne aan Zee, Goeree-Overflakkee, Brielle, Hellevoetsluis, Nissewaard en Rotterdam en bij het Recreatieschap Voorne-Putten. We geven hieronder de eerste indrukken uit deze gesprekken.

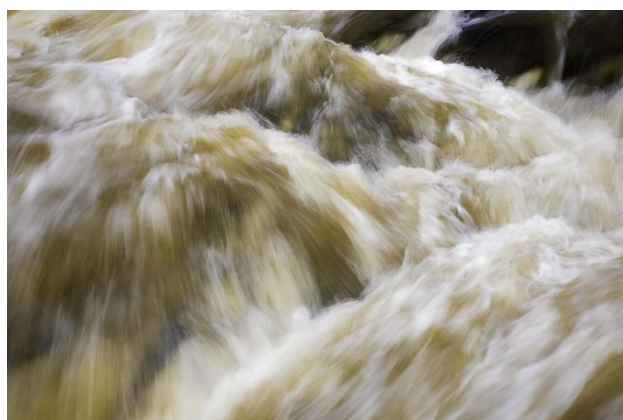
De verantwoordelijkheid voor de ruimtelijke ordening ligt bij diverse overheden. Op elk niveau is er wel belangstelling voor de mogelijke invulling van de nieuwe ruimte en de kansen voor de diverse thema's die het Delta21-concept biedt. Maar er zijn óók nog veel vragen. Die betreffen dan vooral het besluitvormingsproces en de mate waarin deze partijen daarin betrokken zullen worden. Vragen zijn er ook als het gaat om woningbouw, natuurinvulling, milieu, financiering, waterveiligheid, impact op de economie, land- en tuinbouw, visserij, de spin-off, de energietransitie, de recreatie en het toerisme.

13.3.8 Energiebedrijven

We hebben tientallen gesprekken gevoerd met o.a. vertegenwoordigers van Shell, Engie, Essent, Uniper, NUON, PZEM, RWE, Eneco, Vattenfall, EPZ en EPN. Ook hebben we gesproken met de bedrijven GroenLeven en NOVAR die zonneparken aanleggen. Uit deze gesprekken komen onderstaande zaken naar voren.

De energiebedrijven erkennen de behoefte aan duurzame grootschalige energieopslagfaciliteiten.

Sommige bedrijven geven duidelijk aan dat deze faciliteiten de pieken en dalen in de stroomprijzen zullen afvlakken. Die afvlakking is niet in het belang van de energiebedrijven. Zij hebben juist financieel baat bij de pieken en dalen in het stroomaanbod.



Pumped storage hydro heeft grote voordelen, erkent men: de lange levensduur, lage afschrijvingskosten, de bewezen technologie, de milieuvoordelen, de gunstige vergelijking ten opzichte van opslag van energie in Li-on-batterijen en andere systemen. Tegenover deze voordelen staat als nadeel de hoge investeringskosten voor pumped storage hydro.

Energiebedrijven zien grote voordelen in waterkracht en pumped storage hydro.

De gesprekspartners zien vooral wind- en zonneparken op de Noordzee voor zich die voor meer aanbod van stroom zullen gaan zorgen. Ook het elektriciteitsverbruik zal de komende decennia sterk stijgen, verwachten zij. Door de weersafhankelijkheid van zon en wind zien zij een grote discrepantie tussen de momenten van aanbod en vraag. Veel energiebedrijven hebben weinig goede ervaringen met consistent lange termijn overheidsbeleid en durven niet te investeren, zonder overheidsgaranties. Veel energiebedrijven zien daarom energieopslag primair als een taak van de overheid of TenneT en ook een essentieel onderdeel van de infrastructuur.

Mogelijkheden voor andere geïmporteerde energiebronnen

De energiebedrijven zien ook mogelijkheden voor andere energiebronnen. Voor de industrie en het zware transport op zee, in de lucht en op het land zijn vooral energiedragers als ethanol, mierenzuur en/of ammoniak voor hen relevant. Over ammoniak zeggen zij dat het wel explosief, maar niet giftig, niet brandbaar, betrouwbaar, veilig en een bewezen technologie is. Zo heeft elk van deze energiedragers wel voordelen. Het ligt voor de energiebedrijven dan ook in de lijn van de verwachting dat zij de belangrijke rol van aardgas gaan overnemen. Dat de import van die energiedragers groot zal blijven. Ook voor waterstof ziet de toekomst er goed uit, zij het met wat kanttekeningen en onzekerheden. Waterstof kan een belangrijke rol gaan spelen in industriële toepassing en als vervanger van LNG en LPG. Maar een grootschalige en brede toepassing zal waterstof nooit krijgen. Daarvoor is de transport- en opslagbarrière te groot. Waterstof is voor hen óók niet de oplossing voor de overtollige stroom uit wind en zon (curtailment). Daarvoor is waterstof te inefficiënt en zijn de opslag en het transport ervan te complex en te risicovol.

De genoemde energiedragers moeten wel worden geïmporteerd uit landen als Spanje, Marokko, Chili, Qatar etc. Dat is geen punt. Daar kunnen zij duurzaam worden opgewekt met zonne- of windenergie. Ze kunnen eenvoudig met carriers worden getransporteerd naar Europa.



In warme landen als Qatar, Spanje en Marokko kunnen die energiedragers duurzaam worden opgewekt met bijvoorbeeld zonnepanelen.

Rol en beleid van de overheid

De bedrijven wijzen op de grote maatschappelijke voordelen van investeringen in grootschalige energieopslag. Daarmee is minder overcapaciteit nodig van zonne- en windparken. Ook de CO₂-uitstoot kan zo minder worden. De energiebedrijven zien daarom de realisatie van grootschalige energieopslag als een infrastructurele voorwaarde die tot het takenpakket van de overheid behoort, hoewel het beleid op dat punt dan wel moet worden aangepast.

Bij energiebedrijven heerst een vrij breed wantrouwen in de overheid. Zij stellen vaak het voortdurend wisselend energiebeleid van de overheid aan de kaak. Voor energieopslag ziet men wel een noodzaak, maar zij benadrukken vooral de maatschappelijke baten. Ook ziet men nog te veel belastingtechnische belemmeringen voor het doen van grote investeringen. Ze voelen er daarom vooralsnog weinig voor om miljarden euro's te investeren in grootschalige energieopslag, zonder overheidsgaranties of zonder langdurige contracten voor afname vooraf.

De toekomst onzeker; de overheid wispelturig

Een exploitatie van het energieopslagmeer met alléén de opbrengsten uit arbitrage vinden zij op dit moment nog onvoldoende. Curtailment is nu wel een verliespost, maar dat maakt deel uit van de contracten en drukt momenteel niet op de winsten van de energiebedrijven. Er is een breed gedragen overtuiging dat na 2030 de behoefte aan grootschalige opslag erg groot zal worden. Maar de toekomst is onzeker en de overheid erg wispelturig. Vooralsnog zullen – met nog maar weinig grootschalige opslag voorhanden – de verliezen van stroom verwerkt blijven in de contracten en aanbestedingen.

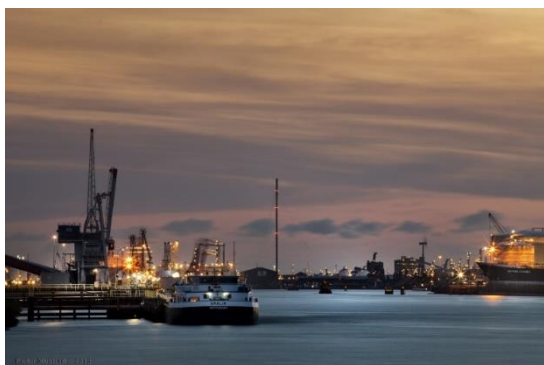
Belangrijke rol voor TenneT

Vrijwel alle energiebedrijven zien een belangrijke rol weggelegd voor TenneT om centraal de grootschalige opslag te coördineren en zo mogelijk te initiëren. Maar dat mandaat heeft TenneT kennelijk nu niet. De politiek zal moeten beslissen of TenneT dat mandaat gaat krijgen.

Publiek-privaat of privaat

De energiebedrijven gaan voor een publiek-private opzet. Zij geven een puur private opzet alleen een kans wanneer daar een aantal afnamegaranties aan verbonden zijn voor minimaal tien tot twintig jaar. Zonder garanties vooraf zullen partijen nog voorzichtig blijven om nu al grote investeringen in opslag te doen. Zonder garanties vooraf zullen partijen nog voorzichtig blijven om nu al grote investeringen in opslag te doen. Diverse partijen noemen het Groeifonds als partij die een en ander in gang kan zetten.

13.3.9 Havensector en bouw- en industriesector



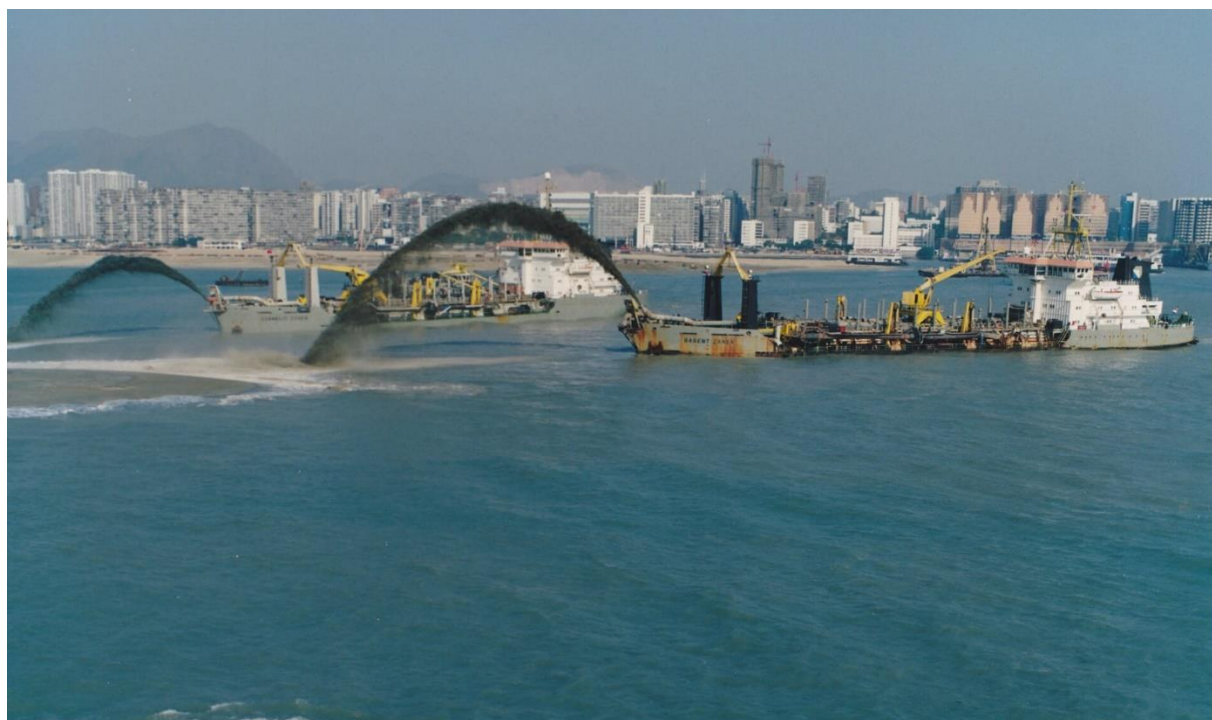
We hebben ongeveer vijf gesprekken gevoerd met de havensector, te weten het Havenbedrijf Rotterdam en het Havenbedrijf Moerdijk. Ook hebben we tientallen gesprekken gevoerd met de bouw- en industriesector, zoals: Volker Wessels, van Hattum en Blankevoort, Ballast Nedam, Boskalis Nederland, van Oord Nederland, DEME, Witteveen en Bos, Movares, Spie, RHDHV, Unica Datacenters, Pentair en FishFlow Innovations. Deze sectoren hebben weer andere ideeën bij de aanleg van het Delta21-concept.

De havensector hecht grote waarde aan de opzet van een duurzame energiehub met een grootschalige opslag. De sector heeft grote interesse in de mogelijke invulling van de nieuwe ruimte en de kansen voor de diverse thema's die dat biedt. Wel zijn er nog veel vragen over de voortgang van het besluitvormingsproces en de mate waarin de havensector daarin wordt betrokken.

