

## **Dotterproject: risicogestuurd maaibeheer door betere kennis van vegetatie**

*Gé van den Eertwegh (KnowH2O), Ellis Penning, Rik Noorlandt, Mike van der Werf (Deltares), Koen Berends (Deltares, Universiteit Twente)*

**Mede door gebrek aan informatie wordt vaak alle vegetatie in een watergang gemaaid. Dit heeft gevolgen op hydraulisch en ecologisch vlak. In het Dotterproject, een proef met nieuwe technieken die vlakdekkende gegevens inwinnen over de actueel aanwezige watervegetatie, kan chirurgisch en kennisgestuurd worden ingegrepen. Zo worden planvorming en operationeel onderhoud doelmatiger en kosteneffectiever. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een drone als platform met een full-spectrumcamera als sensor. Informatie wordt vertaald in hydraulische ruwheden om opstuwing en KRW-waarden van vegetatie te analyseren.**

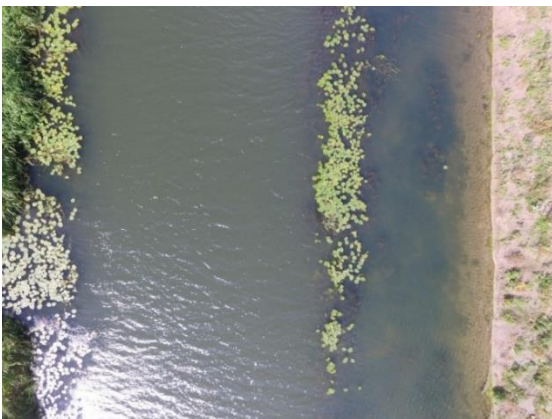
Seizoensmatige ontwikkeling van vegetatie in stromende wateren kan leiden tot een verhoogd risico van wateroverlast vanuit watergangen bovenstrooms van deze vegetatie. Tegelijkertijd is deze vegetatie een belangrijk onderdeel van een gezond functionerend ecosysteem, zoals onder andere door de Kaderrichtlijn Water (KRW) wordt beoogd [1]. Een teveel aan vegetatie moet echter tijdig verwijderd worden om het overstromingsrisico te beperken. Waterschappen maaien veelal meerdere keren per seizoen hun watergangen. Daarnaast worden de watergangen met een lagere frequentie gebaggerd. Dit maaien en baggeren gebeurt met het oog op waterveiligheid en ecologische waarden. Voor de KRW is het van belang te weten waar welke vegetatie in welke mate voorkomt. Het is belangrijk een beter beeld van watervegetatie te verkrijgen via monitoring van de complete watergang (vlakdekkende kartering) en dit af te stemmen met het onderhoud van watergangen. Zo ontstaat een veldgetrouw beeld van de feitelijk aanwezige water- en oevervegetatie, die de KRW-beoordeling completer en realistischer maakt.

Momenteel onderhouden waterbeheerders hun watergangen op basis van werkwijzen die wellicht verbeterd kunnen worden, door objectief inzichtelijk te maken waar en hoe bijvoorbeeld het maaien van watergangen doelmatig en efficiënt uitgevoerd kan worden. Waarnemingen van aquatische vegetatie worden vaak lokaal gedaan (afbeelding 1). Nieuwe meetmethoden en software kunnen leiden tot vlakdekkende informatie over de aanwezige vegetatie (afbeelding 2) en de hydraulische weerstand daarvan. Als bekend is waar en in welke mate weerstand in watergangen aanwezig is, dan kunnen gerichte beheerkeuzes gemaakt worden ten aanzien van maaien en/of baggeren.



*Afbeelding 1. Opname vanaf de kant van Lage Raam nabij Mill, 15 september 2016. Vegetatie die de waterstroming kan beïnvloeden is duidelijk zichtbaar (foto: Gé van den Eertwegh)*

Met actuele veldinformatie kan in eenvoudig te gebruiken visuele *tools* worden weergegeven waar in het watersysteem welke mogelijk significante weerstand en verstoppingen zitten en of deze door vegetatie worden veroorzaakt. Zo kunnen waterbeheerders in ruimte en tijd gericht en met de juiste beheermaatregel ingrijpen, vóórdát eventuele calamiteiten zich voordoen tijdens veel neerslag, in zomer en winter. Zowel maai- en baggerbeheer, als ook stuwbeheer kunnen dan integraal aangepakt worden.



