TKI URBAN ENERGY
Topsector Energie

zon op water

Welkom bij het Zon op Water Webinar

Nationaal Consortium Zon op Water

20 april 2020

Het programma van vandaag

Deel 1

Wiep Folkerts – Voorzitter Nationaal Consortium Zon op Water – TNO

Erik ten Elshof – Ministerie van Economische Zaken

Ina Elema – Unie van Waterschappen

Sacha de Rijk - Deltares

Q&A

Deel 2

Arnoud van Druten – Sun Projects

Allard van Hoeken – Oceans of Energy

Q&A

Meet & Greet

Nationaal consortium Zon op Water

Het NC Zon op Water is een *kennis- en innovatienetwerk*, opgericht in 2016

<u>Doelen</u>

* Nederland tot leider helpen maken in drijvende zonneparken
* Kennisuitwisseling stimuleren en organiseren
* Innovatieprojecten helpen initiëren

<u>Stuurgroep</u> TNO, TKI UE, RWS, STOWA/UvW, Holland Solar (bedrijven)

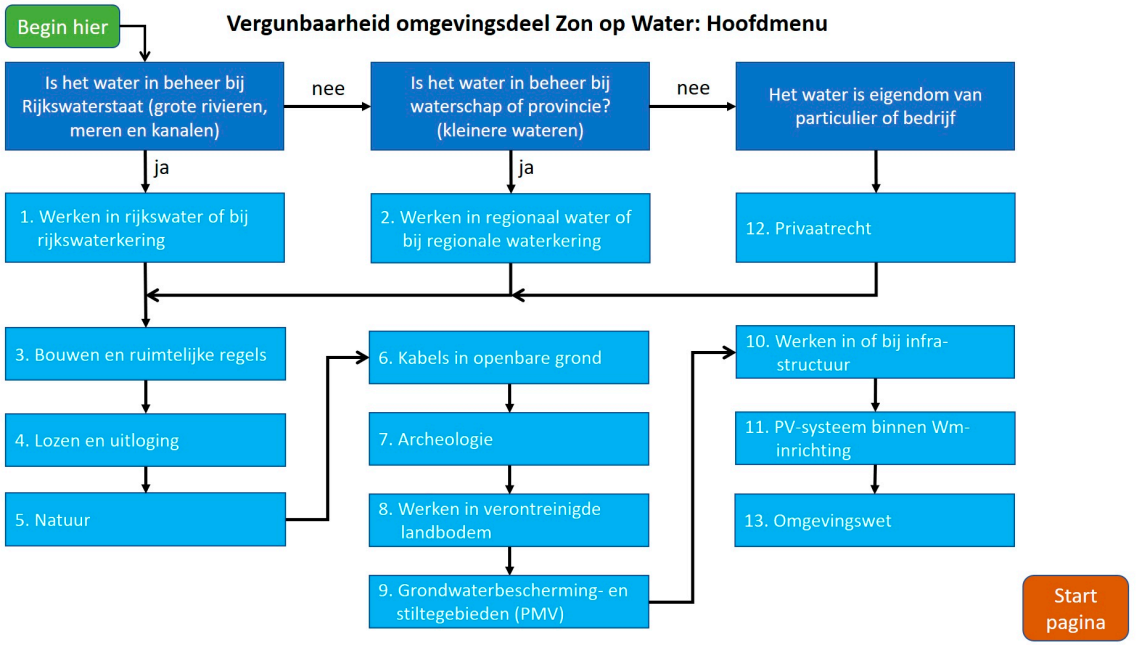
<u>Samen</u> overheden, bedrijven, kennisinstellingen

Enkele highlights

2018: eerste pilotstudie op GSC2 water

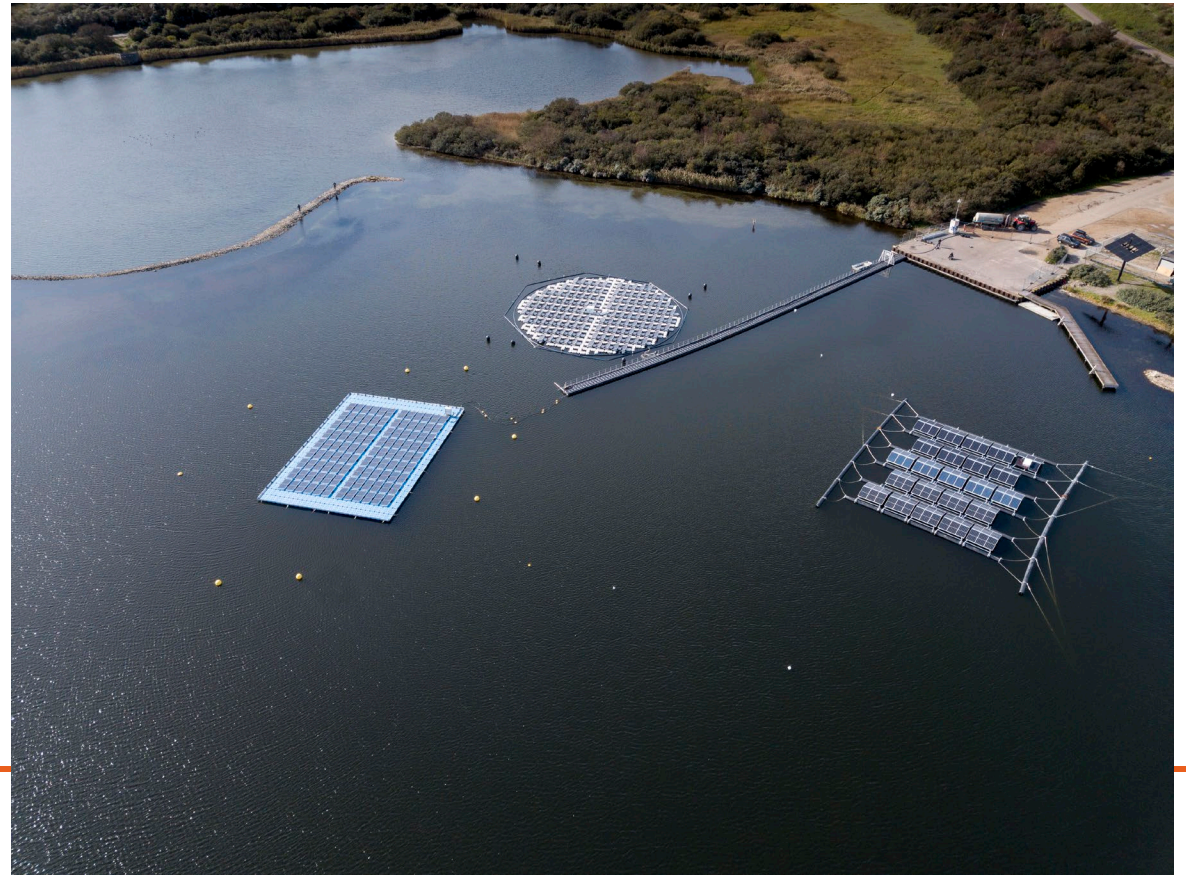
resultaten op: *instraling, Albedo, koeling, vervuiling en golven*

2019: vergunbaarheidsstudie



Enkele highlights

2020: onderzoeksfaciliteit Oostvoornsemeer geopend



2020: grootste drijvend zonnepark van Europa op Bomhofsplas

Drijvende zonneparken

zon op water

Wereld:	1274 MWp		
Europa:	171 MWp		
Nederland:	111 MWp	→	65% !

Realistisch potentieel (2050) voor Nederland:
50 GWp, waarvan de helft op zee.

