



Drijvende zonnepanelen en hun effect op de waterkwaliteit

Floris Boogaard (Hanzehogeschool/INDYMO), Rui de Lima (INDYMO), Rutger de Graaf (hogeschool Rotterdam/Blue21), Fen-Yu Lin (Blue21)

In Nederland drijven steeds meer zonnepanelen op het water. Kennis omtrent het effect op de waterkwaliteit van deze zonneparken is echter beperkt. Praktijkmetingen onder de platforms zijn vaak lastig uit te voeren. Er zijn onderwaterdrones ingezet met sensoren en camera's. Deze praktijkmetingen zijn nodig ter ondersteuning van vergunningverlening en opstellen van richtlijnen voor ontwerp, implementatie en beheer van drijvende zonnepanelen om een gezond leefmilieu te handhaven en om de duurzame energietransitie te bevorderen. Op de onderzoekslocatie is geen significante impact gemeten op de kwaliteit van het oppervlaktewater.

Nederland wil in 2050 energieneutraal zijn en in de komende jaren moet onze infrastructuur zo veel mogelijk klimaatadaptief zijn [1]. Om deze doelstellingen te bereiken zijn ingrijpende maatregelen in onze infrastructuur en energievoorziening nodig. In het druk bevolkte Nederland is dit vanwege de beperkte ruimte een uitdaging. Nederlandse oppervlaktewateren zijn essentieel als waterberging bij intensieve buien en langdurige droogte in de toekomst.

Innovatieve oplossingen die meervoudig ruimtegebruik faciliteren, zoals drijvende zonneparken, staan in Nederland en wereldwijd hoog op de agenda [2]. Zij spelen zowel in op de oorzaak van klimaatverandering (mitigatie) als op de gevolgen ervan (adaptatie). Er worden dan ook op grote schaal drijvende zonneparken aangelegd.

Bij snelle implementatie van innovaties is vaak geen tijd voor gedegen onderzoek naar de effecten, zoals in het geval van drijvende zonneparken op de ecologie en waterkwaliteit. Vanuit de Kaderrichtlijn Water en Natura2000 worden eisen gesteld, maar tijdens de korte vergunningverleningstrajecten is er weinig tot geen praktijkonderzoek beschikbaar om vragen te beantwoorden. Dit artikel geeft een inventarisatie van reeds gerealiseerde (inter)nationale drijvende constructies. Daarnaast worden een meetmethodiek en eerste onderzoeksresultaten toegelicht van monitoring van drijvende zonnepanelen met behulp van onderwaterdrones.