*Afbeelding 2. Luchtopname van de Linge nabij Echteld, 1 september 2016 (foto: Rik Noorlandt)*

### **Het Dotterproject**

Zoals een vaatchirurg met een dotteroperatie kijkt welke verstoppingen wáár moeten worden weggehaald, zo kunnen ook de verstoppingen in watersystemen in kaart gebracht worden. Op die manier kunnen waterbeheerders hun beheermiddelen gericht inzetten en alleen probleemlocaties aanpakken waar dat nodig is. Zo blijft waardevolle vegetatie gespaard en kunnen menskracht en geld effectiever worden ingezet. Tenslotte verbetert objectieve vlakdekkende informatie de communicatie tussen verschillende beheeronderdelen binnen het waterschap en kunnen beslissingen beter worden onderbouwd ten behoeve van externe communicatie naar betrokkenen en belanghebbenden.

Het Dotterproject is een eerste stap in de ontwikkeling van een snelle techniek om te bepalen waar de daadwerkelijke hydraulische obstakels in een watergang zich bevinden en tegelijkertijd de ecologische waarde van de vegetatie in kaart te brengen. Door kluwens vegetatie direct om te zetten in ruwheden [2] en verschillende typen vegetatie te identificeren, wordt bepaald wat de echte knelpunten en

ecologisch waardevolle planten in de watergang zijn. Door alleen de knelpunten lokaal te schonen (te ‘dotteren’), kan op andere locaties de vegetatie blijven staan, ten gunste van het bereiken van KRW-doelen.

De middelen die hiervoor worden gebruikt omvatten als platform een ‘Remotely Piloted Aircraft System’ (RPAS), in de volksmond ‘drone’ genoemd. Er is een full-spectrum-camera gebruikt als sensor (zie afbeelding 3) en slimme software voor dataverwerking. De camera is een hoge-resolutiesensor voor de monitoring van watervegetatie. Deze sensor maakt het mogelijk om waterplanten vanuit de lucht te kunnen waarnemen in het zichtbare en onzichtbare lichtspectrum van 450 tot 950 nm [3]. We maken dus gebruik van een RPAS met een hyperspectrale sensor. Deze laten we een traject van de watergang, dat afgeleid is van GIS-gegevens van de waterbeheerder, automatisch invliegen. De waterbeheerder heeft de ligging en de afmetingen van watergangen in een legger en beheerregister vastgelegd. Deze gegevens worden om de route van de RPAS te programmeren. Met de nauwkeurige GPS aan boord kan de drone de watergang vanuit de lucht precies volgen. Zo winnen we gegevens in over de complete watergang en de aanwezige vegetatie. Op dit moment is de automatische verwerking van deze gegevens in ontwikkeling. Het idee is om via een gekalibreerd en gevalideerd algoritme de beelden zoveel mogelijk automatisch te verwerken tot een vlakdekkende kaart van het bemeten traject, waarin knelpunten ten aanzien van de doorstroming oplichten.



Afbeelding 3. Meetlocatie (links) en Cubert full-spectrumcamera (rechts) als sensor voor waterplanten. Opnames bij de Lage Raam, 15 september 2016 (foto: Gé van den Eertwegh)