De sector ziet de integratie van drie functies als een goed voorbeeld van synergie. Het is heel gunstig dat de bodem over voldoende zand beschikt om het valmeer te baggeren en om daarmee de duinen op te spuiten. De locatie is ook gunstig. De golfaanval is daar beperkt is. Het eenvoudige ontwerp kan in relatief rustig weer worden uitgevoerd. Belangrijk voor de bouwsector is dat het Delta21-concept geheel met Nederlandse kennis op het gebied van gemalenbouw, baggeren en waterbouwkunde kan worden uitgevoerd, drie gebieden waarin Nederland wereldwijd excelleert.

Delta21-concept krijgt wellicht spin-off

De bouwsector wijst erop dat het Delta21-concept kopieerbaar is in veel laaggelegen gebieden aan de kust, maar ook in vlakke landen rondom de Perzische Golf, waar veel zon is en de pumped storage hydro als energieopslag zeer voor de hand ligt. De realisatie van het Delta21-concept zou de Nederlandse waterbouw daarom een geweldige spin-off kunnen bezorgen op andere plekken



Het Delta21-concept kan na realisering de Nederlandse waterbouw een prachtige spin-off geven op andere plaatsen in de wereld.

in de wereld. De zeespiegelrijzing vraagt immers overal ter wereld om innovatieve oplossingen. De energietransitie vraagt ook om grootschalige oplossingen en de natuur staat overal zwaar onder druk. Deze oplossingsrichting is veelbelovend voor veel kustgebieden elders. Dit project biedt kansen om de waterbouw een belangrijkere rol en imago te verschaffen in de natuurbouw.

De uitvoering van het Delta21-concept moet gezien worden als een belangrijke kans om ook in andere gebieden op deze manier de biodiversiteit actief te versterken. Greenwashing moet daarbij worden vermeden. Natuurorganisaties moeten de verantwoordelijkheid en het budget uit het project meekrijgen gedurende de levensduur van het project.

De bouwsector ziet oplossingen om ook het slibprobleem op de stranden van Voorne en Goeree te verminderen. Dat kan goed worden gecombineerd met de aanleg van het energieopslagmeer of valmeer en de scheepvaartgeul. Slib bezinkt namelijk primair in de diepere delen, in de geulen. Die suggesties moeten dan ook in het plan meegenomen worden. Ook voor het permanente onderhoudsbaggerwerk in de vaargeul naar Stellendam is een oplossing te ontwikkelen, die dit probleem voor een lange duur oplost. Ook benadrukken de bouwbedrijven de kansen van Bouwen met de Natuur in en rond Natura-2000 gebieden, maar men ziet ook veel terughoudendheid en behoudend gedrag bij veel natuurorganisaties.

De kwel van water door de bodem en de taluds is nog wel een zorgpunt. Er zijn berekeningen uitgevoerd om de grootte van de kwel in te schatten. De berekende kwel door de duinen en de bodem is afhankelijk van het verval, maar lijkt zeer beperkt met de aangenomen en gemeten k-waardes. Het talud van 1:20 kan echter ook steiler en stabiel blijven, zo blijkt uit onderzoek door een student. Ook bij een taludhelling van 1:10 lijkt piping langs het taluds beheersbaar. Het opbarsten van de bodem lijkt geen probleem, omdat de ondergrond uit vooral zand bestaat. De kleilaag van 1-3 m op NAP -20 m moet verwijderd worden of benut in de kern van de duinen. Een deel van de klei, die zich in een 1 tot 3 meter dikke laag onder de bodem bevindt, kan goed worden benut voor de kern van de duinen. Daar liggen nog wel optimalisatiemogelijkheden.

13.4 Het proces van omgevingsmanagement

Bij de realisatie van projecten in het publieke domein krijgen initiatiefnemers en in de latere fase ook de aannemers van het uit te voeren werk te maken met de belangen van verschillende stakeholders. De ene stakeholder heeft meer belangen bij het project dan de ander. Soms zijn er grote verschillen tussen de stakeholders. Sommigen beschikken over veel middelen, anderen niet. Door vroeg met alle belanghebbenden het gesprek aan te gaan, creëer je ruimte om samen naar creatieve oplossingen te zoeken. Daarvoor is vertrouwen onmisbaar, niet alleen vertrouwen in elkaar, maar ook in je eigen doelstellingen en het doel dat je wilt bereiken. Het vraagt ook lef en initiatief, maar het proces biedt de kans op goede afspraken en een tevreden omgeving. Zo kun je vooral ook de projectdoelen optimaal realiseren. Als afronding van deze haalbaarheidsstudie schetsen we de drie stappen in het proces van omgevingsmanagement: de voorbereidingen, de analyse en de gesprekken zelf.

13.4.1 Voorbereiding

Voordat de initiatiefnemer alle betrokkenen uitnodigt, moet hij eerst het project goed beschrijven, de projectdoelen goed omschrijven en delen en ook alle onderzoeken die al zijn gedaan, delen met iedere stakeholder.

De rol van de politiek en de overheid is daarbij heel belangrijk. De politiek moeten laten zien dat hij het project in principe als voldoende kansrijk ziet. Vervolgens moeten alle relevante thema's worden benoemd die in de omgeving spelen, waarbij de inhoud van de kwesties belangrijker zijn dan de organisaties die een belang bij dat thema hebben. Hierdoor wordt een completer gebiedsoverzicht verkregen. De partijen die hebben laten zien dat ze wel willen participeren, kunnen worden uitgenodigd. Met hen stemt de initiatiefnemer de organisatievorm, de overlegvorm en vooral ook het proces en de doelstellingen goed af.

13.4.2 Analysefase

Het is belangrijk om met alle stakeholders na te gaan of alle belanghebbenden voldoende zijn vertegenwoordigd. Als dat nog niet zo is, is het wenselijk om het aantal partijen verder uit te breiden. Is de groep compleet, dan is het goed om allereerst een stakeholdersanalyse uit te voeren. Om samen met elke belanghebbende zijn of haar belangen in kaart te brengen en een strategie

op te stellen. Op deze manier zorgt iedereen ervoor dat hij goed voorbereid is op de gesprekken die komen gaan.

13.4.3 Gespreksrondes

Tijdens de eerste gesprekken is het wenselijk dat de partijen voldoende op de hoogte zijn van de belangen van alle deelnemende partijen. In de dialoog is het belangrijk dat alle stakeholders zich voldoende gehoord en begrepen weten.

Daarbij is een basis van vertrouwen essentieel. Het is zaak om die voortdurend te bewaken en te versterken. Geen enkele partij mag schroom voelen om zijn of haar kaarten op tafel te leggen. Door dit goed te doen, kan veel energie, tijd en geld worden bespaard. Ten slotte maak je afspraken met elkaar, waarin iedereen zich kan vinden en die je ook nakomt. Om een effectieve dialoog te waarborgen, te bouwen aan het project en aan de relatie met de omgeving, is het wenselijk om een onafhankelijke partij het proces te laten monitoren. Komt iedereen de gemaakte afspraken na? Is duidelijk wat die afspraken teweegbrengen? Zijn alle belanghebbenden tevreden met de ontwikkelingen? Of hebben zij het gevoel dat hun belangen worden geschaad door het project? Als dat zo is, moet er voldoende ruimte zijn om verbeteringen in het proces aan te brengen.

Bijlagen

Bijlage 1 Referenties

1. Zie rapporten website www.delta21.nl
2. Bronnen:
 - Esmee van Eeden, TU Delft Landschapsarchitectuur
 - TU Delft Civil Engineering
 - TUDelft Mechanical Engineering
 - Diverse studenten Universiteit van Wageningen

Bijlage 2 Uitgevoerde onderzoeken voor Delta21

In de periode vanaf 2020 zijn ruim 25 studenten van TU Delft op een thema afgestudeerd dat direct te maken had met het Delta21-concept. Het betreft studenten van de faculteiten Civiele Techniek, Werktuigbouwkunde, Technische Bestuurskunde en Bouwkunde.

In diezelfde periode hebben 21 groepen, bestaande uit 5 tot 7 studenten, van de Universiteit Wageningen in het kader van het vak Applied Consultancy Teams een onderzoek van vier maanden uitgevoerd naar een bepaald Delta21-thema.

Ook studenten van de HZ University of Applied Sciences in Vlissingen, de Hogeschool Rotterdam en De Haagse Hogeschool hebben afstudeeronderzoeken uitgevoerd die direct te maken hadden met het Delta21-concept. Al die onderzoeken en de synopsissen daarvan zijn opvraagbaar bij Delta21 bv. Een deel van de onderzoeksresultaten zijn verwerkt in dit rapport.

Hieronder geven we een beschrijving van al deze onderzoeksthema's.

Bijlage 2.1 MSC. Afstudeerders TU Delft en Universiteit Wageningen

1. Ontwerp en locatie pompturbine-behuizing met Kaplan pompturbines (Ruben Ansorena Ruiz)
2. Morfologische ontwikkelingen Noordwestzijde Energieopslagmeer (Li Zhaoyi)
3. Zout-zoet gedrag bij een volledig open Haringvliet (Jouke Binsma).
4. Morfologische ontwikkelingen Zuidwestzijde Energieopslagmeer (Jelmer IJntema)
5. Morfologische Ontwikkelingen Getijmeer (Mayra Ithzel Zaldivar Piña).
6. Interne stabiliteit van het talud van het Energieopslagmeer (Steve van Adrichem)
7. Bodemstabiliteit als gevolg van variabele waterstanden in het Energieopslagmeer (Mònica Relats Martinez)- nog in afrondingsfase
8. Ontwerp overlaat naar Energieopslagmeer (Daniël Donkers)
9. Onderzoek naar adaptief deltabeheer voor de Rijn-Maasmonding vanuit verschillende perspectieven, waaronder Delta21 (Cees Oerlemans)
10. Gevolgen bij Rotterdam met een Maeslantkering en Delta21, probabilistisch (Matthijs Buijs)
11. Pompturbinebehuizing ontwerp met low head high volume pompturbines (Yordi Paasman)
12. Ontwerp integratie pompturbines en behuizing (Loïc Jacquemin)
13. Ontwerp nieuwe Stormvloedkering (Robbert Onwuachu)

14. Ontwerp AQUABATTERY-systemen en drijvend zonnepark in Energieopslagmeer (Jacco van der Blonk)
15. Ruimtelijk ontwerp van Delta21 binnen een omgeving van banken en schorren (Esmée van Eeden)
16. Gevolgen Delta21 op sluitingsproces Maeslantkering (Vyasa Sewberath Misser)
17. Opbrengsten opslag van Energie in Delta21 door prijsarbitrage (Tessa Rombouts)
18. Langtransport en erosie langs zeezijde Energieopslagmeer (Detmar Dieleman)
19. Op natuur gebaseerd ontwerp Haringvlietmonding (Merel Scheltinga, WUR)
20. Locaties waar het Delta21 concept kan worden toegepast (Friso van Dam, RHDHV)
21. Ontwerp Wind- en zonnepark in Energieopslagmeer (Panagiotis Mastrodimos)
22. Ontwerp van het scheepvaart en afvoerkanaal in het Getijmeerr van Delta21 Quintes van Horick
23. Ontwerp opties voor een traditionele zeekering rond het Energieopslagmeer Delta21 (Stanley Versteeg)
24. Correcte modellering benedenstroomse gebied met Delta21 en impact Delta21 op extreme waterstanden in het gebied (Wouter Zijlstra)
25. Ontwerp scheepvaart toegangssluis naast Stormvloedkering Delta21 (Sóley Hjörvarsdóttir)
26. Ontwerp nieuwe stormvloedkering met getijopwekking (Bob Verschoor)
27. Ontwerp behuizing Archimedes pompturbinesysteem voor Energieopslagmeer (Stefan Verhoeff)