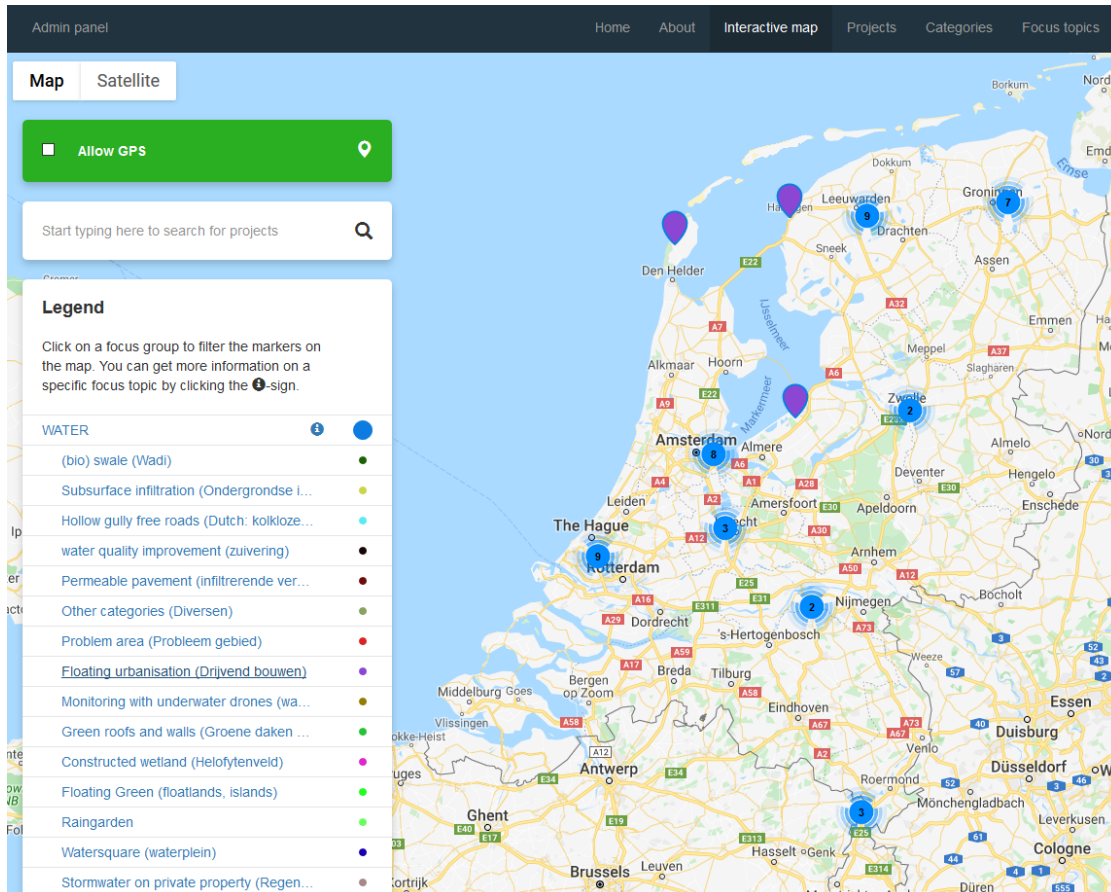
Klimaatadaptatie door drijvend bouwen

Drijvend bouwen wordt gezien als een van de meest effectieve klimaatadaptatiemaatregelen in de bouw, aangezien constructies meebewegen met een stijgende waterspiegel. Drijvende gebouwen bieden de mogelijkheid om vastgoed te combineren met waterberging en door middel van meervoudig ruimtegebruik dragen ze bij aan klimaatadaptatie. De constructies zijn flexibel en verplaatsbaar, wat een voordeel is voor snelgroeiende steden waar ruimte schaars is en innovatief gebouwd moet worden vanwege bijvoorbeeld aardbevingsgevaar of overstromingsrisico. Drijvende infrastructuur wordt in diverse 'zinkende steden' als rigoureuze aanpak overwogen. Voorbeelden zijn New Orleans, Jakarta, Tokio, Bangkok, Venetië en Shenzen in China [3].

Het is van belang om internationaal kennis uit te wisselen over dit thema. Locaties waar klimaatadaptatieve oplossingen zijn geïmplementeerd worden door middel van *citizen science* vastgelegd op onder andere [Climatescan.org](https://climatescan.org). Hier zijn naast drijvende woningen in Manila en Semarang (Indonesië) en diverse drijvende vliegvelden in Japan, meer dan 50 locaties in Nederland

vastgelegd waar zich drijvende objecten als woningen, kassen en wegen bevinden. Ook worden steeds meer locaties van drijvende zonnepanelen geüpload. In de toekomst zal dit aantal verder toenemen om de doelstellingen voor klimaatadaptatie en -mitigatie te behalen.

Deze inventarisatie is exclusief meer traditionele objecten als woonboten en drijvend groen. Deze vallen in een andere categorie. In afbeelding 1 zijn de locaties door heel Nederland weergegeven waar zich drijvende objecten bevinden.



Afbeelding 1. Meer dan 50 locaties met drijvende objecten in Nederland.

Bron: <https://www.climatescan.org/map#filter-1-2>

Drijvende zonnepanelen in Nederland

Er zijn diverse voorbeelden van drijvende zonnepanelen in Nederland (zie afbeeldingen 2 en 3). Daarbij gaat het (nog) om relatief kleine oppervlakten ten opzichte van het buitenland (zie tabel 1).



Afbeelding 2. Voorbeelden kleinschalige Nederlandse drijvende zonnepanelen die enkele jaren geleden geïmplementeerd zijn: links Texel (bron: <https://www.climatescan.nl/projects/1053/detail>); rechts Groningen (bron: <https://www.climatescan.org/projects/1056/detail>)



Afbeelding 3. In 2019 geïmplementeerde grote zonneparken: zes hectare groot zonnepark Tynaarlo. Foto: Liesbeth Jorritsma, meer info: <https://www.climatescan.nl/projects/4367/detail>

Het totale vermogen aan drijvende zonnepanelen in de wereld is nu groter dan 1,3 gigawatt [GWp] en de geschatte potentie van drijvende zonneparken is groter dan 400 GWp [1]. In tabel 1 wordt het vermogen van enkele individuele drijvende zonnepaneelparken weergegeven.