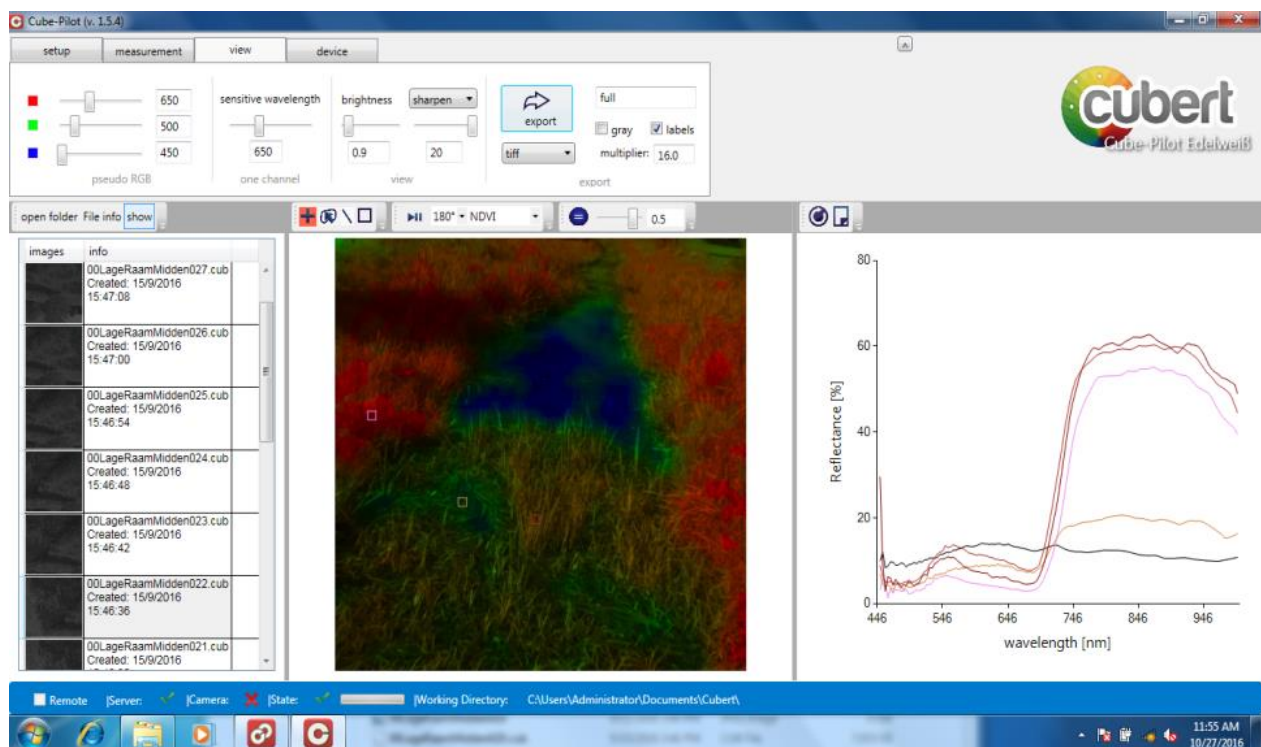
Bij het Dotterproject is een unieke proeflocatie in Zuid-Korea gebruikt, het River Experiment Center (REC) van het Korea Institute of Civil engineering and building Technology (KICT). Het unieke aan deze faciliteit is dat er gecontroleerde veldproeven gedaan kunnen worden met stroming door watergangen en aanwezige waterplanten, op een schaal van 1:1. Deze proeven hoeven dus, in tegenstelling tot laboratoriumproeven, niet geschaald te worden naar praktijksituaties. Bij het REC zijn in september 2016 niet-geschaalde 1:1-proeven gedaan om de techniek te testen.

### Resultaten 2016

Waterplanten reflecteren inkomend zonlicht met licht van een bepaald frequentiebereik. De gekozen full-spectrumcamera (Cubert UHD 185 - ‘Firefly’) is geschikt voor het waarnemen hiervan, in het zichtbare en het deels onzichtbare deel van het spectrum (450-950 nm). De resolutie van 8 nm en de bandbreedte van 4 nm zijn geschikt bevonden, net als de ruimtelijke resolutie van de opnames. De