Bijlage 2.2 Universiteit van Wageningen: ACT groepen

1. Mossel- en oestercultuur in Haringvliet (ACT 2220)
2. Herstel brakwater-ecosysteem en vismigratie Haringvliet (ACT 2431)
3. Bevorderen van de vismigratie via een brak open Haringvliet (ACT 2593)
4. Wat biedt Delta21 aan kansen voor CO2 mitigatie (Climate Change onderzoek)
5. Hydrologische en ecologische eisen aan een vismigratierivier voor het Haringvliet (ACT 2665 A)
6. Monding Haringvliet inrichten als een Nationaal Park (Deltarium Connect ACT 2526 B)
7. Ecologische voorwaarden voor een vismigratierivier in het Haringvliet (ACT 2665 B)
8. Invloed pompturbines Energieopslagmeer op biodiversiteit en trekvis (ACT 2710)
9. Het herstel van de vismigratie via de Haringvliet (ACT 2774)
10. Combinatie van aquacultuur met zonnepark in Energieopslagbassin van Delta21 (ACT 2430)
11. Delta21 en Bouwen met de Natuur (ACT 2239)
12. Delta21 en de contacten met stakeholders (ACT Delta Match)
13. Milieueffecten op de Haringvlietmonding als gevolg van Delta21 (ACT Deltado)
14. Kansen voor aquacultuur in het Energieopslagmeer (ACT 2780)
15. Haringvlietmonding inrichten als Nationaal Park (SepDelta ACT 2526 A)
16. Hoe verkrijgt Delta21 legaal en sociaal groen licht voor de realisatie (ACT 2929)
17. Ontwerp van het biodivers landschap voor Delta21 (ACT 2827-Eco21)
18. Kan een verdere opening van het Haringvliet bijdragen aan het behalen van de KRW-doelen (ACT 2389)
19. Versterken van de biodiversiteit in de Voordelta bij Delta21 (ACT 2862 Deltide)

20. Compensatie maatregelen (ADC-toets) voor aanleg Delta21 binnen Natura2000 gebied (ACT groep, Harena Consultancy YMC 90809)
21. Onderzoek naar effect van riffen en andere constructies op de bodem van het Energieopslagmeer (ACT Wageningen 2965, Biodiversity Boosters) ecologie)

Bijlage 2.3 Onderzoeken uitgevoerd door hogescholen en andere bachelorstudenten

1. Ontwerp Getijcentrale gecombineerd met de stormvloedkering Delta21 (Georges Dykmans, HZ Vlissingen)
2. Aanleg duinenrij Energieopslagmeer Delta21 (Joost van Dam, Haagse Hogeschool)
3. Energieopslag, de toekomst van ons hoogspanningsnet (Daan Emmerig, TUDelft)
4. De maatschappelijke waarde van een verhoogde waterveiligheid als gevolg van Delta21 (G.E.W. van den Bosch), TUDelft)
5. Investeren in Delta21, winstgevend beheer met een verhoogde waterveiligheid (Kerem Turca), TUDelft)
6. Een operationele strategie voor het EOM van Delta21 (Pieter van Spaendonck, TUDelft)
7. Ontwerp Wind- en zonnepark in het EOM (Bryan van Elven, Hogeschool Rotterdam)
8. Opspuit- en baggerplan Delta21 (Sietse Kneppers, Hogeschool Rotterdam)
9. Ontwerp deel Vispassage Haringvlietdam (Bart van der Wolff, Hogeschool Rotterdam)
10. Ontwerp deel Vismigratierivier Delta21 (Jeroen Lokker, Hogeschool Rotterdam)
11. Ontwerp ondersteuningsconstructie pompturbines Delta21 (Seif Eldin Mostafa, Hogeschool Zeeland)

Bijlage 3 Sponsors, sympathisanten en deelnemers klankbordgroepen

Naast de tientallen studenten heeft ook een aantal sponsors een belangrijke bijdrage geleverd aan de eerder genoemde onderzoeken of daarvoor een kostenbegroting gemaakt

- *Civiele werken voor de pompturbines*
Voor het ontwerp en de kostenbegroting van de civiele werken voor de pompturbines: Van Hattum en Blankevoort, Ballast Nedam en BAM.
- *Archimedes-pompturbines*
Voor het ontwerp en de kostenbegroting van de Archimedes-pompturbines: FishFlow Innovations.
- *Bagger- en opspuitwerken*
Voor het ontwerp en de kostenbegroting van de bagger- en opspuitwerken: Boskalis, van Oord en DEME.
- *Aansluiting op TenneT-netwerk*
Voor de kosten van de aansluiting op het TenneT Netwerk: Spie .

- *Diversen*

Voor het ontwerp en de deeladviezen over de civiele constructies, de pompturbines, de natuurontwikkeling, de impact en de maatregelen voor de Natura 2000-gebieden: onder meer Movares, Witteveen en Bos en RHDHV.

Bijlage 3.1 Sponsors Delta21

- Provincie Zuid-Holland
- Ballast Nedam
- Volker Wessels-van Hattum en Blankevoort
- BAM Infra
- Unica Datacenters
- Hogeschool Zeeland
- TU Delft
- Universiteit Wageningen WUR
- Boskalis
- Van Oord
- DEME
- NOVAR
- GroenLeven
- Movares
- FishFlow Innovations
- Campus@sea
- Spie
- Shell Nederland
- RWE
- Royal Haskoning DHV
- Witteveen en Bos
- BC1
- Brown Green
- Verboon Maasland
- Pentair

Bijlage 3.2 Sympathisanten Delta21

- URGENDA
- TenneT
- Nationaal Baggermuseum
- Watersnoodmuseum
- PZEM
- HVC Groep
- Dutch Wind Design
- The Seaweed Company

- Royal IHC
- Eneco
- EPZ
- Ocean Grazer
- Henk Compter
- Gemeente Rotterdam
- Havenbedrijf Rotterdam

Bijlage 3.3 Klankbordgroep haalbaarheidsonderzoek

- EBN
- Stedin
- PZEM
- HVC Groep
- Dutch Wind Design
- Eneco
- EPZ
- Henk Compter, ex-SEP
- Gemeente Rotterdam
- Havenbedrijf Rotterdam
- Jan Maas, Hogeschool Zeeland, ex. Delta

Bijlage 4 Raming Delta21-pompstation door Ballast Nedam

Ballast Nedam Infra Speciale Projecten

Raming: DELTA 21 - pompstation

Begroter: Martina Dopper

Datum: 26 oktober 2023

TEKENINGEN:

Schets pompstation - september 2022

Schetsen vijzelpompconstructie

Turbine V4-maatvoering

UITGANGSPUNTEN

Beginsituatie

Door consortium baggeraars aangelegde dijk op NAP +5 meter, met een kruinbreedte van 100 meter.

Bovenkant constructievloer: NAP -7,00 meter.

Dikte vloer: 2,5 meter

Fundatie op staal

Bodem energieopslagmeer: NAP -30 meter.

Plaatselijke verdieping ten behoeve van drijvers: tot NAP -34 meter.

Hart of hart afstand vijzels: 26 meter.

Totaal aantal vijzels: 100 stuks, met de mogelijkheid tot uitbreiding naar 300 stuks.

Afmeting vijzels: lengte 66,7 meter tot draaipunt;
 circa 21 meter daarboven;
 diameter \varnothing 10 meter.

Aandrijving/motor vijzels boven water: droog, NAP +1,5 meter.

AANNAMES

Talud van de dijk ter plekke van de constructie zeer flauw, circa 1:5.

Talud van de dijk wordt bekleed met stortsteen, die in de definitieve situatie wordt hergebruikt.

In de dijk wordt een bouwput ontgraven tot NAP -12,5 meter (17,5 meter diep). De uitkomende grond wordt opgeworpen als extra dijkverhoging aan de buitenzijde, later te verwijderen door het consortium baggeraars.

Breedte bodem bouwput: circa 70 meter.

Talud 1:1 tot 1:2.

Damwand valmeerzijde heeft functie van kwelscherm, PPN circa 5 meter onder bodem valmeer = NAP -35,00 meter.

Bovenkant damwand: circa NAP -10 meter.

Damwand wordt verankerd. Ankers hart op hart 1,26 meter, lang 61 meter.

Aangrijpniveau: NAP -12 meter. Damwand zeezijde PPN NAP -35 meter. Bovenkant NAP -7 meter.

Bouwput wordt drooggehouden door tijdelijke damwandschermen en bemaling.

Steeds een sectie van 4 vijzels maken. Deze worden aan elkaar gekoppeld.

Dilatatie tussen de 'moten'.

De keerschuif is gebaseerd op kengetallen project SO IJmuiden.

Ten behoeve van de besturing van de keerschuif is een post opgenomen, referentie ook SO IJmuiden.

NB. Uitgangspunt is dat er een stroomaansluiting is, gezien de vijzels ook stroom gebruiken / leveren.

Er zijn engineeringkosten meegenomen in de raming om de civiele scope te ontwerpen en te berekenen.

Engineeringkosten voor het integrale project zijn hier NIET in meegenomen.

Indirecte kosten behorende bij de civiele scope zijn inbegrepen in de raming, zoals algemene bouwplaatskosten, uitvoeringskosten en bijkomende kosten.

Koepelkosten (integraal projectmanagement) is hier niet inbegrepen.

Er zijn legeskosten voorzien voor te verkrijgen vergunningen (bijv. grondwateronttrekking / lozingskosten).

Kosten voor NGE / K&L / Flora & Fauna zijn in deze raming niet opgenomen.

DUIDING RAMING, RISICO's en ONZEKERHEDEN

De raming heeft nog een grote bandbreedte, +/- 30 procent die hoort bij de fase van een haalbaarheidsstudie.

De risico's zijn nog niet in beeld gebracht, voorlopig is het risicopercentage dat bij dit object hoort vastgesteld op 7 procent, als ervaringsgetal.

In de directe kosten is een post opgenomen van 10 procent voor nader te detailleren scope. Het betreft hier vooral elementen van het ontwerp die nu nog niet in beeld zijn, benoemd zijn en details die nog niet uitgewerkt zijn. Denk hier vooral ook aan alle tijdelijke hulpwerken die nog niet bedacht zijn en een werkmethode die nog niet uitgedacht is.

Bijlage 5 Cases bij haalbaarheidsstudie

In deze bijlage is een aantal cases uitgewerkt. Over de mogelijke aquacultuur, over een drijvend zonnepark, een park van AQUABATTERY-systemen, een windpark en datacenters in en rond het energieopslagmeer.

Bijlage 5.1 Casus aquacultuur – kweek van mosselen en oesters in het valmeer

Addy Risseeuw van PO Mosselcultuur, Jaap de Rooij van de Nederlandse Oestervereniging en Jaap Geleijnse van de Vereniging van Zeeuwse Hangcultuurkwekers hebben onderstaande casus uitgewerkt over de kweek van mosselen en oesters in het energieopslagmeer of valmeer.

Delta 21 bv ziet dit als een mogelijk interessante bijvangst van het Delta21-concept. Naast de mogelijke kweek van mosselen en oesters wordt ook gedacht aan kansen voor de kweek van zeewier, kreeften, langoustines en garnalen. Maar in deze casus gaat het primair om het kweken van oesters en mosselen. Deze producten kunnen ook een bijdrage leveren aan de snelle koolstofvastlegging en aan de vastlegging van slib en het zuiveren van het zeewater. Om de multifunctionaliteit te versterken, is geopperd om een zogenoemd Integrated Multitrophic Aquaculture system (IMTA) toe te passen, met mogelijk positieve consequenties voor het natuurbeheer. Het kan de kwaliteit van het gebied verhogen. Factoren als duurzaamheid, productiviteit, winst, natuurherstel en koolstofopslag zullen ook meewegen in de beoordeling. De kweek van schelpdieren en bodemvoeders hebben in het algemeen een gunstig effect op de omliggende omgeving.

a. Mosselkweek in het Valmeer, op de bodem, de terrassen en de hellingen van het binnentalud

Het is zonder twijfel mogelijk om op de bodem van het energieopslagmeer mosselen te kweken. In het meer zouden we bijvoorbeeld 10 km², ongeveer 25 procent van het energieopslagmeer, kunnen gebruiken voor het kweken van mosselen door hangcultures op een waterdiepte van minimaal 5 meter. Als die oppervlakte beschikbaar is, zijn per hectare ongeveer honderd strengen met mossels in een hangcultures van elk 10 tot 15 meter lengte denkbaar. Het totaal aantal strengen is dan $10 \cdot 10.000 = 100.000$ strengen van elk 10 tot 15 m lang.



De sector twijfelt over twee mogelijke complicaties. 1) Het is nog niet helder welk effect een variërend waterstandpeil tot 25 meter heeft op de mosselen. 2) De combinatie van de veiligheidsfunctie en de mosselkweek is voor de laatste erg riskant, omdat de mogelijke instroom van zoet water een grote kans geeft op de sterfte van de mosselen. Die overleven enkele dagen in zoet water niet.