Tabel 1. Data van enkele drijvende zonneparken in de wereld

	Vermogen (MW)	Locatie/meer info
Coal mining subsidence area of Huainan City, China	70 [4]	https://www.sungrowpower.com/en/division/floating
Piolenc, Frankrijk	17	https://www.climatescan.nl/projects/4334/detail
Tynaarlo, Nederland Afbeelding 3	8,4	https://www.climatescan.nl/projects/4367/detail
Zwolle, Nederland Afbeelding 4	14,5	https://www.climatescan.nl/projects/4366/detail

In het buitenland worden drijvende zonnepanelen op grotere oppervlakten toegepast. Ter vergelijking: het grootste (niet drijvende) zonnepark ter wereld is nu Longyangxia Dam Solar Park met in de provincie Qinghai in China een oppervlak van 24 km² [5].

In de toekomst zullen zonneparken van deze grootte naar verwachting ook in Nederland te zien zijn.



Afbeelding 4. In 2019 geïmplementeerd groot zonnepark: Sekdoom in Zwolle. Foto: Thomas Klomp, meer info: <https://www.climatescan.nl/projects/4366/detail>

Effect op waterkwaliteit

Het aanbrengen van drijvende zonnepanelen op oppervlaktewater kan de doelen en functies van het watersysteem beïnvloeden. Waterbeheerders in Nederland dienen daarom inzicht te hebben in de effecten die kunnen optreden door bijvoorbeeld beperkte lichttoetreding op het water onder de platforms. Zo kan bij het afdekken van een deel van het wateroppervlak een ongunstige zuurstofhuishouding optreden. Beperkte lichtinval zou de groei van waterplanten kunnen afremmen en daarmee de zuurstofproductie. Dit zal vanzelfsprekend afhangen van de afmetingen, vormgeving en verhoudingen van de overkapping ten opzichte van de grootte van het oppervlaktewater, alsmede de systeemkenmerken van het watersysteem (stroming, getijdewerking) en klimatologische omstandigheden. Enkele locaties zijn uitgezocht op beperkte invloed op waterkwaliteit zoals zandwinplassen die niet volledig overdekt worden door drijvende zonneparken. Bij enkele implementaties wordt bij het ontwerp en aanleg de impact op waterkwaliteit beperkt door gebruik te maken van open ruimte en of panelen die licht doorlaten.

De vraag wat het effect is van drijvende constructies op de waterkwaliteit onder diverse omstandigheden is daarom niet eenvoudig te beantwoorden. Bemonstering onder (grootschalige) drijvende platforms is vaak lastig uit te voeren aangezien er weinig vrije ruimte is voor duikers en het daarmee een gevaarlijke en kostbare operatie is. Hierom worden sinds 2014 al onderwaterdrones met camera's en sensoren ingezet voor onderzoek [6].

Methode

De inzet van kosteneffectieve onbemande monitoring van waterkwaliteit als gevolg van drijvende infrastructuur speelt een steeds belangrijke rol in assetmanagement in het internationaal waterbeheer. Nauwkeurigere en efficiëntere dataverzameling is nodig voor nauwkeurig inzicht in watersystemen en om de juiste beslissingen en maatregelen te nemen voor duurzaam waterbeheer. Voor dit onderzoek worden diverse onderwaterdrones met diverse camera's, scanners en sensoren ingezet die inzicht geven in onder andere aanwezige onderwaterflora en -fauna en troebelheid (NTU/FNU); watertemperatuur (°C); opgelost zuurstof (mg/l); chlorofyl-a (µg/l). Aangezien de metingen momentopnames zijn wordt van de meetdag en de voorgaande periode lokale meteorologische data verzameld, zoals luchttemperatuur (°C), windsnelheid (m/s), globale straling (W.m²), bewolgingsgraad (%) en relatieve luchtvochtigheid (%), aangezien dit van invloed kan zijn op de metingen.

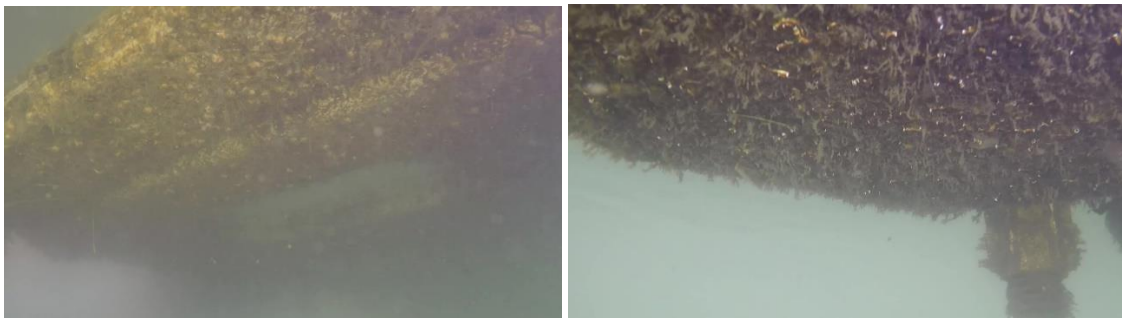
De metingen zijn uitgevoerd op 19 september bij drijvende zonnepanelen in Rotterdam (zie afbeelding 5).