Erik ten Elshof

Senior Beleidsmedewerker
Ministerie van Economische Zaken

TKI URBAN ENERGY
Topsector Energy

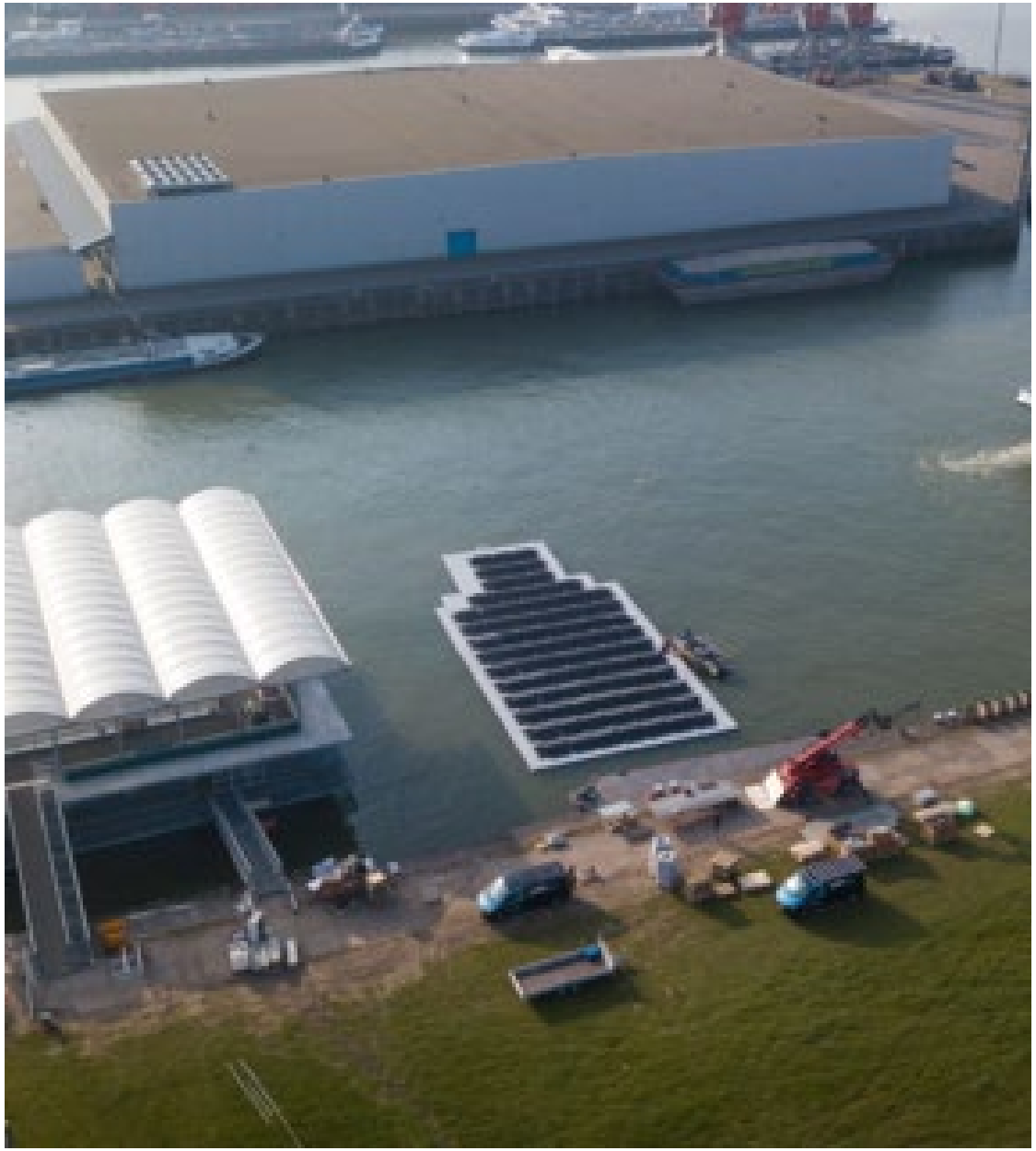
zon op water

Webinar Zon op Water
21 april 2021

Erik ten Elshof

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Routekaart Zon op Water



Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Motie Sienot / Mulder (december 2019)

- overwegende dat natuur, klimaat en biodiversiteit hand in hand kunnen gaan;
- overwegende dat zonne-energie op water kansen biedt voor het halen van de hernieuwbare energiedoelen;
- *(… verzoekt onderzoek naar effect drijvende panelen op natuur …)*
- verzoekt de regering, om in navolging van het onderzoek samen met decentrale overheden, het bedrijfsleven en natuurorganisaties een **routekaart op te stellen met kansen en risico's van zonne-energie op water in Nederland**,

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Wat is een routekaart?

- Technologie → potentie, marktkansen
- Politiek → belangen, doelen
- Beleid → beleidsmaatregelen, beleidseffect

- Insteek:
  - Functies en ruimtelijk beleid
  - Typen water
  - Beleidroute

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Ruimte voor Zon op Water

Type water	Indicatie golfhoogte	Totaal oppervlak (km²)
Binnenwater		
Bassin	-	10
Rivier, kanaal, sloot, haven, gracht, beek	-	1.192
Watervlak golfcategorie 1-2 Overig	0m tot 0,6m	868
Watervlak golfcategorie 1-2 Natura 2000	0m tot 0,6m	545
Watervlak golfcategorie 3 Natura 2000	0,6m tot 1,2m	5.380
Overig binnenwater	-	14
Buitenwater		
Noordzee binnen gemeentegrens	Golfhoogte groter dan 2,0m	959
Noordzee buiten gemeentegrens	Golfhoogte groter dan 2,0m	57.994
Totaal		66.962

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Beleids-route

Type water	Technologie	Ecologie en waterkwaliteit	Beleids Route
Klein binnenwater	Bekend	Relatief jong	RES
Groot binnenwater	Uitdaging	Pilot	RES
Noordzee	Verder weg	Geen ervaring	?

Ina Elema

Beleidsadviseur Energie
Unie van Waterschappen

TKI URBAN ENERGY
Topsector Energy

zon op water

UNIE VAN WATERSCHAPPEN

Ecologie & waterkwaliteit in relatie tot vergunbaarheid

Zon op Water

Ina Elema

Zwemmen bij zonnevelden? Den Bosch begint met een proef op een van de recreatieplassen

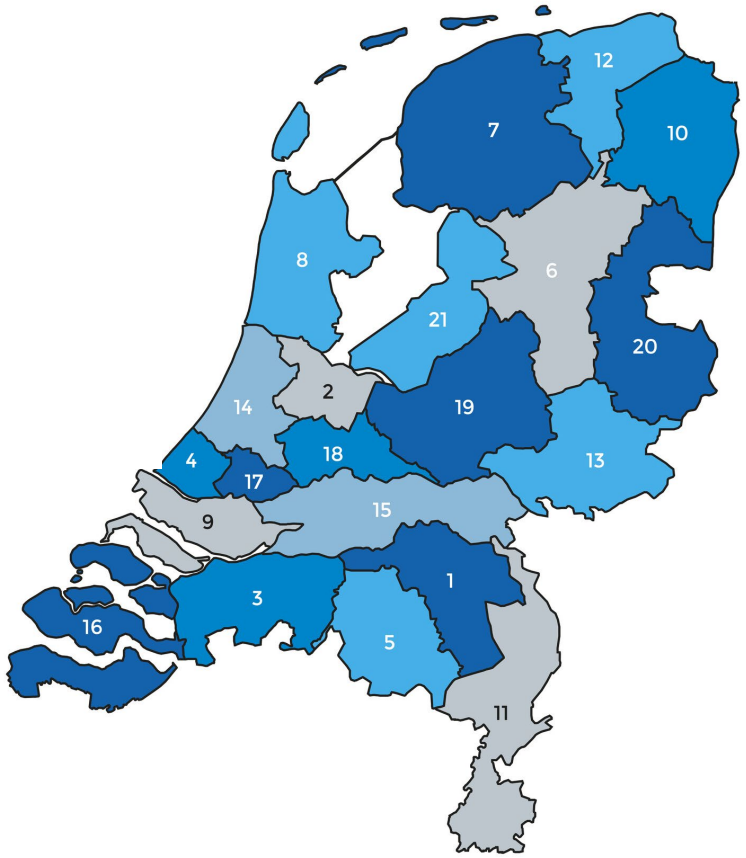
Drijvend zonnepark op zandwinplas Hattemerbroek maakt einde aan slibtransporten door het dorp

Drijvende zonnepanelen op stille Haarrijnse Plas

'Grootste drijvend zonnepark buiten China' in Uivermeertjes Deest komt er, ondanks tegenstand

UNIE VAN WATERSCHAPPEN

Waterschappen, voorstellen



Een waterschap is een overheid met een afgebakende taak. Waterschappen zorgen voor:

- Droge voeten (waterveiligheid en voorkomen van wateroverlast)
- Schoon water (waterkwaliteitbeheer en afvalwaterzuivering)
- Voldoende water (waterpeilbeheer)

De Unie van Waterschappen is de overkoepelende vereniging voor alle 21 waterschappen in heel Nederland.

