

## Onderwaterdrones in onderwijs en onderzoek

# Van game-ervaring naar drone brevet

**Wetterskip Fryslân, Hogeschool Van Hall Larenstein en Indymo voeren onderzoek uit naar de toepassingsmogelijkheden van onderwaterdrones. Er zijn veel toepassingen mogelijk, zoals waterkwaliteitsmonitoring en inspectie van kunstwerken. Met drones kan het watersysteem beter in beeld worden gebracht, wat uiteindelijk de waterkwaliteit ten goede zal komen. Een beeld van de huidige inzetbaarheid van onderwaterdrones en toekomstige ontwikkelingen.**

Door: Paul van Eijk, Rui de Lima, Jan Roelsma en Lisette van der Berg

### Over de auteurs:

P. van Eijk (Lector Duurzame Watersystemen Hogeschool Van Hall Larenstein/CEW)  
R. de Lima (Onderzoek INDYMO)  
J. Roelsma (Senior Planadviseur Waterkwaliteit Wetterskip Fryslân)  
L. van der Berg (Projectingenieur Hogeschool Van Hall Larenstein)

In 1950 ging Jacques Cousteau (1910-1997) aan de slag op de Calypso. Dit schip was decennialang het decor voor het onderzoek van de ontdekkingsreiziger. Vanaf de Calypso zijn prestigieuze innovaties en ontwikkelingen in gang gezet in het onderzoek naar de onderwaterwereld. Een voorbeeld is de toepassing van *Remote Operating Vehicles* (ROV's), een soort onderwaterdrone. Innovatieve methoden om met onderwaterdrones (afb. 1) onder water te kijken en te meten zijn nog altijd volop in ontwikkeling. Niet alleen de beelden maar ook sensoren hebben grote meerwaarde om in het *big data*-tijdperk 3D-informatie te verkrijgen van het watersysteem. Hiermee kan de bewustwording van gebruikers en beheerders worden vergroot. De informatie kan ook gebruikt worden om het waterbeheer nauwkeuriger uit te voeren.



AFBEELDING 1: OPEN ROV, HOGESCHOOL VAN HALL LARENSTEIN (2016).

Zo kunnen met informatie van een onderwaterdrone specifieke waterkwaliteitsproblemen worden geïdentificeerd welke hun oorsprong hebben op het land. Hierbij kan gedacht worden aan de uitspoeling van meststoffen vanuit de bodem naar het oppervlaktewater.

Dit artikel gaat in op de vraag wat deze dynamische wijze van monitoren toevoegt aan de geprotocolleerde wijze van meten en beoordelen. Kunnen onderwaterdrones ook worden ingezet op de overgangen van bodem en water of het in beeld brengen van de waterkwaliteit in het stedelijke gebied? Welke technische ontwikkelingen zijn momenteel gaande en hoe kunnen onderwijs en onderzoek inspelen op deze ontwikkelingen?

Camerabeelden zijn real-time te bekijken, waardoor in het veld direct kan worden gereageerd

Hogeschool Van Hall Larenstein (VHL) en Indymo hebben onderzoek verricht naar de toepassingsmogelijkheden van verschillende soorten onderwaterdrones in diverse watertypes. Dit leverde een overzicht op van een aantal gewenste eigenschappen voor de drone bij verschillende toepassingen, zoals waterkwaliteitsmetingen en inspectie. De gewenste eigenschappen richten zich op onder andere het bepalen van de locatie van de drone, besturing en communicatie maar ook de aandrijving en *fail safety*.

### TOEGEVOEGDE WAARDE BIJ MONITORING

De waterkwaliteit wordt in Nederland doorgaans bepaald aan de hand van watermonsters en het uitvoeren van statische monitoring op puntlocaties in het oppervlaktewater. In opdracht van Wetterskip Fryslân is onderzoek gedaan naar de toegevoegde waarde van onderwaterdrones ten opzichte van deze wijze van meten.<sup>1</sup> De met statische monitoring uitgevoerde metingen en

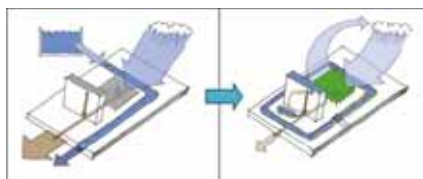
analyses geven de waterkwaliteit weer op exacte locaties op vaste tijdstippen. Omdat een watersysteem echter continu in beweging is, is er variatie in ruimte en tijd. Het wel of niet behalen van waterkwaliteitsnormen voor het betreffende watersysteem wordt dan deels afhankelijk van de toevallige plaats en tijd van meten. Met onderwaterdrones is dynamische monitoring mogelijk van het gehele watersysteem. Metingen worden uitgevoerd op verschillende locaties en dieptes, waaronder plaatsen die anders onbereikbaar zijn, zodat een 3D-beeld ontstaat. Als aanvulling op de statische monitoring geeft dit een completer beeld van het betreffende systeem.