Afbeelding 5. Links: meetlocatie in Rotterdam met onderwaterdrone (rechtsonder op foto), Locatie <https://www.climatescan.nl/projects/4360/detail> rechts: onderwaterdrone of aquatische remote operated vehicle (ROV) in actie

Eerste resultaten

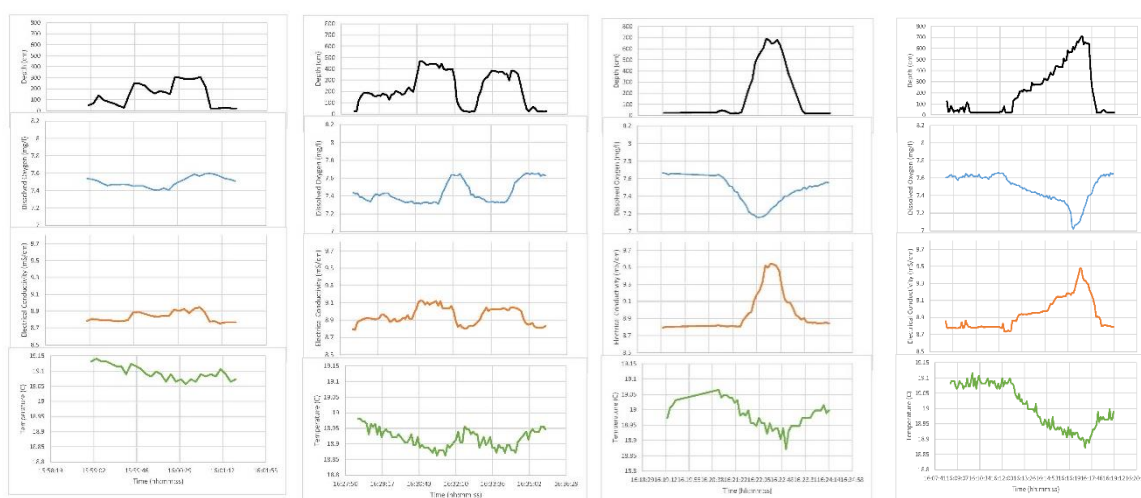
Onderwateropnamen (video en foto) onder het drijvende platform laten zien dat er binnen een jaar al aangroei is van vegetatie (zie afbeelding 6).



Afbeelding 6. Onderwateropnamen onder het drijvende platform laat grote bioactiviteit zien binnen 1 jaar nadat het platform is geïnstalleerd (videobeelden: <https://youtu.be/X8pqVlhsPfl>, meer beelden op <https://www.climatescan.nl/projects/4360/detail>)

Naast deze visuele monitoring zijn in afbeelding 7 enkele metingen te zien van zuurstofgehalte, temperatuur en geleidbaarheid. De eerste figuur geeft de diepte weer waarop de metingen zijn genomen door middel van sensoren. Er is variatie te zien in de diepte van de parameters. Bij vergelijking van de waterkwaliteit onder en naast het platform worden op diverse waterdiepten vergelijkbare concentraties aangetroffen, waarmee geen significante invloed van de drijvende zonnepanelen is aangetoond.

Dive 1 under floating platform Dive 2 under floating platform Dive 3 near mooring system Dive 4 in open water



Afbeelding 7. Variatie in diepte van waterkwaliteit onder en naast het drijvend platform: diepte (zwarte lijn), zuurstof (blauwe lijn), elektrische geleiding (oranje lijn) en temperatuur (groene lijn). Duiken 1 en 2 zijn onder het platform en 3 en 4 ernaast ter vergelijking van de waterkwaliteit

Visuele observaties boven water

Diverse vogels hebben zich genesteld op de platforms en stonden tijdens de metingen tussen de zonnepanelen. Omdat vervuiling van de panelen minder rendement oplevert is dit een ongewenste situatie. Wellicht worden er in de toekomst maatregelen getroffen om vogels te weren. Tevens kan de aanwezigheid van grote aantallen vogels een slechte invloed hebben op de waterkwaliteit bij zonnepanelen op kleinere oppervlaktewateren, omdat uitwerpselen leiden tot hogere nutriëntgehalten.