- Vertegenwoordiging waterschappen nationaal en internationaal speelveld
- Belangenbehartiger van de waterschappen
- Stimuleren van kennisuitwisseling en samenwerking.

UNIE VAN WATERSCHAPPEN

Activiteiten waterschappen

- Onderhoud regionale waterkeringen zoals dijken
- Aan- en afvoer van water
- Vasthouden en bergen van water
- Waterpeilbeheer
- Zuiveren van afvalwater
- Zorgen voor schoon oppervlaktewater
- Zorg voor vaarwegen (enkele waterschappen)
- Zorg voor wegen (enkele waterschappen)
- Vergunningverlening en handhaving

WATER-KWALITEIT

WATER-VEILIGHEID

WATER-KWANTITEIT

Watervergunningsplicht (vanuit de wet)

- Art. 6:5 onder c Waterwet:
- Bij of krachtens algemene maatregel van bestuur kan […], met het oog op internationale verplichtingen of bovenregionale belangen, voor regionale wateren worden bepaald dat het verboden is zonder daartoe strekkende vergunning […]:
- gebruik te maken van een waterstaatswerk […] anders dan in overeenstemming met de functie, daarin, daarop, daarboven, daarover of daaronder werkzaamheden te verrichten, werken te maken of te behouden […]

Ook voor wateren die niet op de legger van een waterschap staan is het waterschap kwaliteitsbeheerder en dus bevoegd gezag.

Vergunningen voor zon op water

- Er zijn mogelijk 3 vergunningen nodig:
  1. Besluit provincie: Wet natuurbescherming
  2. Besluit gemeente: Bestemmingsplan, Omgevingsvergunning
  3. Besluit waterschap: Watervergunning

- Wensen waterschappen
  1. De waterschappen willen vroegtijdig betrokken worden in gebiedsplannen van gemeenten en provincies om het waterbelang voldoende mee te nemen over de inpassing van zon op water.
  2. Dit vraagt om actieve samenwerking, waardoor gebiedsplannen inhoudelijk worden versterkt en er minder druk komt te liggen op de vergunningverlening bij het waterschap nadat de omgevingsvergunning van de gemeente al afgegeven is.
  3. Toepassen van de coördinatieregeling wenselijk

UNIE VAN WATERSCHAPPEN

Watervergunningen Zon op Water

Huidige praktijk: weinig aandacht voor én vanuit water(beheer)belangen

Elk waterschap hanteert (verschillende):

1. Beleidsregels: het beleid dat het waterschap volgt; dit betreft landelijk beleid en specifiek beleid van het waterschap
2. Algemene regels: de regels die het waterschap hanteert bij aanvragen voor vergunningen voor algemeen voorkomende ingrepen

Dilemma: zorg voor het watersysteem i.r.t. bijdragen aan maatschappelijke doelstelling van de energietransitie, negatieve effecten door minder lichtinval.

Monitoring noodzakelijk effecten op waterkwaliteit en ecologie in beeld te brengen, van belang voor de beoordeling zon op water projecten.

UNIE VAN WATERSCHAPPEN

Beleid ontbreekt of in wording

- Informatie via Stowa:
  https://www.stowa.nl/agenda/workshop-vergunnen-van-zonneparken-op-water
  - Handreiking vergunningverlening voor drijvende zonneparken op water
  - Analysetool Zon op Water

Work in progress: na inventarisatie behoefte aan praktische handreiking, gezamenlijke richting op hoofdlijnen, modelbeleid, modelvergunning

Veiligheid	Geen strijdigheid andere regels	Onderhoudbaarheid van het watersysteem	Waterveiligheid: kabels, leidingen door waterkering
Aan- en afvoerfunctie	Lozingen	Ecologische aspecten	Water met KRW-opgave
Andere functies: b.v. zwemwater, vaarwegen	waterdiepte		

STOWA-onderzoek 2018

- Met Deltares en Kolibrie een studie Zon op Water.

- Deel 1 (Kolibrie):

  overzicht wetgeving, inclusief stroomschema voor vergunningverleners en -aanvragers.

- Deel 2 (Deltares):

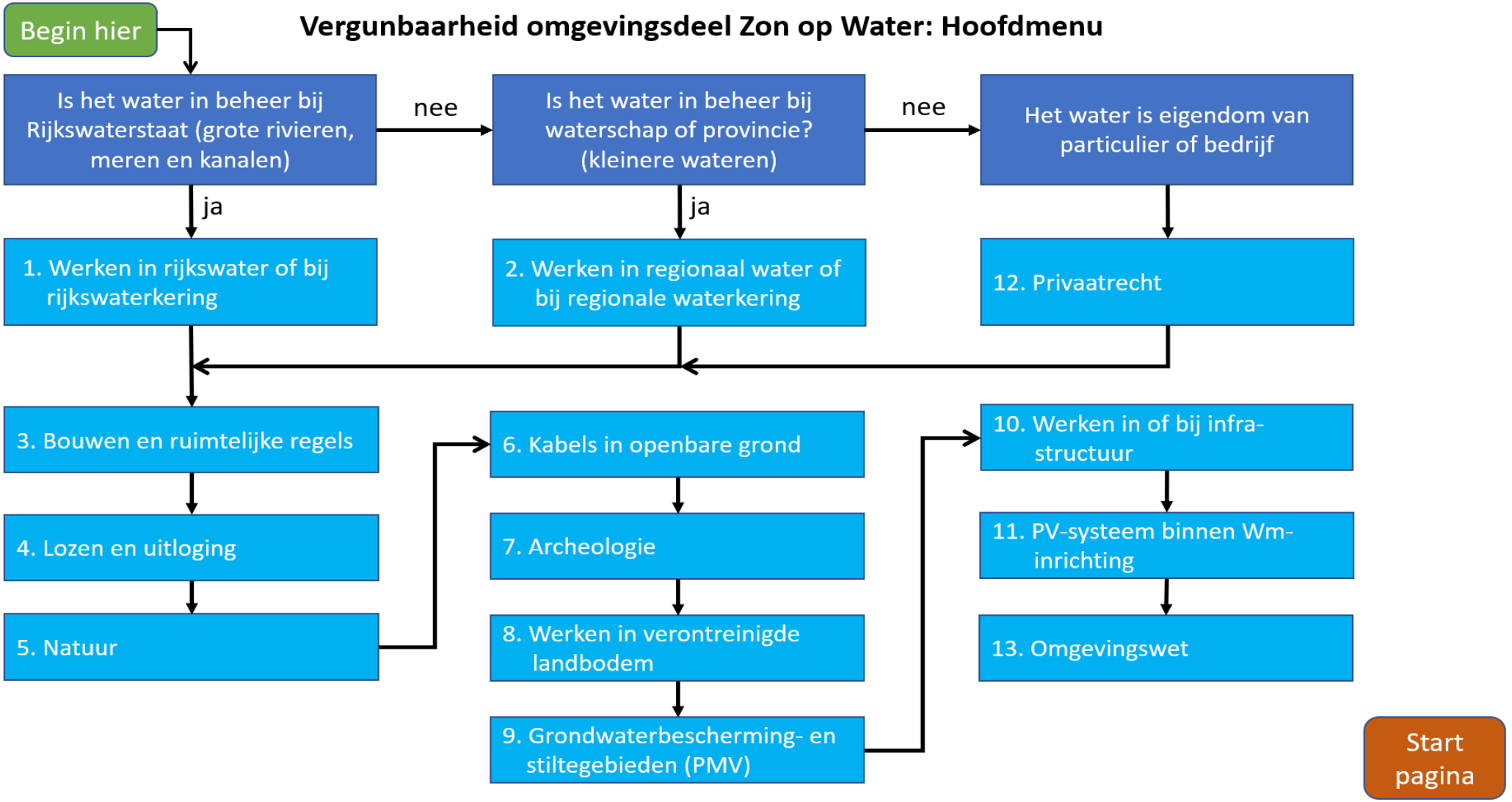
  Onderzoek naar de effecten op onderwaterklimaat. Modelstudie uitgevoerd. Focus op directe relaties met fysisch-chemische gegevens: lichtklimaat, temperatuur, zuurstofgehalte en het effect daarvan op de biomassa en chlorofyl.