Op dit moment wordt al voorzichtig geëxperimenteerd met de kweek van mosselen in de Voordelta. Die locatie kent uiteraard haar beperkingen. Niettemin willen we liever naar de hele Voordelta kijken dan alleen maar naar het energieopslagmeer als mogelijke toekomstige locatie van mosselkweek.

Om de businesscase over de productie van mosselen in het energieopslagmeer goed in te kunnen schatten, is meer onderzoek nodig. Deze optie in het energieopslagmeer heeft op dit moment niet onze hoogste prioriteit. Wij blijven echter zowel de ontwikkeling van het concept als de kansen voor mosselcultuur daarin graag volgen.

b. Oesterkweek in het Valmeer, op de bodem, de terrassen en de hellingen van het binnentalud

Wat in het algemeen geldt voor de mosselkweek geldt ook voor de oesterkweek in het energieopslagmeer: er is zeker interesse, maar er zijn ook nog veel twijfels of de businesscase wel haalbaar is. Niettemin hebben we geprobeerd om voor een oppervlakte van 5 km² in het energieopslagmeer een inschatting te maken van zowel de productie, de opbrengsten als de investeringen.

De jaarproductie voor een dergelijk oppervlakte wordt geschat op 2.500 ton oesters. Die vertegenwoordigen een totaalomzet van € 10 miljoen per jaar. Om de werkzaamheden te kunnen uitvoeren, zijn vaartuigen en een haveninfrastructuur voor aanlanding met walinstallaties nodig. Op de wal is ook een installatie nodig om de oesters gereed te maken voor productie. Er moet ruimte zijn voor de afvoer van de oesters met schepen of vrachtauto's. We schatten de investeringen die hiermee gemoeid zijn op € 75 miljoen. Er wordt primair gedacht aan de Japanse oesters of de creuses, waarvoor honderd werknemers nodig zijn. De combinatie met mosselhangcultuur is goed mogelijk. Op dit moment is de situatie in de oestersector echter allesbehalve financieel rooskleurig. Er is dus momenteel weinig ruimte om te investeren in oesterkweek in het energieopslagmeer, omdat de investeringen fors zijn en er in de sector ook nog veel vragen leven over het succes van de business case. Meer onderzoek is dus nodig.



Bijlage 5.2 Casus aquacultuur – kweek van zeewier in het energieopslagmeer

The Seaweed Company heeft onderstaande uitgewerkt. Het betreft de aanleg van een zeewier production unit in het energieopslagmeer. Delta21 bv schat deze mogelijkheid in als een zeer interessante bijvangst.

Het energieopslagmeer is ruim 40 km² groot. De waterdiepte varieert van NAP -3 meter tot NAP -28 meter, de bodemdiepte is NAP -33 meter. Dagelijks varieert het waterpeil dus maximaal 25 m. Deze grootschalige opslagfaciliteit in combinatie met de in- en uitstroom van water maakt de implementatie van een zeewierfarm mogelijk. De vraag is dan in hoeverre zo'n zeewier production unit de haalbaarheid van het Delta21-concept versterkt en of zo'n zeewierfarm interessant is voor The Seaweed Company.

The Seaweed Company gaat in deze casus uit van een gebruik van 5 km² (500 hectare) van het energieopslagmeer plus 1 tot 3 hectare van het omliggende land voor een zeewier production unit (cultivatiefarm op het water en productiefaciliteit op het land). Dan gaat het om ongeveer 12,5 procent van het energieopslagmeer voor het kweken van zeewier aan lijnen in een waterdiepte van minimaal 5 meter.



De gewenste soort zeewier is van de familie van de bruine wieren: Alaria (Atlantic Wakame) en/of Saccharina (Royal Kombu/Suikerwier). Andere soorten kunnen op termijn in overweging genomen worden.

In het energieopslagmeer wordt een grid-structuur aangebracht met gebruikmaking van ankers en lijnen (optie 1) of met een permanente structuur op basis van palen die in de bodem worden aangebracht (optie 2).

In dit grid kunnen ingezaaide zeewierkweeklijnen worden gehangen. De groeiperiode is vanaf oktober (inzaaien) tot eind april/begin mei (oogsten). Op een oppervlakte van 5 km² zijn per hectare ongeveer 20 lijnen met elk een lengte van 100 meter mogelijk. De totale lijnlengte is 20 lijnen x 500 hectare x 100 meter = 1.000.000 meter. Het verwachte volume is 5 tot 7 kilo zeewier per meter lijn. Dus de totale opbrengst per seizoen is 5 tot 7 miljoen kilo nat.

Afhankelijk van de stabilisatiestap (drogen, fermenteren, extractie) en de applicatie, representeert dit een jaarlijkse marktwaarde van ongeveer € 7,5 tot 10 miljoen op basis van € 1,50 per kilo zeewier.

Op land zal een faciliteit gebouwd worden om zeewier tot de gewenste toepassing te verwerken. Hiervoor zijn vele nieuwe innovaties mogelijk om dit op een duurzame manier te verwezenlijken. Denk aan ultrasoon drogen en extraheren. De capex- en opex-kosten voor de bovenstaande operatie zijn op dit moment niet bekend. Samenwerking met andere aquacultuuractiviteiten (bijvoorbeeld oesterkweek) op hetzelfde oppervlak is mogelijk in een zogenaamd Integrated Multi Trophic Aquaculture-systeem.

Bijlage 5.3 Casus drijvend zonnepark

Deze casus is uitgewerkt door Willem Biesheuvel en Wilco Koops van GroenLeven. Het betreft de aanleg van een drijvend zonnepark in het energieopslagmeer. Delta21 bv ziet deze mogelijkheid als een zeer interessante bijvangst van het Delta21-concept.



Het energieopslagmeer is ruim 40 km² groot. De waterdiepte varieert van NAP -3 meter tot NAP -28 meter. De bodemdiepte is NAP -33 meter. Dagelijks varieert het waterpeil dus maximaal 25 meter. Het opgesteld vermogen van de 100 pompturbines bedraagt 100* 20 = 2 GWe. De maximale opslagcapaciteit van het energieopslagmeer of valmeer bedraagt 34 GWh. De duur van vullen en ledigen is ongeveer 30 uur.

Daarvoor is een investering voor de totale aanleg van € 8 miljard nodig. De levensduur van het energieopslagmeer of valmeer bedraagt 100 jaar, inclusief de 2 GWe-verbinding met het 380 kV hoofdnet van TenneT. De grootschalige opslagfaciliteit binnen het Delta21-concept kan gecombineerd worden met een windpark en/of een zonnepark. Ook extra opslag met bijvoorbeeld een of meer AQUABATTERY-systemen op de bodem van het meer is mogelijk. De combinatie van het valmeer met de productie van waterstof kan ook onderdeel uitmaken van de grootschalige duurzame energiehubs die met het Delta21-concept kan ontstaan in het mondingsgebied van het Haringvliet. De vraag is dan in hoeverre een drijvend zonnepark van GroenLeven de haalbaarheid van het Delta21-concept versterkt en in hoeverre zo'n zonnepark interessant is voor GroenLeven.

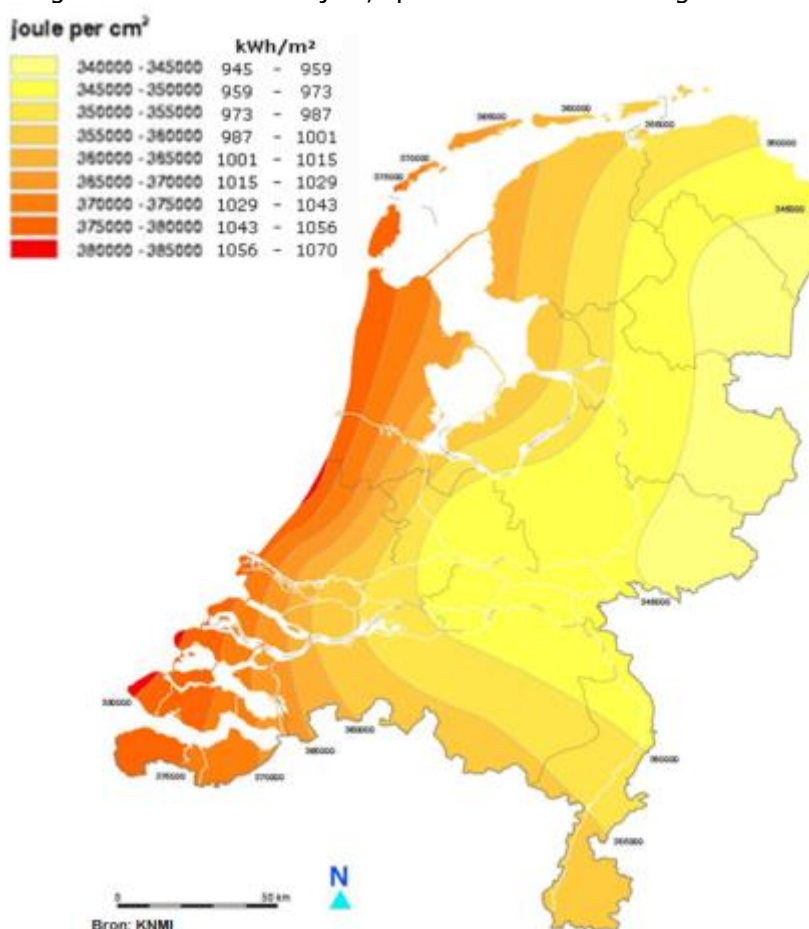
Uitwerking casus

In deze casus wordt 16 km² van het energieopslagmeer gebruikt voor een drijvend zonnepark van GroenLeven. Het totale vermogen voor het zonnepark is ongeveer 3 GW_{peak}, een en ander op basis van de ingeschatte capaciteit panelen van 700Wp-panelen, die rond 2030 verwacht worden. Uit allerlei studies en eigen onderzoek en data blijkt dat de bedekking bij voorkeur niet meer dan 50 procent is. Er dient rekening te worden gehouden met een afstand tot de oever. Een oppervlakte van 16 km² ten opzichte van totaal ruim 40 km² is ca. 40 procent bedekking. Uitgangspunt is dat dit door de grote waterpeilfluctuatie van het energieopslagmeer of valmeer (van NAP -3 meter tot NAP -28 meter) maximaal 50 procent van het nog aanwezige wateroppervlak is bij lage waterstand en circa 40 procent bij een hoge waterstand in verband met de taluds.

Vanwege de verankering en de windbelasting op dit grote oppervlak (16 km²) kan niet worden uitgegaan van één eiland. Wij hebben als uitgangspunt genomen meerdere PV floating-eilanden van elk 25 hectare per eiland inclusief beweegruimte.

De aanlegkosten bedragen dan ongeveer € 2 tot € 2.3 miljard, op basis van een schatting en de huidige prijzen, exclusief netaansluitkosten en kosten voor het kabeltracé. Exclusief ook onderhoud en monitoringskosten van circa € 10 tot € 12 miljoen per jaar voor 30 jaar (inclusief vervanging materiaal, preventief/reactief onderhoud, monitoring etc.). Disclaimer: deze raming is slechts gebaseerd op OPEX voor technisch onderhoud. Kosten zoals retributie, bijdragen aan gebiedsfonds(en), SPV-beheerskosten en sitebeveiliging zijn moeilijk in te schatten, aangezien er al snel dubbeltellingen mogelijk zijn met andere opwekkingsmogelijkheden in het valmeer.

De jaarlijkse totale maximale opbrengsten, zonder curtailment bedragen ca. 2,85 TWh op



basis van een oost-west-opstelling en 950 vollasturen. Dit is nog conservatief gerekend, want het kaartje laat zien dat er regionaal nog ruimte is voor een toename (op basis van oost-west) tot circa 4 procent.

De economische levensduur bedraagt 30 tot 35 jaar. De door investeerders geaccepteerde exploitatietermijn is 35 jaar. De combinatie van een zonnepark met de mogelijkheid van een opslag in het valmeer is nu nog niet het gebruikelijke uitgangspunt van GroenLeven.