Naast het gebruik van sensoren voor waterkwaliteitsmetingen, hebben visuele beelden van de camera een belangrijke meerwaarde. De beelden kunnen voor diverse doeleinden worden gebruikt, zoals ecologisch onderzoek en inspecties. Op basis van de beelden kunnen onderhoudsplannen worden opgesteld en reparaties effectief en efficiënt worden uitgevoerd. Camerabeelden zijn real-time te bekijken, waardoor in het veld direct kan worden gerea-geerd op bijzonderheden.

De onderwaterdrone voegt nog meer toe aan het werkveld. Met gegevens van een onderwaterdrone kan de waterkwaliteit op een aansprekende manier getoond worden aan een breder publiek. Dankzij de enorme hoeveelheid gegevens kunnen 3-D visualisaties van het waterlichaam gemaakt worden en kan kennisoverdracht over waterkwaliteit effectiever plaatsvinden.

#### MOGELIJKHEDEN ROV'S IN DE GEBOUWDE OMGEVING

In Nederland experimenteren we sinds begin jaren negentig met Duurzaam Bouwen van woningen op stedelijk schaalniveau. Daarbij gaat het om dezelfde principes als bij het ontwerp van een duurzaam watersysteem in een nieuwbouwwijk, namelijk een beheer dat gericht is op het zoveel mogelijk vasthouden en schoonhouden van gebiedseigen water. Van een doorspoelsysteem naar een circulatiesysteem (zie afbeelding 2).



AFBEELDING 2: TRANSFORMATIE VAN EEN DOORSPOELSISTEEM NAAR EEN CIRCULATIESISTEEM.<sup>2</sup>

In verschillende situaties is regenwater afgekoppeld, is verharding vervangen door groen, is het areaal open water vergroot en zijn natuurlijke oevers ingericht. Het watersysteem wordt in deze voorbeeldwijken gebruikt en beheerd door de mensen die er wonen.

Veranderprocessen zijn, afhankelijk van de context, complex, dynamisch en onzeker. Niet alleen voor het (her)ontwerp en de inrichting van een duurzaam watersysteem, ook het monitoren van het gebruik en het beheer van een dergelijk systeem vraagt om adequate informatie van de complexe systemen. Biedt het gebruik van onderwaterdrones hierbij een meerwaarde? Voor de combinatie van het monitoren van het watersysteem voor, door en met bijvoorbeeld bewoners(groepen) lijken onderwaterdrones uiterst geschikt. Bijvoorbeeld als een school in een naoorlogse wijk een in de buurt gelegen watergang adopteert, dan kunnen de leerlingen met onderwaterdrones via participatieve monitoring (*citizen science*) het watersysteem in kaart brengen. De drones geven snel een beeld – visueel, fysisch en chemisch – van het functioneren van het watersysteem. Het kan ook een leerdoel dienen om het waterbewustzijn onder leerlingen en leerkrachten te vergroten (*capacity building*).

#### TECHNISCHE INNOVATIES

Tijdens het veldwerk (afb. 3) zijn waardevolle inzichten verkregen over het functioneren van onderwaterdrones voor milieu-monitoring en andere toepassingen. Voorbeelden zijn flexibiliteit om de setup aan te passen aan de omstandigheden en eisen, zoals de installatie en uitwisselbaarheid van data tussen sensor en computer. Ook bescherming van de propellers tegen vegetatie, goede manoeuvreerbaarheid om gegevens te verzamelen (systematisch afvaren van een route op een constante snelheid), eenvoudige reparaties, transport, behoefte aan accurate positione-

In de toekomst zal de onderwaterdrone verder integreren in onderzoek en onderwijs

ring en waterbestendige apparatuur zijn nog uitdagingen. Aan het ontwerp van een onderwaterdrone worden voorwaarden gesteld: een duidelijke omschrijving van de functie waarvoor de drone is ontworpen (bijvoorbeeld waterkwaliteitsmonitoring, watermonsters, visuele inspecties), de fysieke structuur (meestal kubus- of cilindervormig), het drijfmechanisme (bijvoorbeeld met drijvers of geautomatiseerde ballasttanks), het energieverbruik, de voorstuwingmethode (verticale/horizontale propellers), en tenslotte vaardigheden die noodzakelijk zijn voor de sturing, controle en digitale communicatie van de drone en de verschillende sensoren.