- FAQ

UNIE VAN WATERSCHAPPEN

https://www.stowa.nl/publicaties/handreiking-voor-vergunningverlening-drijvende-zonneparken-op-water

Vergunbaarheid omgevingsdeel Zon op Water: Hoofdmenu



UNIE VAN WATERSCHAPPEN

Aspecten watervergunning zon op water

- Bedekkingspercentage, ruimte tussen panelen
- Tijdelijke vergunning
  - mogelijkheid tot tussentijds evaluatie.
- Voorschriften
  - 0-meting en redelijke monitoring/rapportage door initiatiefnemer
    watertemperatuur, nutriëntenconcentraties, ecologie, doorzicht, door duikers uitgevoerde inventarisatie van plantensoorten, waterplanten, licht, effect op biodiversiteit meegenomen, zuurstofgehalte, lichtinval en de spronglaag, geleidbaarheid
  - mogelijk eigen onderzoek en monitoring door waterschap t.b.v. onderzoek
  - mogelijk compensatie ecologie/natuur
- Maximale eindduur (bijvoorbeeld: maximaal 30 jaar)
- Bepalingen na eindiging vergunning

Sacha de Rijk

Adviseur ecologie en water kwaliteit
Deltares

TKI URBAN ENERGY
Topsector Energy

zon op water

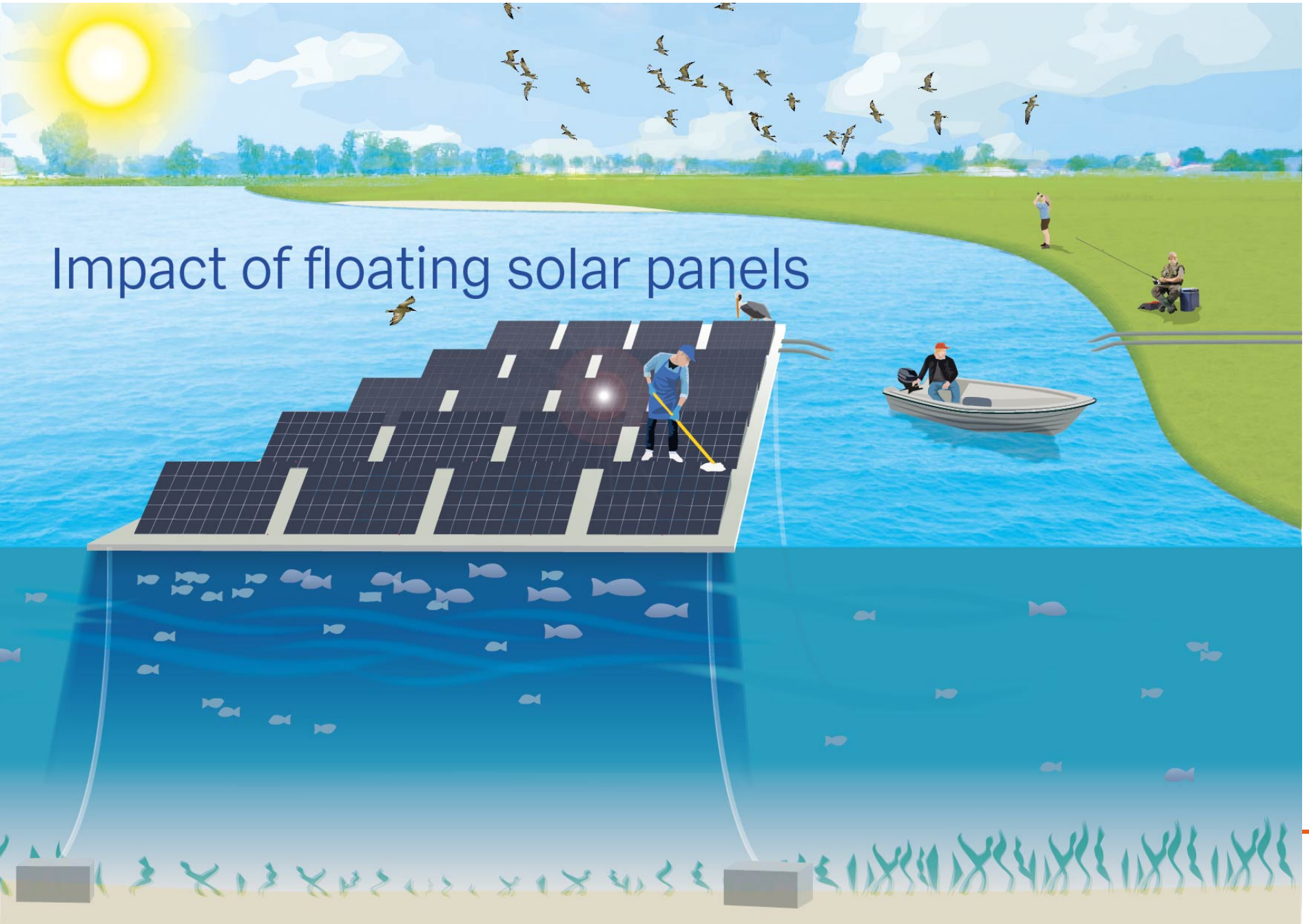
Deltares

Zon op Water

Waterkwaliteit en ecologie

Sacha de Rijk

20 april 2021



Wat verandert er?

- Beleving
- Vogels: rustplaats of een hindernis?
- Uitwisseling water en atmosfeer
- Stoffen in het water door slijtage of onderhoud

- Minder licht onder de panelen
- Temperatuur
- Zuurstof gehalte
- Groei van waterplanten en algen

- Aangroei op verankering
- Afname stroming en luwte
    - Vis
    - Sedimentatie

Vergunningverlening en effecten kwantitatief

- Is er een effect op waterkwaliteit en ecologie?
- Is effect significant?

- Heeft geleid tot opstellen Delft3D waterkwaliteitsmodel

- Heeft geleid tot een Analysetool, toont resultaten rond indicatoren: fractie voor waterplanten, temperatuur, zuurstof, licht en primaire productie.

- Is verandering acceptabel of mitigatie nodig?

Analysetool

Invoer gebiedseigenschappen

Grootte van water	100	*ha*
Maximale diepte	10	*m*
Nutrientenstatus	Eutroof	
Bodemtype	Zand	

Invoer PV-eigenschappen

Oppervlakte PV-systeem	50	*% van wateroppervlakte (= 500000 m²)*
Lichtdoorlatendheid PV-systeem	0	*van opvallend licht (panelen + constructie)*

0
10
25

Toon resultaten

Indicator	Referentie	PV	Δ	Δ (%)	Omschrijving
1	0,58	0,58	0,00	-0,5	*Fractie oppervlakte bodem geschikt voor waterplanten [-]*
2	141,36	15,92	-125,44	-88,7	*Gemiddelde lichtintensiteit onder het PV-systeem [W/m2]*
3a	17,06	17,05	-0,01	-0,1	*Gemiddelde watertemperatuur in zomerhalfjaar (apr-sep) (oppervlaktelaag) [°C]*
3b	16,72	16,67	-0,04	-0,3	*Gemiddelde watertemperatuur in zomerhalfjaar (apr-sep) (middelste laag) [°C]*
3c	16,28	16,27	-0,01	-0,1	*Gemiddelde watertemperatuur in zomerhalfjaar (apr-sep) (bodemlaag) [°C]*
4	28,52	27,60	-0,93	-3,3	*Maximum watertemperatuur in zomerhalfjaar (apr-sep) [°C]*
5a	8,53	8,60	0,08	0,9	*Gemiddelde zuurstofgehalte in het water op verschillende dieptes (oppervlaktelaag) [mg/l]*
5b	8,57	8,65	0,08	0,9	*Gemiddelde zuurstofgehalte in het water op verschillende dieptes (middelste laag) [mg/l]*
5c	8,39	8,48	0,09	1,1	*Gemiddelde zuurstofgehalte in het water op verschillende dieptes (bodemlaag) [mg/l]*
6a	0,29	0,27	-0,02	-7,7	*Fractie areaal bodem in onderste waterlagen waarover zuurstofloosheid optreedt (grens: 6 mg/l) [-]*
6b	0,00	0,00	0,00	-19,1	*Intensiteit in de onderste waterlagen waarover zuurstofloosheid optreedt (grens: 6 mg/l) [-]*
6c	0,06	0,05	-0,01	-16,6	*Fractie areaal bodem in onderste waterlagen waarover zuurstofloosheid optreedt (grens: 5 mg/l) [-]*
6d	0,00	0,00	0,00	-38,8	*Intensiteit in de onderste waterlagen waarover zuurstofloosheid optreedt (grens: 5 mg/l) [-]*
6e	0,00	0,00	0,00	nvt	*Fractie areaal bodem in onderste waterlagen waarover zuurstofloosheid optreedt (grens: 3 °C) [-]*
6f	0,00	0,00	0,00	nvt	*Intensiteit in de onderste waterlagen waarover zuurstofloosheid optreedt (grens: 3 mg/l) [-]*
7a	21,12	20,87	-0,25	-1,2	*Chlorofyl-a concentratie in zomerhalfjaar, oppervlaktelaag, totaal [ug/l]*
7b	23,23	23,11	-0,12	-0,5	*Chlorofyl-a concentratie in zomerhalfjaar, oppervlaktelaag, buiten PV [ug/l]*
7c	26,58	26,96	0,38	1,4	*Chlorofyl-a concentratie in zomerhalfjaar, oppervlaktelaag, onder PV [ug/l]*