Het is nu de praktijk dat er geen of eventueel additionele lithium-ion batterijen (of vergelijkbare techniek) worden bijgeplaatst, maar dan zullen die batterijen nu economisch niet alleen op het drijvende zonnepark kunnen draaien. Daar is dan ook een separate goede netaansluiting voor nodig die de batterij ook kan voeden op de momenten dat er geen zon is.

De tijdsduur van de opslag hangt van meerdere factoren af en is over het algemeen een kwestie van uren laden en ontladen en dat eigenlijk ook op dagelijkse basis. Dit is dan mede nodig om voldoende rendement van de batterij te bereiken, mede door de korte technische levensduur van Li-ion batterijen van 10 tot 15 jaar.

In het algemeen is het voor een zonnepark altijd zeer belangrijk, dat er voldoende mogelijkheden zijn om de opgewekte en/of opgeslagen stroom terug te leveren aan het net (waar mogelijk op basis van de vraag). Zoals hierboven eerder aangegeven is het dan tevens gewenst om daarbij een vaste afnamemogelijkheid via de netverbinding beschikbaar te hebben.

De combinatie van een zonnepark met een valmeer is niet onderzocht in deze casus, maar zou ervoor kunnen zorgen dat er geen aanvullende afnamemogelijkheid van het net nodig is, omdat het op meerdere manieren mogelijk wordt om de batterij op te laden binnen het Delta21-energieopslagsysteem. Vervolgens kunnen de batterijen ontladen en kan teruglevering via het e-net plaatsvinden. Hiervoor is wel een serieuze aansluiting gewenst/nodig.

GroenLeven ziet zeker mogelijkheden voor koppelkansen op een aansluiting op het bestaande net op de Maasvlakte, vanwege de ophanden zijnde uitfasering van twee steenkolencentrales (de ONYX-centrale Rotterdam van 731MW en de Centrale Maasvlakte van 1070 MW) rond 2030 en ook door de nabijheid van het TenneT 380kV-station op de Maasvlakte van 8 GWe.

De mogelijkheid om het drijvend zonnepark direct te koppelen aan het valmeer met een vermogen van 2 GWe en een opslagcapaciteit van 34 GWh lijkt interessant, maar is niet onderzocht. Het dan vereiste opgestelde vermogen (MWe) en de nodige capaciteit (GWh) is door ons nu, voor de periode na 2030, zeer lastig in te schatten. Een vermogen van een orde van grootte van 500 MWe en daarbij behorende opslagcapaciteit van 2 GWh gedurende 6 tot 12 uur is niet meer dan een eerste ruwe inschatting. Daarmee zou het 16 km² grote zonnepark ongeveer 25 procent van het in het valmeer beschikbare vermogen en 15 procent van de opslagcapaciteit kunnen benutten.

Omdat echter de vulling van de opslag dagelijks tussen 10 en 14 uur valt als het aanbod van zonlicht het hoogste is en de piekvraag vooral 's morgens en 's avonds plaatsvindt, lijken er nog tal van optimalisatiemogelijkheden denkbaar, die met andere gebruikers van het valmeer zouden moeten worden afgestemd.

Bijlage 5.4 Casus AQUABATTERY-park

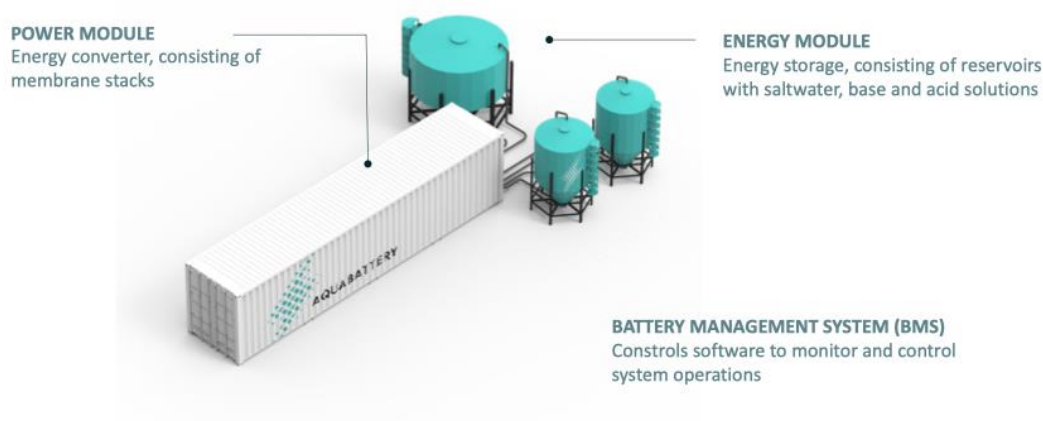
Onderstaande casus is door dr. Jiajun Cen van het bedrijf AQUABATTERY uitgewerkt en betreft de aanleg van een AQUABATTERY-park binnen het Delta21-energieopslagmeer. Het AQUABATTERY-park wordt gezien als een interessante bijdrage aan het gehele Delta21-concept.

Het energieopslagmeer bevat ongeveer 1.300 miljoen m³ zeewater. Dagelijks wordt ruim 400 miljoen m³ voedselrijk zeewater uitgewisseld met de Noordzee. De waterstand varieert van NAP -3 meter tot NAP -28 meter en er staat altijd minimaal 5 meter water in het bassin als buffer.

Naast het hoofddoel om ook het energieopslagmeer of valmeer ecologisch aantrekkelijker te maken en de biodiversiteit te vergroten, liggen er ook kansen voor zonneparken, windparken, energieopslag en aquacultuur, die binnen dat doel passen.

Het energieopslag concept van AQUABATTERY is interessant voor het Delta21-concept, omdat groene energie daarmee opgeslagen kan worden in zoutwater. Dus geen giftige materialen zoals lood, lithium en kobalt die schadelijk zijn voor mens en milieu.

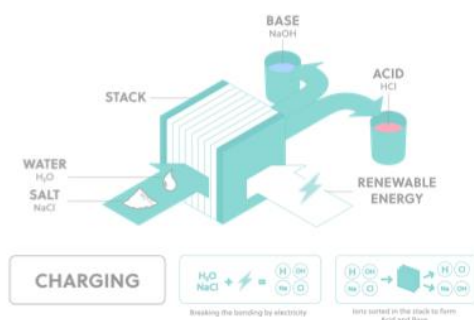
OUR SOLUTION: A SALTWATER FLOW BATTERY TO CREATE POWER FLEXIBILITY



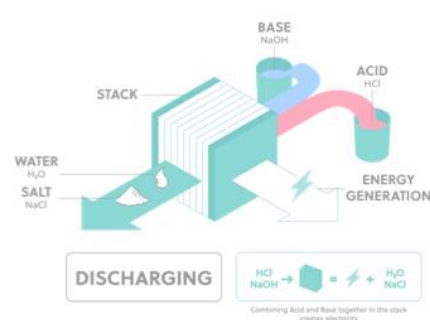
Het systeem bestaat uit een powermodule met membraanstacks. De powermodule bepaalt het maximale vermogen in MW. Dit kan uitgevoerd worden in een 40ft-zeecontainer (circa 300kW per module) of de membraanstacks kunnen geplaatst worden in een gebouw (hoe meer membraanstacks hoe hoger het vermogen).

THE AQUABATTERY EXPLAINED

Charging

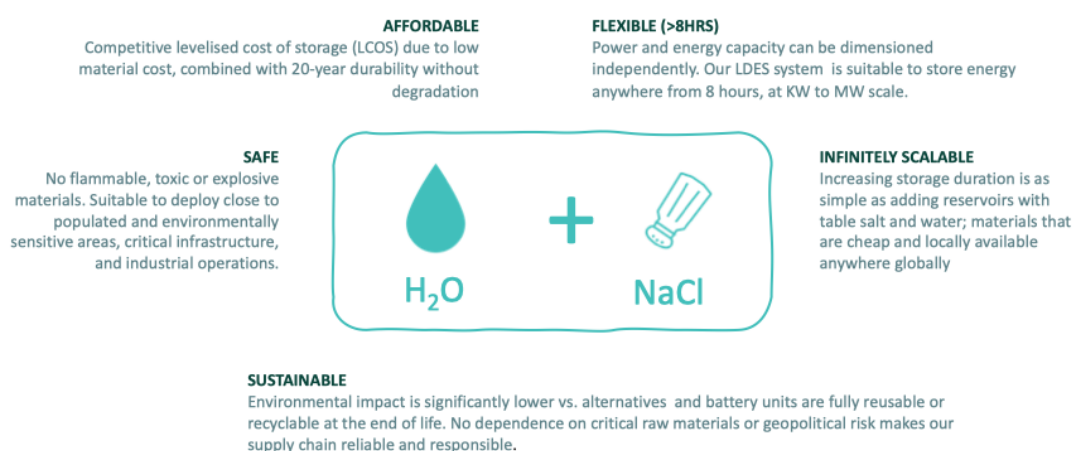


Discharging



Middels een zuur-base-reactie wordt energie in water opgeslagen. Wanneer het nodig is, wordt het weer vrijgemaakt. Bij het opladen van het AQUABATTERY-systeem wordt elektrische energie gebruikt om het zout water om te zetten in een basische en een zure wateroplossing. Deze worden vervolgens opgeslagen in separate reservoirs. Het proces is omkeerbaar. Wanneer elektrische energie nodig is, worden basische en zure oplossingen gemend in de modules om zout water te maken en elektriciteit te genereren.

WHAT MAKES STORING ENERGY IN TABLE SALT AND WATER SO POWERFUL?



AQUABATTERY heeft een roundtrip efficiency (RTE) van meer dan 70 procent als doel. Het systeem is namelijk efficiënter als het opladen en ontladen langzaam gebeurt, met dus een lagere vermogen dan waarvoor het systeem is ontworpen. Doormiddel van een battery management system kan er hierop gestuurd worden. Het concept is vooral aantrekkelijk voor long-duration energy storage (LDES) oftewel energieopslag voor ten minste 8 uur ontladen bij een maximum vermogen. Het opslagmedium is namelijk goedkoop.

Wegens het gebruik van zout water als opslagmedium is het AQUABATTERY-systeem overigens ook inherent veilig voor mens en natuur. Zelfs bij een onwaarschijnlijke event waarbij het opslagmedium in het valmeer zal lekken, zal er voor de natuur geen enkele schade zijn.

De reservoirs die nodig zijn voor het opslaan van zout water, zuur water en basisch water kan flexibel zijn, bijvoorbeeld door grote waterzakken te gebruiken.

AQUABATTERY is in de pilotfase en heeft momenteel een energiedichtheid van ongeveer 5 kWh/m³ zout water. In de komende jaren wordt de energiedichtheid opgehoogd naar ongeveer 25 kWh/m³ door hogere concentratie zuur en base te maken.

Bijlage 5.5 Casus windpark in het valmeer

Dutch Wind Design heeft een casus uitgewerkt voor een windpark in en rond het energieopslagmeer of valmeer met zijn nieuwste windmolenconcept (zie hieronder).

Dutch Wind Design gebruikt voor het valmeer een innovatief en efficiënt concept van kleinere windmolens met een nominaal vermogen van 129 kW per windmolen. Daarbij is Dutch Wind Design uitgegaan van 40 km² meeroppervlakte en van 16.000 windturbines met onderling een 3 rotor diameter afstand, oftewel 54 meter, waarmee je jaarlijks in dit gebied 16.000 x 356 MWh =

5,7 TWh kunt opwekken. Het totaal nominaal vermogen is $16.000 \times 129 \text{ kW} = 2,06 \text{ GWe}$. De door de windmolens opgewekte stroom kan direct met bestaande stroomkabel via het TenneT hoofdstation aan het Rotterdamse netwerk worden geleverd.



Het windpark kan bij een geringe vraag ook gebruikmaken van de opslagcapaciteit van het Delta21-concept. Om de benodigde capaciteit voor de opslag van overtollige wind uit het windpark in te schatten, is een marktanalyse nodig voor de periode van 2031 tot 2050. Een eerste ruwe inschatting komt uit op een benodigd opslagvermogen van ongeveer 500 MWe van de totaal beschikbare opslagcapaciteit van 2 GWh gedurende 6 tot 12 uur. Daarmee zou het 40 km² grote windpark

ongeveer 25 procent van het in het valmeer beschikbare vermogen en 15 procent van de opslagcapaciteit kunnen benutten. Het windaanbod is echter sterk afhankelijk van de weersgesteldheid. De stroompiekvraag ligt van 's morgens van 6 tot 10 uur en 's middags van 16 tot 22 uur. Het aanbod is vooral afhankelijk van het weer en in het najaar en winterseizoen hoger dan in het zomerseizoen. Er lijken tal van optimalisatiemogelijkheden aanwezig.