AFBEELDING 3: LISETTE VAN DER BERG TIJDENS UITVOERING VAN WATERKwaliteitsmetingen, Hogeschool van Hall Larenstein (2016).

*Navigatie:* Een van de belangrijkste succesfactoren voor het efficiënt gebruik van aquatische dronetechnologie, is de juiste registratie van de positie onder water. Dit is cruciaal voor de navigatie en voor data-analyse van gegevens in de meeste toepassingen (bijvoorbeeld GIS). De diepte van het water kan worden gemeten met waterdruksensoren. Het gebruik van een GPS onder water is echter beperkt, omdat verlies van het satelliet signaal optreedt. Een praktische oplossing voor het volgen van de onderwaterdrone is door gebruik te maken van een drijvend platform dat aangesloten is op de drone door middel van een intrekbare kabel. Andere (en duurdere) opties zijn de ontwikkeling van een akoestisch positioneringssysteem en het gebruik van een versnellings-

meter en kompas waarmee de positie van de drone op basis van oriëntatie en versnellingen kan worden berekend.<sup>5</sup>

**Communicatie:** Communicatie onder water is moeilijk en alleen datatransfers op een lage breedte zijn momenteel mogelijk, wat de opties beperkt. De meeste systemen vereisen een kabelverbinding (tether) om gegevens en instructies van en naar de drone te versturen.

**Visualisatie:** Wanneer de drone is voorzien van een kabelverbinding is het mogelijk om real-time mee te kijken. Om de zichtbaarheid ook in minder helder water te verbeteren kunnen bijvoorbeeld akoestische instrumenten worden gebruikt die onderwaterobjecten herkennen op basis van weerkaatsing van geluidsgolven. Dit type sonarsysteem kan ook worden gebruikt om de afstand tussen de drone en de waterbodem te meten.<sup>6</sup>

**Validatie:** Ten slotte is er de mogelijkheid om watermonsters te verzamelen, op afstand geactiveerd, voor validatie in het laboratorium van de (onder meer chemische) waterkwaliteit. Dit is een belangrijke toevoeging, maar lijkt moeilijker te realiseren, vanwege technische belemmeringen en het vaststellen van de exacte locatie van het watermonster.

#### ONDERWIJS EN ONDERZOEK: MEER DAN EEN NATTE DRONE

Instellingen als Van Hall Larenstein (VHL) werken vanuit het onderwijs- en onderzoeksprogramma steeds vaker vraaggericht aan opgaven vanuit de samenleving. Daarbij wordt co-productief en co-creatief samengewerkt met overheden en ondernemers (de quadruple helix).<sup>7</sup> Op dit moment doet VHL vanuit het lectoraat Duurzame Watersystemen onderzoek naar het functioneren van het watersysteem van de woonwijk Morrapark in Drachten. Studenten van de opleidingen Milieukunde en Land- en Watermanagement maken met onderwaterdrones een quick scan van de ecologische toestand van het watersysteem. Achtergrondinformatie bij dit onderzoek kunt u vinden in de kadertekst.

