

## Openbare samenvatting SUBSOL project

Het project heeft als doelstelling om op grotere binnenwateren in Nederland drijvende zonnepanelen systemen te ontwikkelen welke wind en golfbestendig zijn, economisch gebouwd kunnen worden en onderhoudsvrij blijven gedurende langere tijd. De belangrijkste uitdaging van dit project was de enorme kracht van de golven in combinatie met de windbelasting te kunnen weerstaan in gebieden als het IJsselmeer. We vinden daar golfhoogtes van meer dan 2 meter (top tot dal) en windsnelheden tot 12 beaufort. Daarnaast is het IJsselmeer een ecologisch bijzonder belangrijk zoetwatergebied. Er komen veel vogels rusten, het is een broedplaats voor vissen en schaaldieren. De constructie moet dus ook minimaal hinder opleveren voor de ecologie.

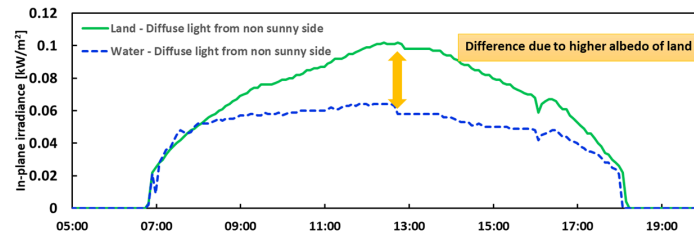
In dit project is zijn constructies ontworpen, gebouwd en getest welke aan alle bovengenoemde randvoorwaarden voldeden. Uitgangspunt daarbij is geweest geen drijvers op het wateroppervlak te plaatsten, maar ongeveer 1 meter onder water te verankeren. Daardoor heeft de constructie geen last heeft van de golfslag en ook de afdekking van het water wordt voorkomen. De zonnepanelen worden vervolgens ruim boven het wateroppervlak gemonteerd zodat de golven hier ook geen vat op hebben en er tussen de panelen het zonlicht vrij spel heeft.



### *Verticale zonnepanelen*

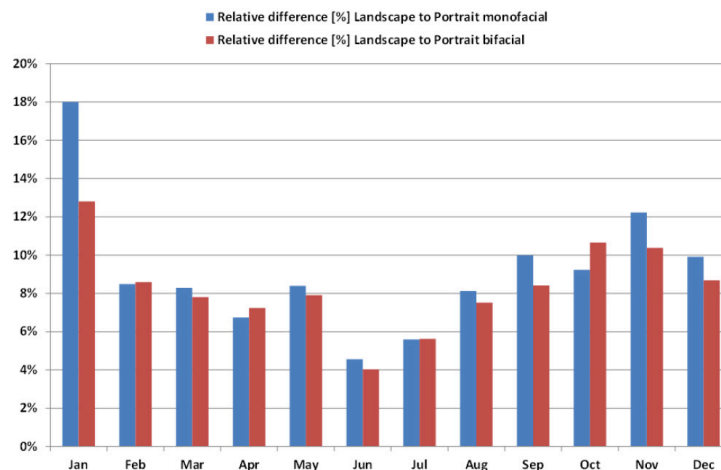
In het project is gebruik gemaakt van verticaal geplaatste tweezijdige zonnepanelen. Voordeel van deze opstelling is dat het water fysiek vrijwel niet wordt afgedekt. Daarnaast is verontreiniging van panelen op water is zeker bij vrij horizontaal opgestelde panelen een groot probleem. Door vervuiling door vogels, maar ook door algengroei vind er bijzonder snel significante opbrengstvermindering plaats en is onderhoud noodzakelijk. Onderhoud op het water is erg kostbaar.

Door het toepassen van tweezijdig actieve panelen in een Oost-West opstelling blijkt het rendement vergelijkbaar te zijn met een zuidgerichte opstelling, met hoge opbrengsten juist aan de dagranden. Er is uitgebreid gemeten aan deze opstelling, zowel op het water als op het land. Opvallend resultaat is dat de opbrengst van een landopstelling hoger is dan van een water-opstelling. Uit metingen blijkt dat de reflectie (het 'albedo') van land groter is dan van water, voor het diffuse licht wordt door het land beter gereflecteerd wat leidt tot overall betere performance van de landopstelling. Laat onverlet dat het albedo van water wel degelijk bijdraagt aan het invangen van licht.



In de praktijk komt de performance van de verticaal geplaatst panelen, ondanks de minder gunstige orientatie, overeen met een zuidgeoriënteerd systeem. Door het albedo van de ondergrond wordt de performance verbeterd 8% beter en ook het wateroppervlak geeft een lichte koeling wat bijdraagt.