DWD Private & Confidential Information



Dutch Wind Design



PROJECT RECOMMENDATION AND TURBINE TYPE
DWD 18 | 76 | 35m 129 KW

NETHERLANDS FOR



DELTA
21

Oktober 15, 2023
COPY for Internal Use Only

Dutch Wind Design B.V. | Heerstraght 529 | 1017 B.V. | Amsterdam | The Netherlands
Chamber of Commerce: 30697617 | VAT: NL858426067803 | Bank: NL7426NAN033062188

Bij het kunnen realiseren van de klimaatdoelstellingen spelen ecologische factoren alsook het veroorzaken van overlast in welke vorm dan ook een grote rol. Een turbine die een hoog rendement oplevert op geringe hoogte met geen of zo min mogelijke impact op haar omgeving (geluid en slagschaduw, ruimtebeslag, alsook de ecologische factoren (flora en fauna), is een noodzaak om te komen tot het realiseren van een succesvolle energietransitie.

Naast deze factoren speelt nu ook congestie op het elektriciteitsnet een rol. Zo dient er tot 2030 € 70

miljard³⁴ geïnvesteerd te worden in het huidige netwerk om aan de vraag aan stroom te kunnen voldoen. Hiermee is er geen rekening gehouden met van het gas af gaan en ook niet met de groei van het aantal elektrische auto's. De instabiliteit van het netwerk maakt dat opslag van energie in combinatie met het direct zogenaamd off grid kunnen leveren van energie een pure noodzaak is geworden en daarmee een prioriteit voor beleidsmakers.

Het Delta21-concept herbergt al deze aspecten, alleen dan ook direct in het groot. Mooier en functioneler kan het niet. Het plaatsen van Dutch Wind Design-turbines in het energieopslagmeer en daaromheen zorgt er niet alleen voor dat er energie kan worden opgeslagen, maar ook goedkoop kan worden getransporteerd naar de afnemers in de nabije omgeving. Hoogspanning is hiervoor niet nodig, hetgeen een groot voordeel voor het opzetten van de grid tot gevolg heeft.

De Dutch Wind Design-turbine sluit tevens perfect aan op het grid van een zonnepark. Door wind- en zonne-energie te combineren, wordt een constantere en beter voorspelbare output gegenereerd en wordt de infrastructuur optimaal benut. Als vanzelfsprekend draagt dit zorg voor een beter rendement dat vanuit het Delta21-concept kan worden gerealiseerd. Gegeven het windgebied en de omvang gaat Dutch Wind Design uit van een 129 KW-windturbine en een ashoogte van 35 meter.

Nieuwste windmolenconcept Dutch Wind Design

Voor het windpark in het energieopslagmeer of valmeer wil Dutch Wind Design gebruikmaken van zijn nieuwste ontwerp windturbine, de FDe DWD 18. Deze turbine heeft een lage tipsnelheid en is dus fluisterstil. Hieronder geeft Dutch Wind Design de specificaties van deze FDe DWD 18-windturbine.

³⁴ Bron: *Netbeheer Nederland - Geactualiseerde Prognose 2023*



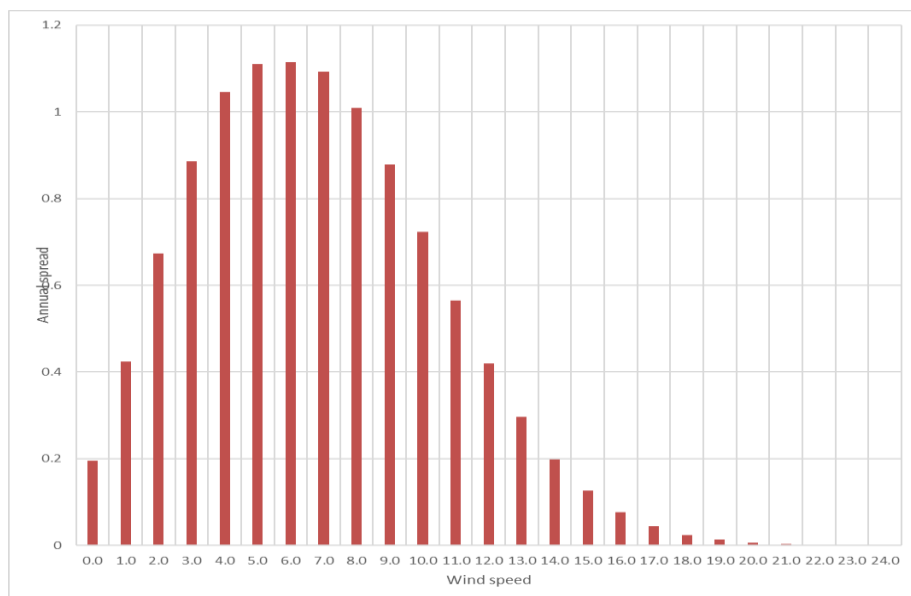
Nominaal vermogen	129 kW
Rotorafstand	3 (54m)
Rotordiameter	18 m
Hubhoogte	35 m
Levensduur	> 30 jaar
Generatorefficiëntie	97,98%
Versnellingsbak	n.v.t.
C_p waarde (3-10 m/s)	> 0,5
Geluid (op 100 m)	45 dB(A)

Dat de turbine geen versnellingsbak heeft, betekent dat hij geen lawaai maakt en geen onderhoud nodig heeft aan dit gevoelige onderdeel.

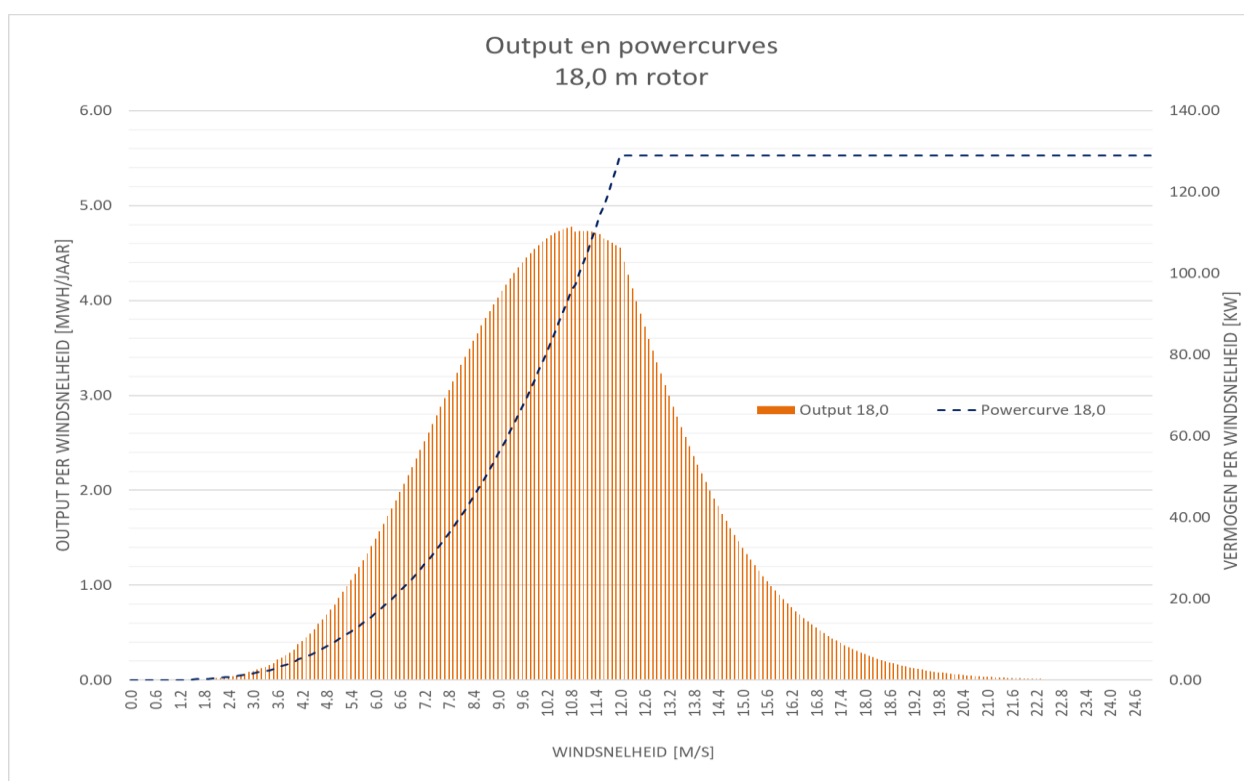
De aerodynamische ring in het ontwerp versnelt de langsstromende lucht in het gebied van de bladen, wat veel extra elektriciteit oplevert.

Het ontwerp heeft een dubbel mixfront. De lucht achter de turbine mengt op twee fronten met de niet verstoorte lucht. De lucht achter de turbine is daarmee sneller genormaliseerd; turbines kunnen dichter bij elkaar staan, zonder dat ze elkaar verstoren en wel op 3 rotordiameters. Dit zorgt voor een enorme meeropbrengst in geval van een windparkopstelling. Gangbaar is minimaal 5 tot 7 rotordiameters.

Door de beperkte afmetingen verstoren deze turbines minder het landschap en geven ze bewoners dus minder zichtoverlast. De levensduur is 30 jaar, waar dat bij de meeste modellen gemiddeld 20 tot 25 jaar is.

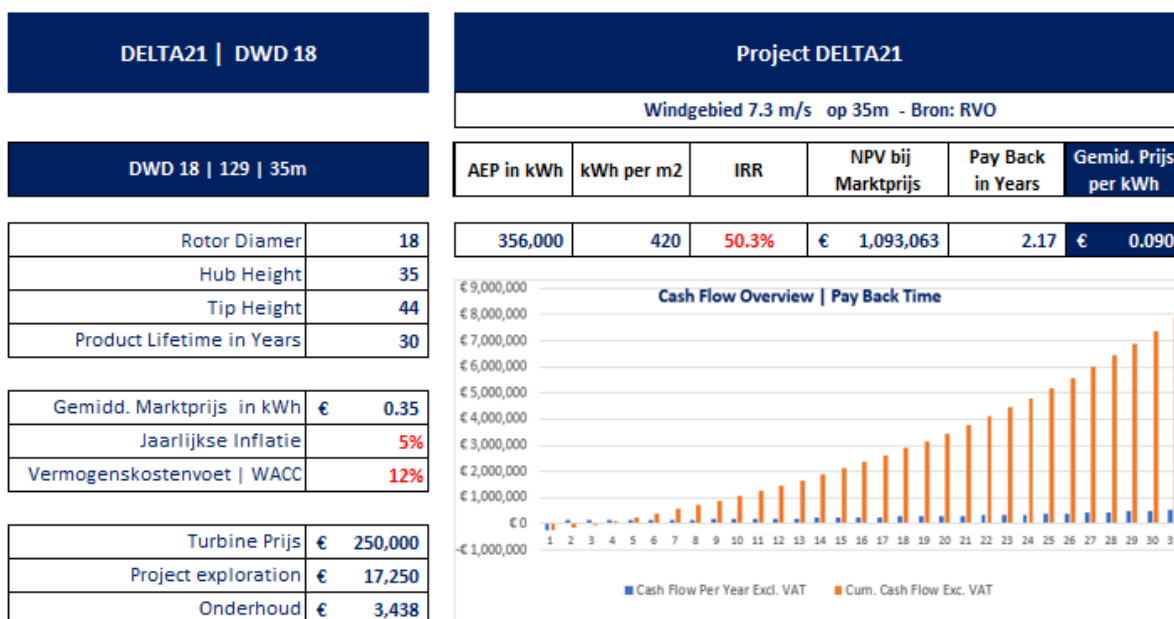


Weibull curve – gebied Delta 21



De opbrengst van de DWD 18-turbine is 129 KW op 35 meter hoogte. De gemiddelde windkracht bedraagt op die hoogte 7,3 meter per seconde. Deze waarden leiden tot een opbrengst van 356 kWh per windturbine.³⁵ Deze opbrengst leidt tot het onderstaande financiële overzicht.