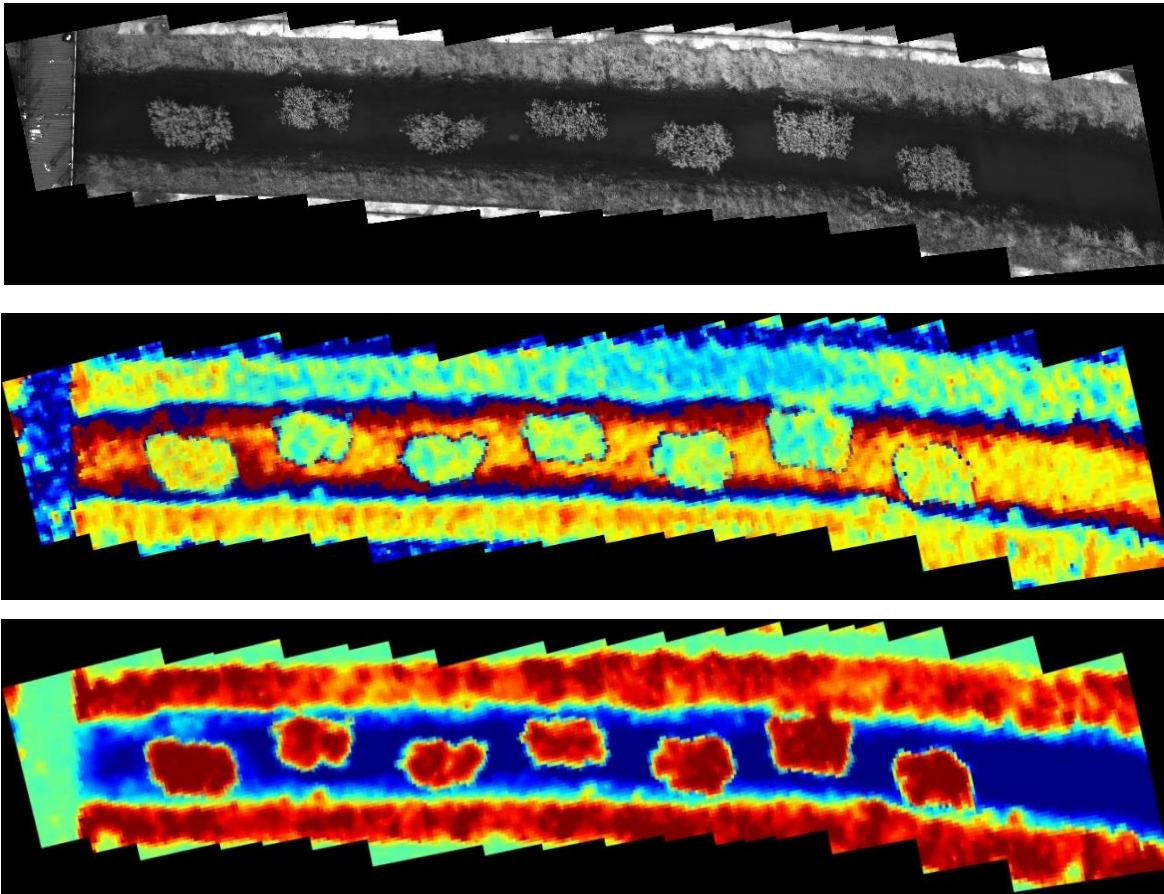
camera is op verschillende platforms getest: een vaste opstelling op een boot, aan een brug, aan een ladder boven het wateroppervlak, aan een telescopische paal met een lengte van 6 m en onder een RPAS op 10 à 20 meter vlieghoogte. Hieruit bleek dat voldoende hoogte boven het wateroppervlak en een loodrechte positionering van de lens de opnameresultaten sterk verbeterden ten opzichte van lager of onder een hoek genomen beelden. De opnames met de RPAS die op ongeveer 10 à 15 meter hoogte vloog waren het eenvoudigst te verwerken en leverden een goed vlakdekkend beeld van de totale watergang.

De full-spectrumcamera wordt geleverd met software (afbeelding 4). Deze software maakt het mogelijk om de spectrale beelden op een basale manier te verwerken, maar is niet geschikt voor uitgebreidere analyse.



Afbeelding 4. Screenshot: overzicht softwarevenster van de Cubert-software, waarin één beeld van de Lage Raam in NDVI-kleuren te zien is, met voor diverse pixels (□ in foto) het reflectiespectrum per pixel

Om de opnames te verwerken tot bruikbare informatie is, zoals gebruikelijk in een GIS-omgeving, een aantal processtappen nodig, zoals het goed in positie brengen van de opgenomen beelden op het aardoppervlak. Normalisatie van de opnames is nodig om veranderingen in inkomend zonlicht tijdens het maken van opnames en de lichtgevoeligheid van de camera te corrigeren. Dit vereist aandacht tijdens het maken van opnames. De opeenvolgende beelden worden aan elkaar gekoppeld ('stitching') voor een volledig vlakdekkend beeld. Als op deze manier verwerkte beelden gereed zijn, kunnen diverse spectrale banden met elkaar gecombineerd worden via indices. Bekende voorbeelden hiervan zijn NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) voor de mate van 'groenheid' van de vegetatie (afbeelding 5) en VOG2 (VOGmann red edge index 2, zie bijv. [4]) voor de 'productiviteit' van de vegetatie. Verschillende indices die ontwikkeld zijn voor vegetatie-opnames geven verschillende informatie over de vegetatie. Er zijn 16 indices toegepast en er zijn meer nabewerkingen mogelijk, zoals clustering van indices en analyses van het volledige spectrum.