Conclusies en vervolg

In de nabije toekomst zullen in de Nederlandse oppervlaktewateren meer en grotere drijvende zonnepaneleninstallaties worden geplaatst. Kennis over het effect op waterkwaliteit is beperkt en praktijkmetingen onder diverse omstandigheden zijn gewenst maar vaak complex om uit te voeren. Er moet gemeten worden onder grote drijvende constructies, in relatief ondiep water met weinig ruimte onder het platform. Met onderwaterdrones zal op diverse (inter)nationale locaties het effect van drijvende constructies worden gemeten. Deze methodiek is nu voor het eerst in Rotterdam toegepast bij de monitoring van drijvende zonnepanelen. De resultaten laten zien dat er geen grote verschillen zijn in de waterkwaliteitsparameters naast en onder de zonnepanelen. Dit werd eerder ook op diverse meetlocaties bij drijvende woningen geconstateerd [6], [7], [8], [9]. De metingen betreffen hier echter een momentopname en kleinschalige objecten ten opzichte van de omvang van (stromend) oppervlaktewater. In de toekomst zullen meer metingen worden uitgevoerd bij grotere (inter)nationale drijvende zonnepanelenprojecten, met camera's en (continue) sensoren die meerdere parameters meten. Hiermee wordt op diverse locaties onder verschillende omstandigheden het effect van drijvende zonnepanelen op de waterkwaliteit bepaald. Deze praktijkmetingen zijn nodig ter ondersteuning van vergunningverlening en het opstellen van richtlijnen voor ontwerp, implementatie en beheer om een gezond leefmilieu te handhaven en om duurzame energietransitie te bevorderen.

In het kader van het nieuwe KIEM-HBO-project 'impact van drijvende zonnepanelen' van Nationaal Regieorgaan Praktijkgericht Onderzoek SIA worden in de komende maanden diverse praktijkmetingen uitgevoerd onder leiding van kenniscentrum Noordruimte van de Hanzehogeschool Groningen, met private partijen als INDYMO, Blue21, Solarplaza en publieke partijen als waterschap Noorderzijlvest.

Referenties

1. Deltaprogramma 2020. <https://www.deltacommissaris.nl/deltaprogramma/deltaprogramma-2020>, geraadpleegd op 5 december 2019
2. World Bank Group, ESMAP and SERIS (2019). *Where Sun Meets Water: Floating Solar Market Report*. Washington, DC: World Bank.
3. <https://www.nemokennislink.nl/publicaties/zinkende-kuststeden>, geraadpleegd op 5 december 2019
4. Boersma, T., Laan, J. van der, Noorduyn, O., Mesbahi, M. (2019). 'A Comprehensive Overview of 120+ Global Floating Solar Plants'. *Solarplaza*, June 2019, pg 6/16.
5. Maués, J. A. (2019). 'Floating Solar PV—Hydroelectric Power Plants in Brazil: Energy Storage Solution with Great Application Potential'. *International Journal of Energy Production and Management*. 2019. 4(1), 40-52. <https://www.witpress.com/elibrary/eq-volumes/4/1/2433>
6. Boogaard, F.C., Graaf, R. de, Dionisio Pires, M. (2014). 'Effect drijvende constructies op waterkwaliteit'. *Land en Water*, mei 2014. <http://nebula.wsimg.com/834d8b8230cbee360a31c6303c06d999?AccessKeyId=30C141C0819F1DB61E92&disposition=0&alloworigin=1>
7. Foka, E. et al. (2015). *Measuring the effect of floating houses on dissolved oxygen levels: Harnaschpolder*, Delft. International waterweek 2015, 3 November 2015, Amsterdam. http://www.tauw.com/fileadmin/downloads_com/publicaties_floris_boogaard/3097817_The_effect_of_floating_houses_on_water_quality.pdf
8. Boogaard, F. Graaf, R. de, ionisio Pires, M. Lima, R. (2016). 'Weinig invloed op ecosystem onder drijvende objecten'. *Land en Water* 10 (oktober 2016), pg. 27-29. <https://www.climatescan.nl/uploads/projects/64/files/152/Boogaard%20et%20al%20weinig%20invloed%20ecosysteem%20onder%20drijvende%20woningen%20LW2016.pdf>
9. Lima, R. de, Sazonov, V., Bogaard, F.C., Graaf, R. de, Dionisio, M., *Monitoring the impacts of floating structures on the water quality and ecology using an underwater drone*, Den Haag, IAHR 2015. http://www.tauw.com/fileadmin/downloads_com/publicaties_floris_boogaard/lima_et_al_MONITORING_THE_IMPACTS_OF_FLOATING_STRUCTURES_ON_THE_WATER_QUALITY_AND_ECOLOGY_USING_AN_UNDERWATER_DRONE_84564_IAHR.pdf