³⁵ Bron: <https://geocontent.rvo.nl/windviewer/>



Minimale financiële opbrengst – DWD Project Delta21

Voor het project uitgaande van een optimale benutting van de 40 km² leidt dit ertoe dat maximaal 16.000 turbines kunnen worden geplaatst, uitgaande van 3 rotordiameters afstand, oftewel 54 meter. Dit houdt een projectcapaciteit in van 16.000 x 356 MWh = 5.696.000 MWh, afgerond 5.700 GWh, de jaarlijkse opbrengst in het Delta21-plan. Als we per huishouden van 3 MWh naar 10 MW verbruik uitgaan door verdere elektrificatie, kunnen we alsnog 570.000 huishoudens van stroom voorzien.

Als we uitgaan van dezelfde financiële randvoorwaarden als gesteld voor 1 windturbine leidt dit tot een NPV van € 17,5 miljard over een looptijd van 30 jaar bij een marktprijs voor elektriciteit van € 0,35 per kWh. De terugverdientijd van het project bedraagt 2,16 jaar, exclusief grid-kosten.

Met de synergie van de grid-kosten en installatie van zonne- en windenergie samen zullen deze lager uitvallen. Indien de overige installatiekosten inclusief grid in het slechtste geval 25 procent van de turbine-investering bedragen, vertraagt dat de terugverdientijd met 7 maanden. De ROI daalt dan van 51 procent naar 41 procent over de looptijd van het project.

DWD-karakteristieken nader uiteengezet

Dutch Wind Design richt zich op energieopwekking in de buurt van de gebruiker. Deze aansluitingen zijn snel te realiseren en relatief goedkoop. Dit vraagt geen grote ingrepen op het elektriciteitsnetwerk, waarmee duurzame elektriciteit eenvoudiger en sneller kan worden gerealiseerd. Op deze manier kunnen gebieden worden verduurzaamd, wat met grote turbines of zonnevelden niet mogelijk zou zijn.

Maatschappelijke relevantie



Eén van de voornaamste bezwaren tegen windturbines is de geluidsoverlast die zij veroorzaken. Bij een windturbine zijn twee belangrijke geluidsbronnen: de bladen en de versnellingsbak. De DWD18 heeft een direct drive generator, waardoor een versnellingsbak niet nodig is. Het aerodynamische geluid van de bladen wordt veroorzaakt door de tipsnelheid van de bladen: hoe harder de tip gaat, des te harder het geluid. Waar andere turbines een tipsnelheid hebben tot wel 90 meter per seconde, heeft Dutch

Wind Design dit beperkt tot 60 meter per seconde. Dit maakt de turbine fluisterstil, zodat deze nabij bewoonde gebieden geplaatst kan worden.



[Horizonvervuiling](#)

De DWD 18-turbine heeft een tiphoogte van 34 meter, waar conventionele turbines tot een tiphoogte van 250 meter gaan. De geringe afmetingen van de DWD 18 maken dat de turbine niet als een beeldverstorende kolos in het landschap staat. Zeker bij toepassing nabij bijvoorbeeld industriegebieden kan de horizonvervuiling als zeer gering worden beschouwd.



[Snelle installatie](#)

De installatie van de DWD 18-turbine geschiedt in één dag en vraagt geen speciale maatregelen. De aanleg van speciale wegen en de al dan niet tijdelijke verwijdering van obstakels is hierbij niet aan de orde, zoals doorgaans noodzakelijk voor grote turbines.



[Diervriendelijk](#)

Om het risico te verminderen dat vogels of vleermuizen in aanraking komen met de bladen van een windturbine, heeft Dutch Wind Design de tipsnelheid aanzienlijk verminderd ten opzichte van conventionele turbine. Ook is de zichtbaarheid van de turbine en de bladen verhoogd door deze in RAL 7004 uit te voeren, een donkerder grijze uitvoering van de standaard RAL 9010 (wit) of RAL 7035 (lichtgrijs). Dit levert meer contrast op tegen een bewolkte achtergrond en geeft vogels een visuele waarschuwing.



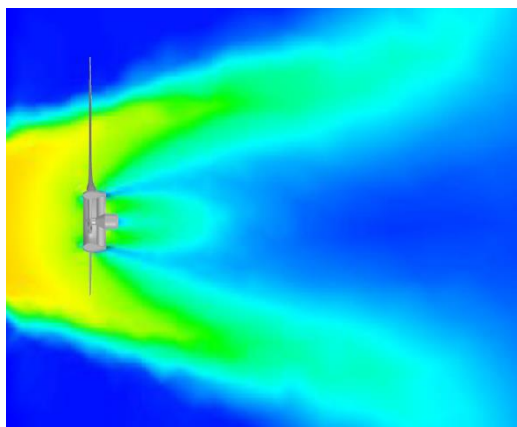
[Lange levensduur](#)

Waar mogelijk zijn onderdelen ontwikkeld met de circulaire gedachte. Een product dient echter ook repareerbaar te zijn en lang mee te gaan voor een positieve ecologische voetafdruk. De DWD 18 is ontwikkeld voor een technische levensduur van dertig jaar, tien jaar langer dan een conventionele windturbine.



[Gering zog](#)

Een windturbine onttrekt energie aan de passerende lucht en zet deze om in een rotatie. De lucht achter de turbine (zog) bevat dus minder energie dan de lucht vóór de turbine. Een turbine die dicht achter een andere turbine staat ontvangt dus minder energie uit de wind en is daarmee minder productief. Het zog achter de turbine wordt genormaliseerd door deze te mengen met onverstoorde lucht. De DWD turbine heeft een kenmerkende generatorring, waardoor de lucht hier aan de binnenzijde relatief vrij kan stromen. Het zog kan aan de achterzijde mengen met onverstoorde lucht vanuit de ring en vanuit de lucht rondom het zog.



Hiermee heeft het zog twee mengfronten, waardoor het sneller normaliseert, zoals blijkt uit de computersimulaties als aangegeven in figuur. Dit maakt dat turbines dichter bij elkaar kunnen worden opgesteld en er meer elektriciteit per km² kan worden opgewekt.

Simulatie van herstel zog, met in lichtblauw de gebieden waar verstoorde en onverstoorde lucht mengen.



Gering onderhoud

De automobiellindustrie heeft dankzij elektrische auto's inmiddels ondervonden dat minder bewegende onderdelen resulteert in hogere betrouwbaarheid en minder onderhoud. Dankzij de toepassing van een direct drive generator wordt de zwakste schakel in een windturbine, de versnellingsbak, niet toegepast bij de DWD 18. Naast onderhoud scheelt dit ook in de rendementsverliezen in het systeem en wordt er minder geluid veroorzaakt. Verder is de generator modulair opgebouwd en worden veel meer (kleine) spoelen en magneten dan bij conventionele turbines gebruikt. Uitval van één of enkele spoelen resulteert hierbij niet in stilstand van de turbine (en dus derving van kosten), maar slechts in een planbaar onderhoudsadvies. De lage snelheid van de bladen heeft – naast minder geluidsoverlast – als bijkomend effect dat er geen slijtage optreedt aan de bladen als gevolg van regen of hagel die inslaat op de voorrand. Ingewikkelde reparaties aan de bladen zullen dan ook niet noodzakelijk zijn.



Hoge efficiëntie

Een windturbine moet de energie uit de wind zo efficiënt mogelijk omzetten in elektrische energie. Het vermogen van een windturbine kan worden berekend met de volgende formule:

$$P = \frac{1}{2} * \phi * C_p * O * v^3 \quad (1)$$

Waarbij P = vermogen [W]

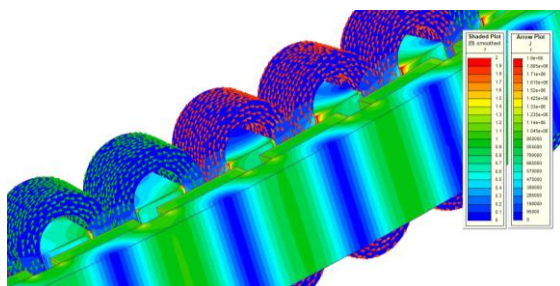
ϕ = soortelijke massa lucht [kg/m³]

C_p = power coëfficiënt [-]

O = bestreken oppervlak wieken [m²]

v = lichtsnelheid [m/s]

Om de aerodynamische efficiëntie te verhogen en de lichtsnelheid v te doen toenemen, past DWD een aerodynamische ring toe met de doorsnede van een vliegtuigvleugel. De ring maakt dat de aanstromende lucht een versnelling ondergaat en dus sneller het gebied van de bladen instroomt. Deze versnelling draagt enorm bij aan het vermogen, omdat tussen het vermogen en de windsnelheid een 3^e-machts relatie ligt. Tevens draagt de ring sterk bij aan de C_p waarde, een getal dat aangeeft hoeveel procent van de windenergie wordt omgezet in rotatie energie. Volgens de wet van Betz is het theoretisch maximum 59,3%; DWD haalt 50,1% bij windsnelheden tussen 3 m/s en 10 m/s. Als je dan veel energie opvangt is het ook zaak om deze efficiënt om te zetten in elektriciteit: de generator heeft een rendement van 97,98% bij de meest voorkomende windsnelheden in Nederland.



Elektromagnetische 3D-simulatie van de DWD 18-generator

▼ [Bewezen onderdelen](#)

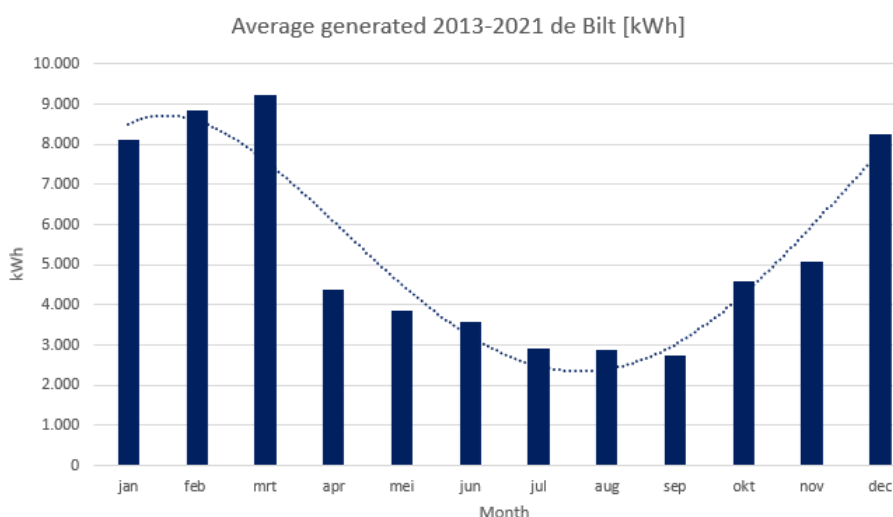
Waar mogelijk maakt Dutch Wind Design gebruik van componenten die zich hebben bewezen in de windindustrie. Zo is het hoofdlager afkomstig van IMO GmbH en levert Beckhoff Automation B.V de controllers. De generator wordt aangestuurd door Siemens Sinamics S120 drives en de ultrasone windmeter komt van Gill Instruments Ltd.

 [Terugverdientijd](#)

De hoge efficiëntie, het geringe onderhoud en de aantrekkelijk prijs hebben tot gevolg dat de terugverdientijd beperkt blijft tot minder dan 3 jaar.

Opbrengstenpatroon DWD 18 & zon

De opbrengst van een windturbine is natuurlijk sterk afhankelijk van de beschikbare wind. Er zijn grote variaties per dag, maar ook per maand of zelfs per jaar kunnen aanzienlijk andere opbrengsten worden gerealiseerd. Als we kijken naar de opbrengsten per maand die een DWD 18-turbine zou maken in de Nederland krijgen we een beeld zoals onderstaand:

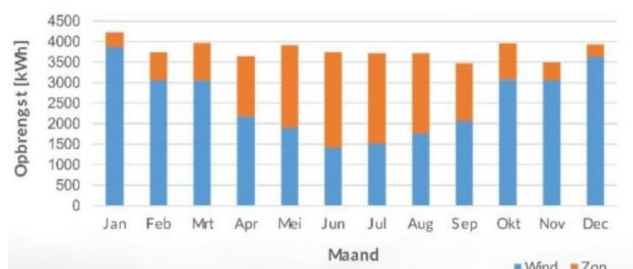


Gemiddelde opbrengst DWD 18 in De Bilt

In deze figuur zijn de actuele dagelijkse windsnelheden voor De Bilt voor de periode 2013-2021 omgerekend naar de daarbij opgewekte hoeveelheid elektriciteit (in kWh). Hieruit blijkt duidelijk dat de gemiddelde opbrengst in de herfst- en vooral de wintermaanden aanzienlijk hoger is dan in de periode van de lente en de zomer. De trendlijn in de grafiek maakt dit tevens duidelijk.