Afbeelding 5. RPAS-opnames 27 september 2016: combinatie 'gestichte' resultaten van begroeide watergang op het River Experiment Center (REC) van KICT te Andong, Korea. Boven: hoge resolutie zwart-witbeeld. Midden: VOG2-index. Beneden: NDVI 705 nm-index

De vervolgstap is om vegetatietypen en wellicht individuele plantensoorten te herkennen op basis van de hyperspectrale opnames, wat niet eenvoudig is. In 2016 zijn hiervoor al de benodigde veldopnames gemaakt. Wellicht is via typische eigenschappen van soortgroepen herkenning van deze groepen mogelijk. Nader onderzoek hiernaar is nodig, gebruik makend van software die vormen en patronen kan herkennen.

De waterdiepte en de troebelheid van het water beïnvloeden de kwaliteit van het opgenomen beeldmateriaal. Naarmate de waterdiepte toeneemt, neemt de reflectie van de (ondergedoken) waterplanten af. Deze afname is groter bij grotere golflengtes. Zo zijn planten met reflecties in grotere golflengtes moeilijker op te sporen, naarmate ze dieper onder water staan. De troebelheid speelt natuurlijk ook een rol. Een grotere troebelheid maakt waterplanten slechter zichtbaar. Er zijn indices die meer of minder gevoelig zijn voor troebelheid. Hiervoor is een eerste testset beschikbaar, maar nader onderzoek hiernaar is gewenst.

#### **Van data naar informatie voor beheer**

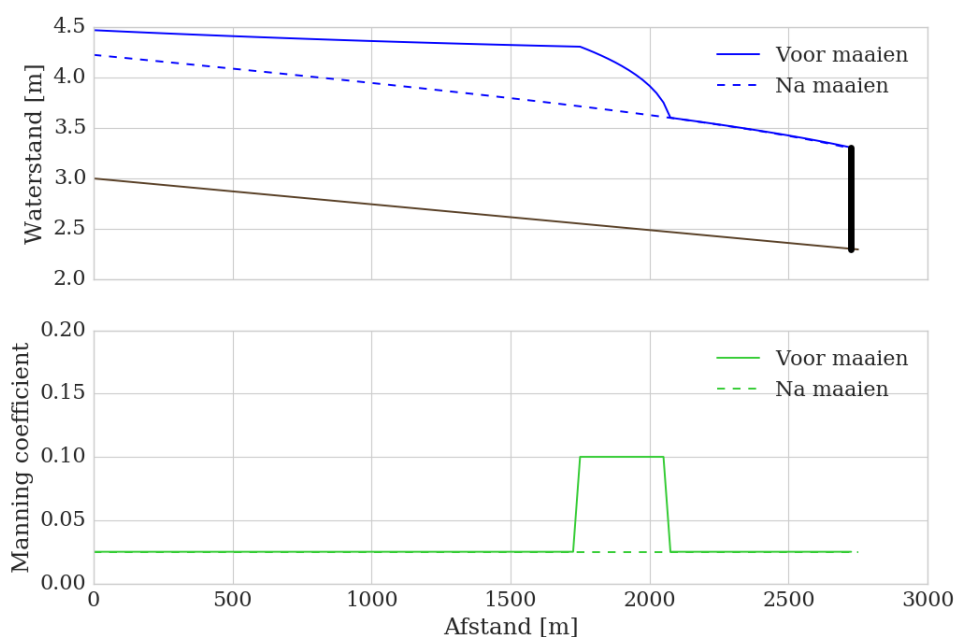
Als met de hyperspectrale opnames via biomassaschattingen vlakdekkende informatie kan worden gegenereerd over het vóórkomen en de dichtheid van aquatische vegetatie, kan hieruit de hydraulische weerstand worden geschat [5], [6]. Hiervoor zijn kentallen en soortkennis nodig. De hydraulische weerstand, die via de vegetatieopnames na bewerking vlakdekkend beschikbaar is, kan in een hydraulisch model (in 1D, 2D of 3D) als ruimtelijk variabele parameter ingevoerd worden. Zo

kan uitgerekend worden welke vegetatie wáár in de ingemeten watergang tot welke opstuwing leidt. Daarmee kan worden ingezet op maaibeheer dat specifiek is in ruimte en tijd.