Om een verticaal geplaatst systeem goed te laten werken is de verdeling van de panelen van belang. Om beschaduwing bij lagere zonnehoeken tegen te gaan is een groter afstand (pitch tussen de panelen nodig). In het project zijn verschillende configuraties gemodelleerd met het programma BIGEYE en geoptimaliseerd naar ruimtebeslag en performance. Door de bypass configuratie van de zonnepanelen is het duidelijk dat een landscape configuratie duidelijk de voorkeur heeft.



Aandachtspunt voor verticaal geplaatste zonnepanelen is de beschaduwing van de bovenzijde. De brede profielen bovenlangs die nodig zijn voor stijfheid en belastbaarheid van de constructie geven lastige slagschaduwten midden op de dag. Door lichter en smaller te bouwen en gebruik te maken externe verstijvingen van de constructie kon de schaduwwerking geminimaliseerd worden

#### Submerged systemen

In het project zijn 'submerged' systemen ontwikkeld. Op kleine schaal zijn deze in het begin van het project gerealiseerd in de proeftuin van Entrance. Mock-ups van het systeem zijn gemaakt door Marin en getest in de tanks van het Marin.

[https://www.youtube.com/watch?v=r1dYMVtQ3AI&ab\\_channel=DeMobiëleFilmcrew](https://www.youtube.com/watch?v=r1dYMVtQ3AI&ab_channel=DeMobiëleFilmcrew)

Tevens heeft Marin modelberekeningen gemaakt van het systeem en berekeningen aan het verankeringssysteem en de ophanging van de panelen zijn door Sunfloat en Marin gedaan. Resultaat van de meting is dat het goed mogelijk is om ook bij (zeer)zware golfslag een systeem op het IJsselmeer te realiseren wat beperkt beweegt. Wanneer de buisconstructie

voldoende onder water wordt geplaatst is de beweging beperkt is het realistisch om de systemen op deze manier te beschermen tegen golfslag. Belangrijke parameter bij het goed monteren van de systemen is de positionering van de verankering. Omdat de verankering op vele plaatsen van het zonneveld aangrijpt is het lastig de krachten homogeen te verdelen; vergelijk een tafel met 50 poten er onder, die moeten ook allemaal even lang zijn. Een groot gedeelte van deze problematiek blijkt op te lossen te zijn door de flexibiliteit van de buisconstructies waardoor de individuele units meer 'losgekoppeld' van elkaar worden. Er ontstaan dan stijve units waar de panelen in staan, gekoppeld door min of meer flexibele buizen waardoor de krachten beter verevend worden.

Groter probleem is de enorme krachten die de winddruk genereert. Door het verticale verankeringssysteem ontstaat bij een horizontale kracht (winddruk) ook een verticale kracht naar beneden. Voor dit probleem is uiteindelijk een oplossing gevonden door de panelen zodanig op te stellen dat bij belasting door de wind ook een opwaartse kracht ontstaat waardoor de krachten elkaar grotendeels compenseren

#### *De mechanische realisatie*

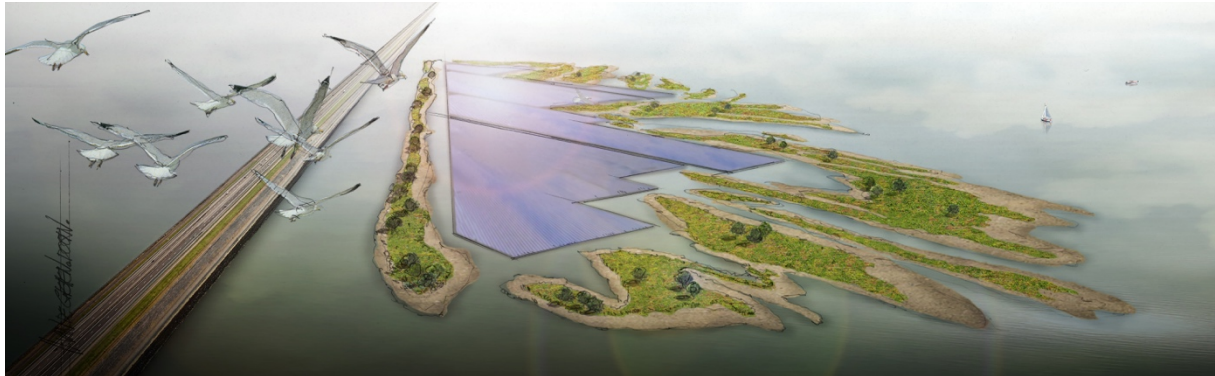
In het project zijn meerdere ontwerpen ontworpen en gerealiseerd. Het eerste ontwerp, wat ook bij de proefopstelling in Groningen is gebruikt, was gebaseerd op bestaande Sunfloat systemen. Deze systemen waren/zijn robuust genoeg, maar uit modelberekeningen van Marin en uit metingen van TNO en Entrance bleken er een stevig aantal nadelen aan te kleven. Belangrijkste nadeel was de grote windgevoeligheid en het gewicht van de constructie en de daarmee gepaard gaande zware verankering en de zware drijvers die nodig waren. Tevens bleek de bovenliggende ligger te breed te zijn waardoor er rond het middaguur een significante dip in opbrengst was.