Complementair met zonne-energie

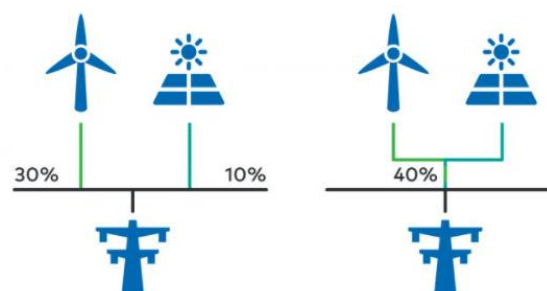
In de voorgaande figuur is duidelijk te zien dat windenergie een seizoentendens kent. Zonne-energie kent ook een dergelijk profiel: in de lente en zomer wordt hier meer elektriciteit opgewekt dan in de winter. Beide systemen zijn in hoge mate complementair: als de wind waait, schijnt de zon meestal niet, en op een zonovergoten dag waait het doorgaans niet hard. Als de capaciteiten van windturbines en zonnepanelen op elkaar worden afgestemd, kan een uitgebalanceerde situatie worden gerealiseerd, zoals blijkt uit onderstaande figuur.



Combinatie zon- en windenergie

Natuurlijk zit er variatie in het aanbod van zon en wind. Om dit aspect te verminderen, is er de opslag van het Delta21-concept om dit effect geheel te verminderen en wellicht geheel weg te nemen.

Een aansluiting aan het grid is ontworpen op het maximale vermogen dat over dit netwerk moet worden getransporteerd. Een aansluiting van een zonnepark heeft in de winterperiode dus overcapaciteit, terwijl de aansluiting van het windpark in de zomerperiode overcapaciteit heeft. De benutting van het grid bedraagt voor een windaansluiting zo'n 30%, en die van zon ca 10%. Een gezamenlijke aansluiting is daarmee veel efficiënter.ⁱ



Gezamenlijke grid-aansluiting zon en wind

Technische partners

Dutch Wind Design werkt samen met specialistische partners die op hun vakgebied hun sporen verdiend hebben. Op deze manier beperken we risico's en werken we toe naar een zeker resultaat.

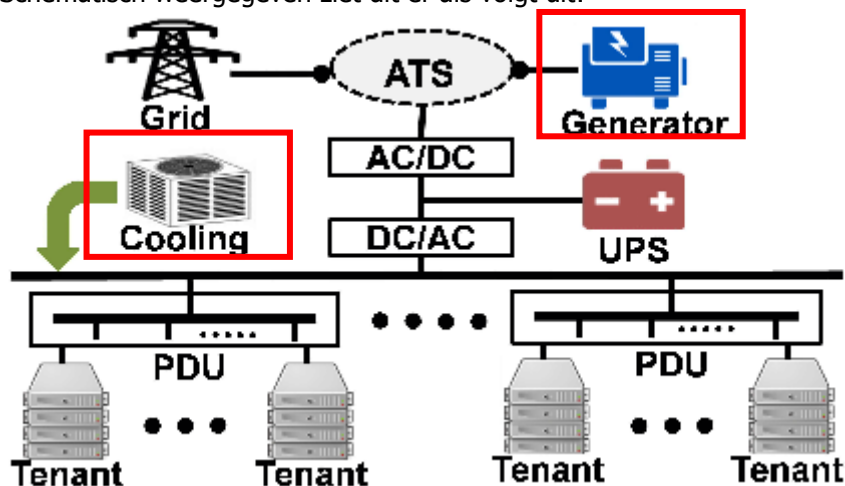
<p>Generator</p> 	<p>AE Group</p> <p>The expertise of the AE Group covers the area of a.o. electrical motors and generators, electromagnetic actuators and electric drives. This enables them to provide expert consultancy concerning the electromagnetic, mechanical, thermal, power conversion and control aspects of complex electromechanical solutions and mechatronic systems.</p> <ul style="list-style-type: none"> - In house factory for electrical machines - Specialist in testing facilities - > 100 employees - Active in aerospace, automotive, industrial and marine surroundings - Special state of the art developments for student teams
<p>Controls</p> 	<p>VSE Industrial automation</p> <p>VSE Industrial Automation automates machines, production lines or even entire factories, by means of tailor-made control software, mechatronics and system integration.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Development and production motion control systems - > 40 employees - Certified Siemens Specialist - Experienced in the wind industry
<p>Composites</p> 	<p>Jules Dock Development</p> <p>Jules Dock Development is an ambitious company with the focus on developing creative and innovative solutions with the use of composite materials. Jules Dock is active in the Building, Infrastructure, Maritime and Wind Energy sector.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Development, shaping and production of composite products - > 25 employees - Specialists in structural engineering and manufacturing engineering - Experienced in the wind industry

Verder worden zoveel mogelijk componenten toegepast die reeds bewezen zijn in toepassingen in windturbines.

IMO	Leverancier van het hoofdlager van de turbine
Bachmann	Leverancier van de PLC's van de turbine, de centrale aansturingscomputers
Siemens	Leverancier van de generator drivers
Bonfiglioli	Leverancier van de motoren van het krui-systeem, dat wordt gebruikt om de turbine in de wind te draaien en te houden
Gill	Leverancier van de ultrasone windmeter; deze meet de windrichting en de windsnelheid.

Bijlage 5.6 Casus datacenters in en bij het valmeer

Onderstaande casus over datacenters in en bij het valmeer of energieopslagmeer is uitgewerkt door Melle Beemster van UNICA Datacenters. Kort door de bocht is een datacenter niets meer dan een goed beveiligde, afgesloten ruimte gevuld met IT-apparatuur die warmte genereert. De stroomvoorziening, koeling en connectiviteit daarvan worden zorgvuldig bewaakt met (brand)veiligheids- en gebouwbeheersystemen. Al deze kritieke systemen zijn redundant uitgevoerd om uitval te minimaliseren. Schematisch weergegeven ziet dit er als volgt uit:³⁶



De elektrotechnische installaties van datacenters zijn redundant door noodstroomvoorzieningen. In het zeldzame geval van stroomuitval zorgen UPS (*Uninterruptible Power Supply*) batterijen direct dat de IT-apparatuur in de lucht blijft. Deze werken doorgaans 5 à 10 minuten. In die tijd worden noodstroomgeneratoren opgestart met een brandstofvoorraad voor doorgaans zo'n 24 uur, afhankelijk van de classificatie van het datacenter.

De koelinstallaties van datacenters maken doorgaans gebruik van luchtkoeling met behulp van warmteuitwisseling aan de buitenlucht. De IT-apparatuur wordt gekoeld door koude lucht met behulp van systemen die in principe vergelijkbaar zijn met de aircosystemen van kantoorgebouwen.

³⁶ Bron: *A Market Approach for Handling Power Emergencies in Multi-Tenant Data Center* 10.1109/HPCA.2016.7446084.

Pumped storage hydro in plaats van dieselgeneratoren

In het ontwerp van datacenters nabij het Delta21-concept kunnen dieselgeneratoren en brandstofopslagtanks vervangen worden door pompturbines. De pumped storage hydro (PSH) capaciteit van het valmeer of energieopslagmeer wordt bepaald door het oppervlakte van ongeveer 40 km² en het hoogteverschil van maximaal NAP -33 meter tot minimaal NAP -3 meter. De vele pompturbines, aangedreven door water dat omlaag stroomt van de zee naar het meer, kunnen binnen enkele minuten vermogen leveren. Wanneer dieselgeneratoren worden vervangen door pumped storage hydro, is ook de noodzaak weggenomen om de dieselgeneratoren periodiek te testen. Dat levert een grote CO₂-reductie op en een vermindering van andere broeikasgassen. Ongeacht of de generatoren ooit in bedrijf worden genomen om noodstroom op te wekken, wat in Nederland nagenoeg nooit gebeurt.

Noodstroomvoorziening

Grote datacenters in Nederland hebben een energiebehoefte van 20-200 MW. Generatoren voor noodstroom moeten dit vermogen kunnen leveren, ook in Nederland waar het lichtnet een gemiddelde beschikbaarheid van meer dan 99,99 procent per jaar heeft. Met een geïnstalleerd vermogen van circa 4 GW beschikbaar gedurende meer dan 12 uur kan het Delta21-concept een zeer grote reductie in uitstoot van fossiele brandstoffen door noodstroomgeneratoren opleveren, zonder in te leveren op flexibiliteit en redundantie van de noodstroomvoorziening voor industriële afnemers in de nabijheid van het Delta21-concept.

De elektrotechnische infrastructuur die vereist is voor de vormen van lokaal opgewekte en opgeslagen energie, zoals het windpark, zonnepanelen, aquabattery en/of waterstof, kan daarnaast gebundeld worden met het datacenter in een microgrid voor gedeelde lokale energieopslag, piekvereffening en (nood)stroomvoorziening.

Luchtkoelingssystemen met vloeibaar koelmedium

We kunnen de luchtkoelingssystemen vervangen voor duurzamere en meer onderhoudsvriendelijke koelsystemen met een vloeibaar koelmedium. Doordat de warmtecapaciteit van koelvloeistoffen vele malen gunstiger is dan die van lucht en doordat vloeistoffen efficiënt in volledig gesloten, veilige circuits warmte kunnen wisselen in een tegenstroomapparaat, heeft vloeistofkoeling een zeer veelbelovende toekomst in datacenters. Bij een traditioneel datacenter wordt de opgewekte warmte van de IT-apparatuur in de buitenlucht verspild.

Vloeistofgekoelde IT-apparatuur is daarnaast uitermate geschikt voor opkomende technologieën als AI en neurale netwerken (zoals ChatGPT). UNICA Datacenters bouwt momenteel aan een datacenter met vloeistofgekoelde IT-apparatuur en uitkoppeling van restwarmte aan een stadsverwarmingsnet. Deze expertise is bij uitstek toepasbaar in het Delta21-ecosysteem.

Koppeling aan stadsverwarmingsnet

Het Delta21-concept maakt het mogelijk om de warmte van een datacenter te koppelen aan het stadsverwarmingsstelsel van Rotterdam. In de zomer, wanneer levering van warmte aan het warmtenet of warmte-koudeopslag minder nodig is, kan de warmte uitgewisseld worden aan het water van het valmeer. Met een aangenomen gemiddelde waterpeil van 15 meter en een oppervlakte van 40 km² zal de opwarming van het stromend water in het open Delta21-systeem zelfs met de grootst voor te stellen datacenters verwaarloosbaar zijn.

Zelfs in het meest conservatieve scenario verduurzaamt het Delta21-concept het ouderwetse imago van datacenters als verspillende grootgebruikers die water slurpen, groene energie van woonwijken weggapen en lokaal niets anders dan internetverbinding teruggeven.

Bijlage 6 Kosten breakdown bouw en installatie Archimedes-pompturbine

Fish Flow Innovations geeft hieronder de kosten breakdown bouw en installatie van één pompturbine van 20 MW.

	<i>Massa (ton)</i>	<i>ppe</i>	€	
80m buitenbuis, 60 dik, ø10 m	227	14	3.178	
Binnenbuis, 80 dik	190	14	2.660	
2x Conus 80 dik à 4 ton	8	20	160	
Bladen	45	20	900	
Lamineerwerk			200	
	470		7.098	
HEB 800 frame	790	1,2	948	
Plaatstaal 10 mm frame + drijver	345	1,2	414	
Arbeid			250	
	1135		1.612	
Aandrijving			3.000	
Koppeling			15	
Assen, lagers, supportwielen			500	
Coaten			150	
Transport incl. kranen			500	
Algemene kosten			500	
			4.665	
	1605		13.375	
Kosten onvoorzien			1.338	= 10%
Totaal			14.713	14.712.500
Totaal 100 pompturbines			€ 1,47 miljard	