Hoe nu verder?

- Effecten meten in het veld – waterkwaliteit en biodiversiteit: MeetAdvies
- Voor verschillende situaties en watertypes

Dit levert:

- Validatie van het model
- Verbetering van Analysetool
- Kennisregels zodat je weet waar en hoe verantwoord een zonnepark aan te leggen

Aanvraag TKI project - Deltatechnologie

- Samenwerkend in een consortium
- Private partners, RWS, STOWA, waterschappen en andere kennisinstellingen
- Meetdata ‘ophalen’ en verzamelen
- Verschillende watertypen bemeten
- Kenmerken van elk systeem verzamelen
- Voor en na aanleg

Zon op Water database

- Toegankelijk voor iedereen - bibliotheek
- Als informatiebron te raadplegen bij ontwerp en vergunningverlening
- Ter validatie van het Zon op Water waterkwaliteitsmodel
- Update van de Handreiking vergunningverlening

Contact

www.deltares.nl

zon uit energie op water

Sacha.derijk@deltares.nl
Miguel.Dionisio@deltares.nl
Sibren.Loos@deltares.nl

Arnoud van Druten

Sun Projects

Manager Floating Energy

TKI URBAN ENERGY
Topsector Energy

zon op water

FLOATING ENERGY

Floating Energy

Part of Sunprojects

Introduction

Intro

- EPC dak , gevel veld carport en floating systemen

- Deelnemer Zon Op Water Slufter
- Deelnemer Oostvoorne evaluatie project

Intro

- EPC Floating PV systems
  - Sun tracking
  - East West
  - All Steel

Haalbaarheid (-)

- **Is het nog interessant om te investeren in Floating PV?**

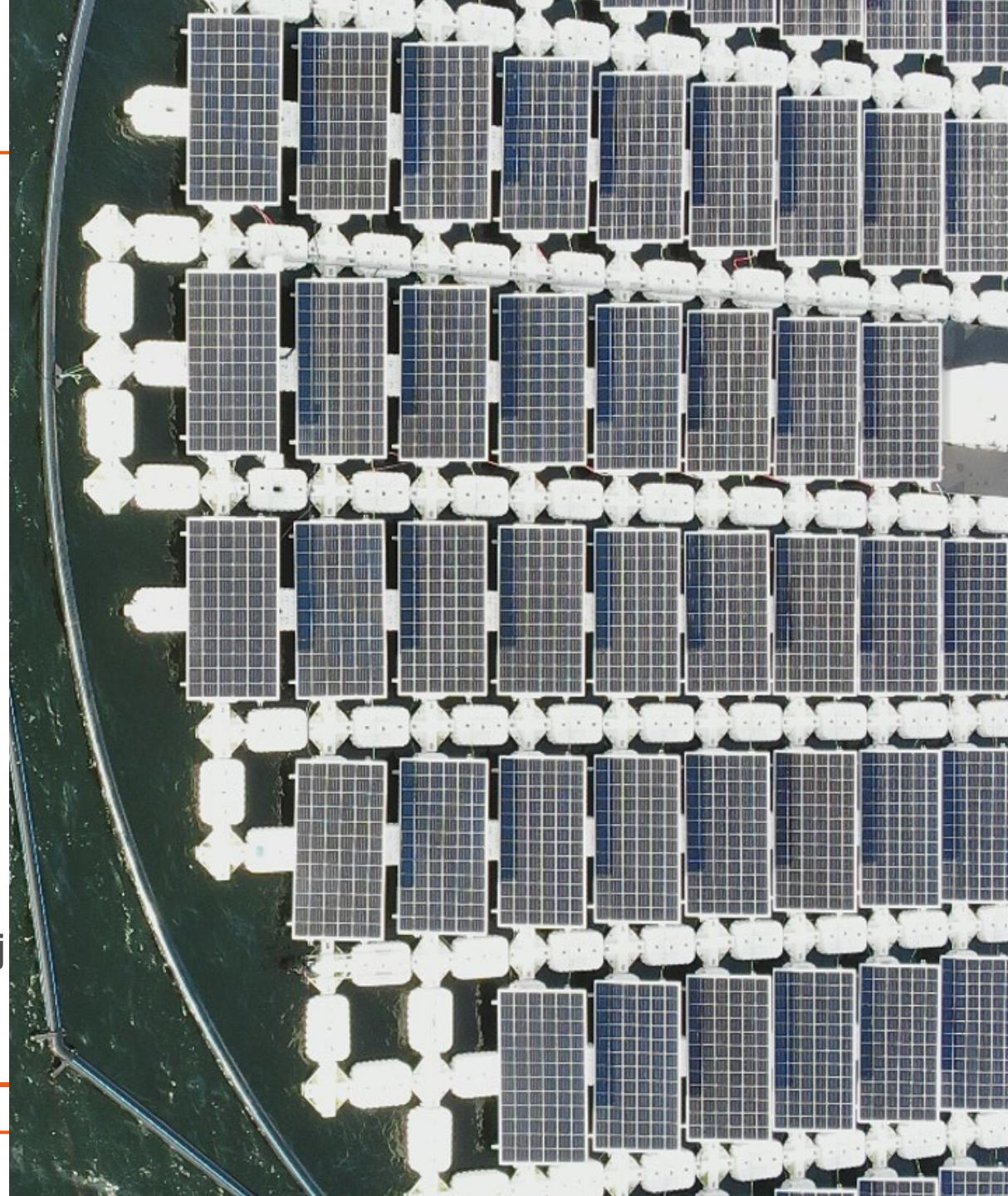
- **Tegen**

  - SDE daalt sneller dan component prijzen
  - SDE dealt sneller dan product innovatie
  - Omgevingsbewustheid
  - Toenemende eisen van verzekeraars
  - Berichtgeving van schade
  - Not in my backyard

Haalbaarheid (+)

Is het nog interessant om te investeren in Floating PV?