Deze nadelen zijn opgelost door een lichter constructie met landscape panelen van 2 x 2 meter panelen te maken. Door beter gebruik te maken van de sterkte van de panelen zelf en externe verstaging aan te brengen kon een stijf, licht en slank frame gebouwd worden. Het frame bestaat uit een raamwerk voor de ophanging van de panelen. Dit raamwerk wordt opgehangen tussen de staanders. Door het raamwerk over een horizontale as te laten draaien kunnen we de maximale krachten op de verankering terugbrengen tot het gewicht van de panelen en bovendien een opwaartse kracht genereren wanneer de wind de panelen onder water wil duwen. Op deze manier kan de hele constructie, inclusief de buizen, licht worden uitgevoerd zodat ook de verankering niet extreem zwaar hoeft te zijn. Op deze manier bouwen reduceert de krachten op de ankerconstructie onder zware omstandigheden tot een factor 10(!). De constructies zijn berekend en gebouwd. Helaas hebben we het veld niet kunnen plaatsten op de proeflokatie.

#### *Inpassing in het natura 2000 gebied*

Naar achteraf bleek was het grootste struikelblok voor het project niet de technische ontwikkeling van de prototypes en het veld, maar het verkrijgen van een vergunning voor het doen van experimenten op het IJsselmeer, neen Natura 2000 gebied. Al vroeg in het project hebben wij dit onderkend, na lastige procedures voor experimenteerruimte in de buurt van Lelystad. Vanuit Rijkswaterstaat kregen wij volledige steun, maar door de bestemming van het gebied was een vergunning niet mogelijk. Tijdens Springtij 2017 hebben

we om die reden een initiatief gestart om bij een breed publiek te visualiseren hoe een natuur inclusief zonnepark in het IJsselmeer er uit kon zien. Dat leidde onmiddellijk tot support bij natuur en milieu bewegingen en positieve stukken in de lokale kranten (Friesch dagblad 4 oktober 2017, Leeuwarder Courant 5 oktober 2017)



Daarmee was nog geen vergunning verleend. RWS heeft een heel goede rol gespeeld door in de slijpstream van de bouw van de nieuwe afsluitdijk een bestemmingsplanwijziging door te voeren waardoor er bij Breezanddijk experimenteerruimte voor zonneparken is ontstaan. Inmiddels waren we echter weer een jaar verder en had het 'Nationaal Consortium zon op water' uitvoerig gepubliceerd over de kansen en mogelijkheden van grote zonneparken in het IJsselmeer, inclusief angstaanjagende visies van kale vlakten van zonneparken. Dat heeft tot veel maatschappelijke weerstand geleid bij natuurbewegingen, visserij, burgerij en uiteindelijk ook politiek. Daarnaast was net in die tijd duidelijk geworden dat ook het Windpark Fryslân gebouwd zou worden en daarmee was de politieke wil om in te stemmen met een zonnepark in het IJsselmeer wel helemaal verdwenen. Hoewel we uiteindelijk wel de voorlopige vergunning verkregen hebben van de gemeente, leidde alleen dat al tot grote consternatie in Friesland. Vervolgens werd duidelijk dat de provincie dwars was gaan liggen en additionele eisen stelde aan het verlenen van de vergunning. Deze eis bleek tenslotte, na ongeveer een half jaar correspondentie over en weer, een ecologisch onderzoek over de impact van (100) zonnepanelen op het IJsselmeer. Het was duidelijk dat zowel het maatschappelijk draagvlak als de politieke wil om zonnepanelen in het IJsselmeer te plaatsen verdwenen was. Pogingen om alsnog uit te wijken naar de Marker Wadden liepen vast op de rigide houding van Natuurmonumenten. Zelfs de interventie van Urgenda, vanaf het begin pleitbezorger voor onze oplossingen heeft hierin niet geholpen. Na vier jaar strijd om een vergunning voor een kleinschalig experiment hebben wij uiteindelijk de handdoek in de ring geworpen. Inmiddels heeft Rijkswaterstaat gelukkig een ecologisch onderzoek gestart naar drijvende zonnepanelen en afgerond. Hieruit blijkt, niet geheel onverwachts, dat wanneer de parken uitgevoerd worden met verticale panelen er minimale effecten op de natuur zijn te verwachten.