#### Onderzoek watersysteem Morrapark Drachten

De ecologische toestand van een watersysteem is in de Kaderrichtlijn Water (KRW) opgebouwd uit de met elkaar samenhangende biologische kwaliteit (biodiversiteit), fysisch-chemische kwaliteit en hydromorfologie. Met name de biologische kwaliteit is een punt van zorg in het Nederlands waterbeheer. Zo voldoet slechts drie procent van de regionale oppervlaktewateren aan de vereiste biologische kwaliteit.<sup>8</sup> Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) geeft aan dat naast brongerichte maatregelen ook gebiedsgerichte maatregelen van belang zijn. Hiervoor is een integratie van verschillende beleidsterreinen noodzakelijk. Daarbij doet het PBL een oproep om te komen 'van polderen naar participeren'. Via participatieve monitoring worden onderwaterdrones ingezet door verschillende doelgroepen. Bijvoorbeeld in de agrarische sector maar ook door gebruikers van een stadsvijver. In het onderwijs kunnen de drones via toegepast onderzoek een overzicht geven van de ecologische kwaliteit van bijvoorbeeld de gradiënten in een beekstroom, van bron tot monding. Ook zijn ze inzetbaar bij inspecties van kunstwerken of van sedimentatieprocessen in nevengeulen of bij een visualisatie van snoekenbroed voor het maaien. Indachtig de oproep van het PBL worden studenten niet alleen met een onderwaterdrone op pad gestuurd om de milieukwaliteit in het Morrapark in Drachten in kaart te brengen, maar ook de ruimtelijke kwaliteit (gebiedsinrichting) en de sociale kwaliteit (woontevredenheid, beheer en gebruik). Hierdoor leren studenten niet alleen van elkaar maar ook van de professionals in de praktijk. Deze vorm van interdisciplinair leren is sterk afhankelijk van de praktijksituatie, maar ook van het vermogen van onderzoekers, docenten, studenten en professionals om over de eigen grenzen heen te leren. Dit vermogen om praktijkgericht en interdisciplinair te leren door te doen wordt overigens Boundary Crossing genoemd (zie voor achterliggende leermechanismen o.a.<sup>9</sup>

In 2017 starten het VHL, het Nordwin College (mbo-onderwijs) en het Center of Expertise Water Technology (CEW) op de Watercampus in Leeuwarden met de opleiding 'onderwater-dronepiloot'. Het Centrum Innovatief Vakmanschap (CIV) heeft de opdracht gekregen deze module te ontwikkelen. Hiermee wordt geprofiteerd van een generatie studenten die

Geprofiteerd wordt van een generatie studenten die via het gamen een goede oog-handcoördinatie hebben

via het gamen een goede oog-handcoördinatie hebben. Hierdoor zijn de studenten ervaren met het op afstand besturen van voertuigen wat de positionering van de drones ten goede komt. Tegelijkertijd wordt de doorstroming bevorderd van het mbo naar het hbo. Op mbo-niveau worden verschillende typen drones en watertypen geïntroduceerd, evenals de besturing en het onderhoud van de drones. In het hbo-onderwijs wordt het ontwerp van een integraal meetplan toegevoegd, evenals de analyse en interpretatie van de verkregen data. Deze leerdoelen zijn omschreven in het brevet tot onderwaterdronepiloot.

#### TOT SLOT

In veel onderzoeken is de meerwaarde van onderwaterdrones al gebleken. Niet alleen voor de monitoring van waterkwaliteit is de drone een belangrijke toevoeging, maar ook in relatie met de omgeving, klimaat en burgerparticipatie. In de toekomst zal de onderwaterdrone naar verwachting verder integreren in onderzoek en onderwijs. Dit betekent dat er meer praktijkkennis en inzicht beschikbaar komt, bijvoorbeeld over het functioneren van duurzame watersystemen in een veranderend klimaat.

#### REFERENTIES

1. Berg, L van der (2016). Onderwaterdrones: Meerwaarde bij de beoordeling van waterkwaliteit, Hogeschool Van Hall Larenstein, Leeuwarden
2. TU Delft DIOC
3. Deltaprogramma | Nieuwbouw en Herstructurering (2014). Synthesedocument Ruimtelijke Adaptatie. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
4. WRR, Wetenschappelijk Raad voor het Regeringsbeleid (2013). Naar een lerende economie. Amsterdam University Press, Amsterdam
5. Boogaard, F., Graaf, R. de, Dionisio Pires, M., Lima, R. (2016) Weinig invloed op ecosysteem onder drijvende objecten, Land en Water, nr. 10 - oktober 2016, pg. 27-29
6. Lima, R.L.P. de, Boogaard, F.C, Graaf, R.E. de (2015). Innovative dynamic water quality and ecology monitoring to assess about floating urbanization environmental impacts and opportunities, Conference Proceedings: Amsterdam International Water Week. Amsterdam 2015. 5 pp.
7. Eijk, P.J. van (2015). De (a)quadruple helix. Over de duurzame ontwikkeling van watersystemen. Hogeschool Van Hall Larenstein, Leeuwarden.
8. Gaalen, F. van et al. (2015), Waterkwaliteit nu en in de toekomst. Eindrapportage ex ante evaluatie van de Nederlandse plannen voor de Kaderrichtlijn Water, Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
9. Gulikers, J., Oonk, C. (2016). Het waarderen van leren met partijen buiten de school. In: Onderwijsinnovatie, nummer 3. Open Universiteit.