- **Voor**
  - Toenemende kennis door pilots
  - Nederland heeft leading imago op water
  - Standardisatie van produkt en installatie
  - Geschikte locaties t.o.v. veldsystemen
  - Noodzaak tot electrificering
  - Toenemende aandacht voor inpassing en maatschappij
  - Toenemende beschikbaarheid kennis van impact op natuur



Technologie

Systeem vormen

Zonvolgende systemen

- Rendement +20%> 30%
- Verankering en draaimechanisme

Oost West systemen

- Benutting beschikbaar oppervlak

Zuid systemen

Afdekkende /transparante systemen

Economisch Haalbaarheid

Systeem kosten t.o.v. landsystemen (+15%)

- Extra kosten voor drijvende functie
- Extra kosten voor verandering

Installatie (+/-)

- Meerkosten door extra drijvende componenten
- Minderkosten door vaste installatie positie

Onderhoudskosten (- 20%)

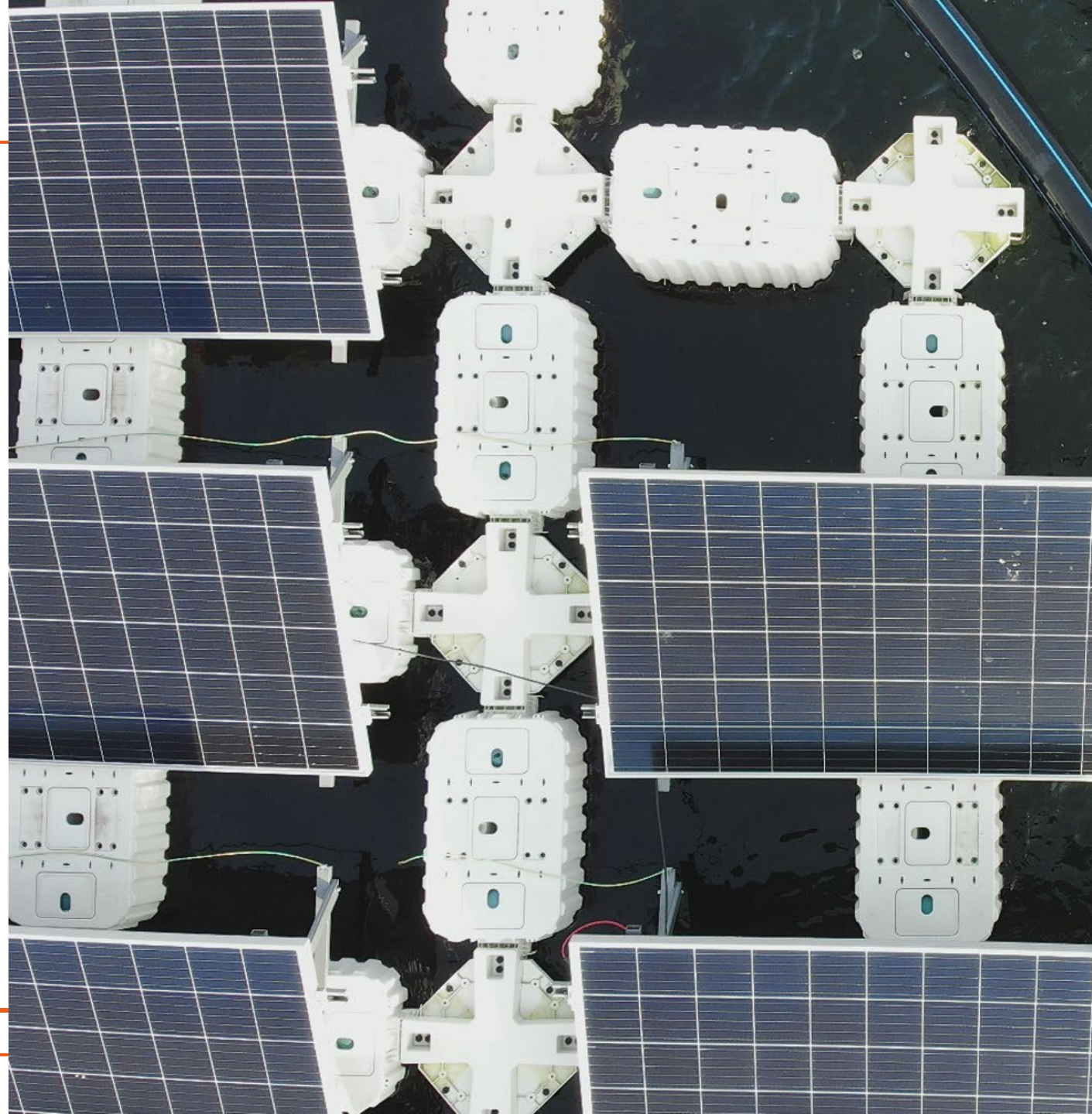
- Minderkosten voor reiniging

Sociaal Maatschappelijke haalbaarheid

- Vergunningen
- Lokale participatie
- Meervoudig gebruik

Samenvatting

- Floating PV systemen worden technische gezien steeds interessanter door toenemende kennis in projecten, de invloed op de omgeving. De voorspelbaarheid van de systeemduur en haar impact neemt toe.
- Mogelijkheden ten opzichte van veldsystemen zowel qua acceptatie als economisch interessanter (LCOE)
- SDE daalt sneller dan de innovatie en optimalisatie curve.
- Potentieel nog onbenut



FLOATING
ENERGY

Arnoud van Druten
arnoud.vandruten@sun-projects.nl
06-55 693864

Allard van Hoeken

CEO
Oceans of Energy

TKI URBAN ENERGY
Topsector Energy

zon op water

Oceans of Energy

First high-wave offshore solar farm system since 2019 on the North Sea

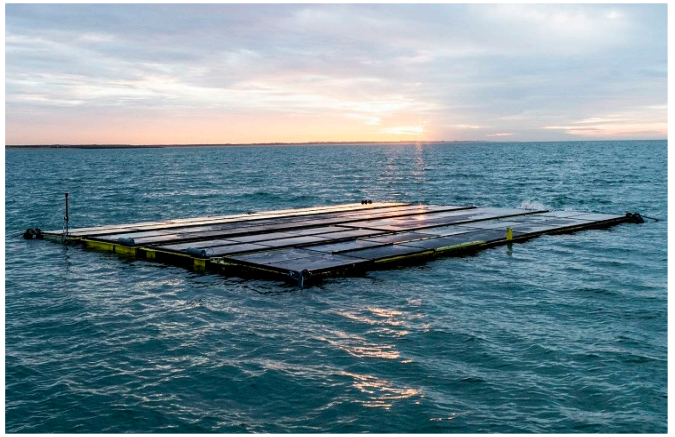
Zon op Water presentatie 20 april 2021

Like wind, solar is bound to go offshore

Situation

Complication

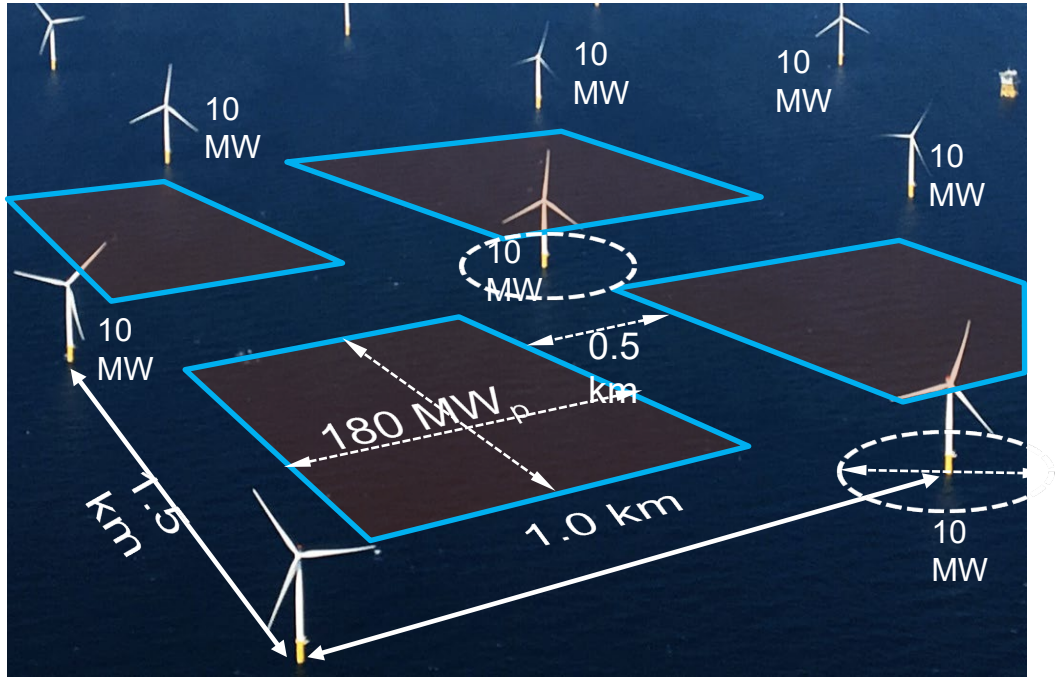
Solution!

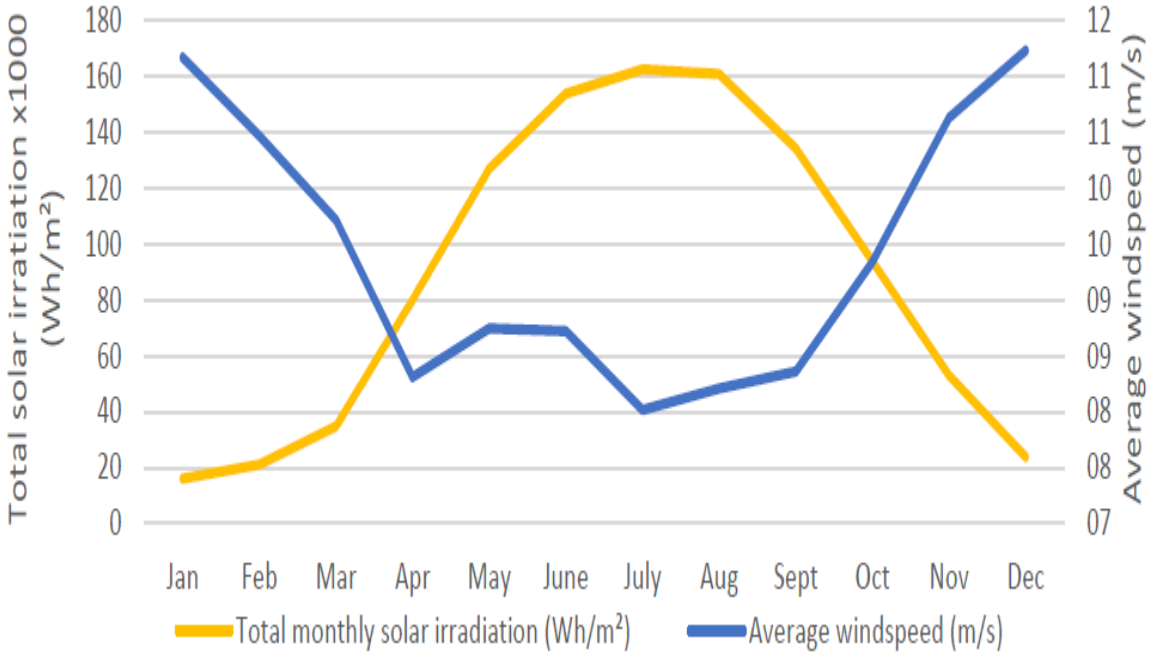


Oceans of Energy delivers a unique, proven product

Floating	Floating, anchored, any distance to shore, any water depth
Modular	Any size: Scalable from 100 kW_p to > 10 GW_p
Track record	1. Near-shore < 1 km, since **November 2019, 50kW** 2. Off-shore 15 km, very rough Withstood large storms Ciara, Dennis, Evert, Bella: **9.8 meter wave, 105 km/hr wind**
Robust	Designed to survive hurricane conditions with no damage Tested in MARIN offshore tank to 13m max wave height
Performance	Higher yields anticipated than solar on land
Low maintenance	No moving parts in the power generation. Access at sea level.
Patented	International patent filed in 2017. Registration in EU-plus and globally

Offshore solar and wind are highly complementary





5x more kWh/km2

- 180 MW solar on 10MW wind
- Capacity factor of 12 vs 45%

Joint power curve: Seasonal complementarity

- 1:1 capacity match leads to 5% curtailment

Offshore solar offers a new option with huge potential

Nederland: 2200 PJ/jaar needed. How can this be generated from 100% renewable energy?

	GWp	PJ /yr	% of energy demand	*% of Dutch North-sea*
Onshore wind	6 (today: 4)	70	**4%**	
Onshore solar	100 (today: 8)	200	**16%**	

Offshore wind	60 (today: 2)	660	**30%**	*18%*
Offshore solar	300	1100	**50%**	*5% within wind*

Combination with “green hydrogen” will become very interesting

...while there is a lot of space at sea

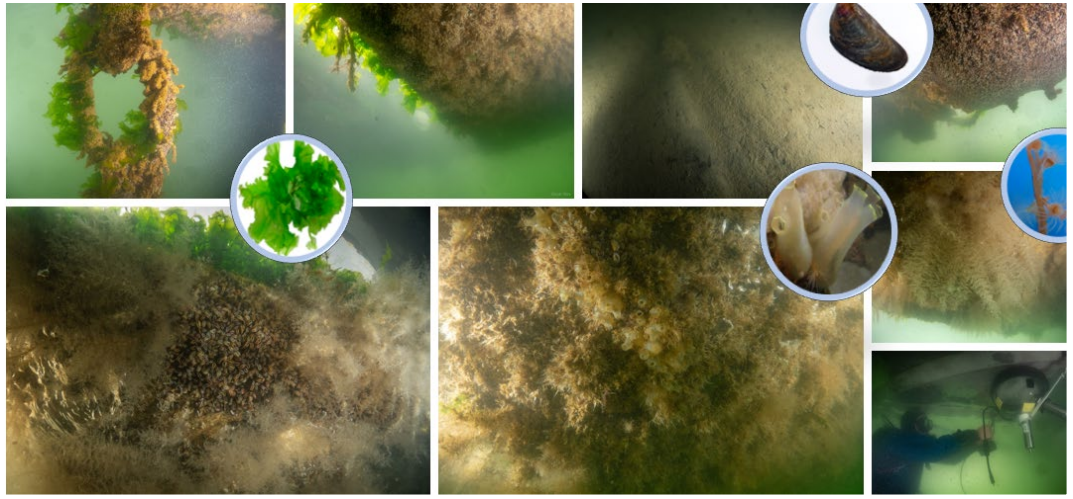
Aanloop steun nodig (net als Offshore Wind)

- Opschaling naar 1 MW - 10 MW - 100 MW
  - Een aparte SDE++ categorie voor offshore solar is nodig
  - Eerste tijd van kostendalingen-door-opschaling ondersteunend
  - Offshore Solar wordt goedkoper dan Offshore Wind
- Offshore Solar integratie met Offshore Wind
  - Meenemen in planning van energiesysteem (mogelijkheden voor aansluitingen bij Tennet offshore wind substations)
  - Elektriciteitswet moet niet alleen wind-energie toestaan maar ook zonne-energie vanaf zee
  - Vergunningsmogelijkheden

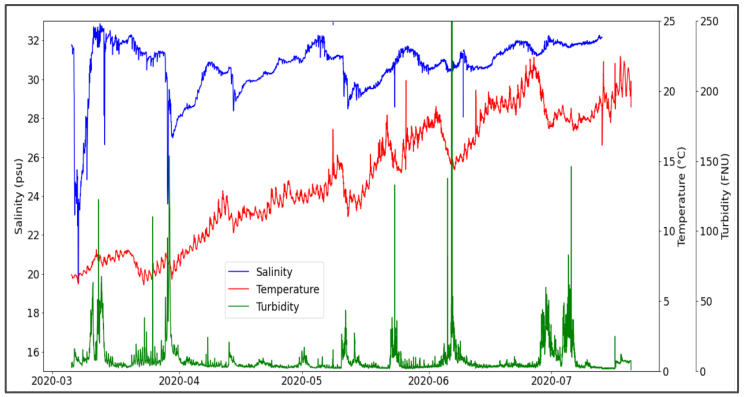
Houd Nederland, Maritieme wereldleider, de voorsprong?

Effect on environment is monitored and evaluated

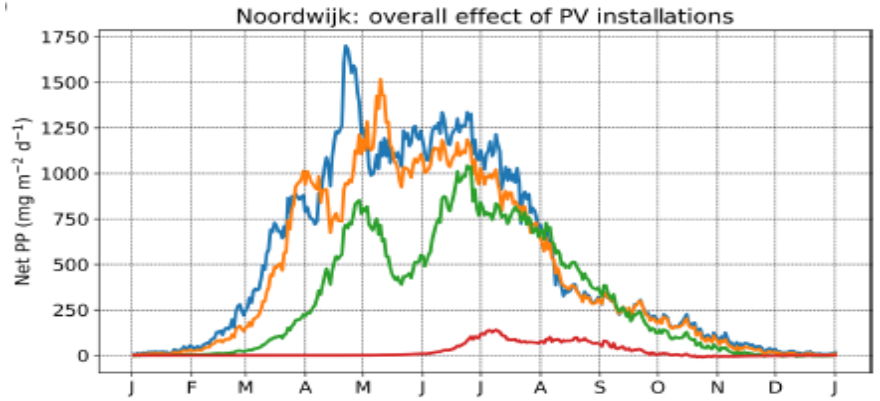
Underwater flora and fauna surveys on floaters



Continuous monitoring of ocean parameters



Modelling of effects of large scale solar



Contents lists available at ScienceDirect

Solar Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/solener

Environmental impacts and benefits of marine floating solar

Tara Hooper [a,*], Alona Armstrong [b,c], Brigitte Vlaswinkel [d]

[a] School of Biological and Marine Sciences, University of Plymouth, Drake Circus, Plymouth PL4 8AA, UK
[b] Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster LA1 4YQ, UK
[c] Energy Lancaster, Lancaster University, Lancaster LA1 4YF, UK
[d] Oceans of Energy, Valkenburg Airport, Wassenaarseweg 75, 2223LA Katwijk, the Netherlands

ARTICLE INFO

Keywords:
Marine
Floating solar photovoltaic
Biofouling
Ecosystem impact
Artificial reef
Public acceptance

ABSTRACT

Deployment of floating solar photovoltaic installations (floatovoltaics) is advancing, with various designs beginning to appear in a range of marine environments. Insight from freshwater floatovoltaics is not readily transferable offshore, and so lessons from other marine energy infrastructure are used to highlight how the marine environment may impact floatovoltaics, how the floatovoltaics impact the environment (both positively and negatively) and the likely societal response. It becomes clear that research to understand the environmental and societal implications of floating solar in the marine environment must proceed in parallel with investigations of the technical and economic feasibility.

Peer reviewed publications

Ocean Sci., 16, 195–208, 2020
https://doi.org/10.5194/os-16-195-2020
© Author(s) 2020. This work is distributed under
the Creative Commons Attribution 4.0 License.

Ocean Science
Open Access
EGU

Effects of large-scale floating (solar photovoltaic) platforms on hydrodynamics and primary production in a coastal sea from a water column model

Thodoris Karpouzoglou[1,a], Brigitte Vlaswinkel[2], and Johan van der Molen[3]

[1]Institute for Marine and Atmospheric Research (IMAU), Utrecht University, P.O. Box 80.005, 3508 TA Utrecht, the Netherlands
[2]Oceans of Energy, Wassenaarseweg 75, 2223 LA Katwijk, the Netherlands
[3]NIOZ Royal Netherlands Institute for Sea Research, Dept. of Coastal Systems, and Utrecht University, P.O. Box 59, 1790 AB Den Burg, the Netherlands
[a]Norwegian Polar Institute, Fram Centre, Hjalmar Johansens gt. 14, 9296 Tromso, Norway

Correspondence: Johan van der Molen (johan.van.der.molen@nioz.nl)

Received: 28 June 2019 – Discussion started: 1 August 2019
Revised: 6 December 2019 – Accepted: 16 December 2019 – Published: 28 January 2020

"The impact of light deficit due to floating farms in the North Sea (up to several 100 km2's in size) is modelled to be negligible for primary production."

Received: 27 September 2019 | Revised: 14 February 2020 | Accepted: 27 March 2020
DOI: 10.1002/pip.3276

Check for updates

RESEARCH ARTICLE

WILEY PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS

Simulation of performance differences between offshore and land-based photovoltaic systems

S. Zahra Golroodbari | Wilfried van Sark

Copernicus Institute, Utrecht University, Utrecht, 3584 CB, The Netherlands

Correspondence
S. Zahra Golroodbari, Copernicus Institute, Utrecht University, Princetonlaan 8A, 3584 CB Utrecht, The Netherlands.
Email: s.z.mirbagherigolroodbari@uu.nl

Abstract

The purpose of this study is to model, simulate, and compare the performance of a photovoltaics system on land and at sea. To be able to have a fair comparison the effect of sea waves, wind speed and relative humidity are considered in this model. The sea waves are modeled in the frequency domain, using a wave spectrum. The irradiation on a tilted surface for a floating system is calculated considering the tilt angle that is affected by the sea waves. Moreover, the temperature is estimated based on heat transfer theory and the natural cooling system for both floating and land-based photovoltaic systems. Actual measured weather data from two different locations, one located at Utrecht University campus and the other one on the North Sea, are used to simulate the systems, thus making the comparison possible. Energy yield is calculated for these weather conditions. The results show that the relative annual average output energy is about 12.96% higher at sea compared with land. However, in some months, this relative output energy increases up to 18% higher

"12.96% higher energy output PV at sea compared to land"

Effects of large-scale floating (solar photovoltaic) platforms on hydrodynamics and primary production in a coastal sea from a water column model

Thodoris Karpouzoglou[1,a], Brigitte Vlaswinkel[2], and Johan van der Molen[3]

[1]Institute for Marine and Atmospheric Research (IMAU), Utrecht University, P.O. Box 80.005, 3508 TA Utrecht, the Netherlands
[2]Oceans of Energy, Wassenaarseweg 75, 2223 LA Katwijk, the Netherlands
[3]NIOZ Royal Netherlands Institute for Sea Research, Dept. of Coastal Systems, and Utrecht University, P.O. Box 59, 1790 AB Den Burg, the Netherlands
[a]Norwegian Polar Institute, Fram Centre, Hjalmar Johansens gt. 14, 9296 Tromso, Norway

Correspondence: Johan van der Molen (johan.van.der.molen@nioz.nl)

Received: 28 June 2019 – Discussion started: 1 August 2019
Revised: 6 December 2019 – Accepted: 16 December 2019 – Published: 28 January 2020

Abstract. An improved understanding of the effects of floating solar platforms on the ecosystem is necessary to define acceptable and responsible real-world field implementations of this new marine technology. This study examines a number of potential effects of offshore floating solar photovoltaic (PV) platforms on the hydrodynamics and net primary production in a coastal sea for the first time. Three contrasting locations within the North Sea (a shallow and deeper location with well-mixed conditions and a seasonally stratifying location) have been analysed using a water column physical–biogeochemical model: the General Ocean Turbulence Model coupled with the European Regional Seas Ecosystem Model – Biogeochemical Flux Model (GOTM-ERSEM-BFM). The results show strong dependence on the characteristics of the location (e.g. mixing and stratification) and on the density of coverage with floating platforms. The overall response of the system was separated into contribu-

in net primary production were less than 10 %. For higher percentages of coverage, primary production decreased substantially, with an increased spread in response between the sites. The water column model assumes horizontal homogeneity in all forcings and simulated variables, also for coverage with floating platforms, and hence the results are applicable to very-large-scale implementations of offshore floating platforms that are evenly distributed over areas of at least several hundreds of square kilometres, such that phytoplankton remain underneath a farm throughout several tidal cycles. To confirm these results, and to investigate more realistic cases of floating platforms distributed unevenly over much smaller areas with horizontally varying hydrodynamic conditions, in which phytoplankton can be expected to spend only part of the time underneath a farm and effects are likely to be smaller, spatial detail and additional processes need to be included. To do so, further work is required to advance the

Strong partners

TNO

ECN

Universiteit Utrecht

WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

MARIN

AkzoNobel

EXASUN

TKI URBAN ENERGY
Topsector Energy

Ventolines

INYANGA marine projects

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Neeltje Jans
ZEEUWSE MOSSELEN
SEDERT 1912

TAQA

one dyas

NIOZ Sea Research

BUREAU VERITAS 1828

GHENT UNIVERSITY

Deltares
Enabling Delta Life

NOORDZEE BOERDERIJ

The Seaweed Company

DMEC

Namens het Nationaal Consortium Zon op Water, alle sprekers en deelnemers bedankt!

Meer weten of zelf actief worden binnen het consortium?

www.zonopwater.nl
info@zonopwater.nl

TKI URBAN ENERGY
Topsector Energy

zon op water

Tijd voor de Meet & Greet

Event agenda:

Webinar Zon op infra **25 mei**
Webinar Zon op gebouwen (bedrijfsterreinen) **6 juli**
Sunday NL congres: **december**

TKI URBAN ENERGY
Topsector Energy

zon op water