Om de relatie tussen waterpeil en debiet te bepalen, moeten verschillende grootheden bekend zijn. Naast het doorstroomoppervlak of de geometrie van de watergang, is de hydraulische weerstand of ruwheid erg belangrijk. Dit is de weerstand tegen stroming die wordt veroorzaakt door bodemmateriaal, bodemvormen, vegetatie en andere vormen van energieverlies. Deze ruwheid wordt vaak berekend met de formule van Manning. Als een waterloop vegetatie bevat, is het goed inschatten van de Manningparameter echter niet eenvoudig. Pitlo en Griffioen ontwikkelden hiertoe een model [7]. Met dit model werd een lineair verband afgeleid dat het percentage open water direct koppelt aan de Manningparameter. Het voordeel van dit model is dat het eenvoudig in gebruik is en hiermee gebruikt kan worden om inzicht te geven in de verwachte effectiviteit van geplande maaiacties. Sinds [7] zijn er in de wetenschap verschillende geavanceerde e-modellen ontwikkeld voor het bepalen van de effectieve ruwheid van vegetatie. Momenteel wordt de formule van Baptist [5] gezien als de *state of the art* voor het schatten van de vegetatieweerstand.

Om te zien hoe lokale vegetatie ruimtelijk doorwerkt, kunnen verschillende modellen worden gebruikt. In dit onderzoek zijn verkennende berekeningen uitgevoerd met een relatief eenvoudig verhanglijnmodel volgens Bélanger [8], dat geschikt is gemaakt voor ruimtelijke invoer van slib en vegetatie. Het voordeel van dit eenvoudige model is dat het erg snel rekent. Ook kan het relatief eenvoudig uitgebreid worden met een vegetatiegroeimodel, om zo meer voorspellend te kunnen rekenen dat een vegetatieopname is gemaakt. Voor niet-stationaire en/of gedetailleerde berekeningen is gebruik gemaakt van SOBEK en Delft3D.

Ter illustratie is het effect van lokale watervegetatie op waterstanden in een fictieve watergang berekend. Deze watergang is 2.750 m lang heeft een bodemverval van 0,25 m/km (0,25 ‰). De watergang wordt benedenstrooms begrensd door een stuw die de waterstand bepaalt op ongeveer 3,3 meter. De afvoer is constant en gelijk aan 3,5 m<sup>3</sup>/s. De watergang heeft een trapeziumvormig dwarsprofiel met een bodembreedte van 3 m. In de uitgangssituatie is sprake van lichte begroeiing (Manning  $n = 0,025$ ), met uitzondering van een dichter begroeid gebied (de 'vegetatiepatch') over een lengte van 350 meter. Deze laatste begroeiing blokkeert de stroming dusdanig dat de ruwheid lokaal hoger is (Manning  $n = 0,10$ ). Het effect hiervan op de waterdiepte is tot ver bovenstrooms duidelijk merkbaar (zie afbeelding 6).



Afbeelding 6. Het effect van een lokaal dichte begroeiing op de waterdiepte in een fictieve watergang van 2.750 meter lengte die benedenstrooms gestuurd wordt en het effect van het maaien van de blokkerende vegetatie. De stroming in bovenstaande figuur gaat van links naar rechts

## Conclusie

De resultaten uit 2016 laten zien dat we met de in ontwikkeling zijnde methode op de juiste weg zijn. De combinatie van de full-spectrumcamera als sensor met de drone als platform is waardevol, omdat zo de gewenste opnamehoogte van de watergangen bereikt kan worden en relatief snel grotere oppervlaktes in kaart kunnen worden gebracht. Diverse beeldverwerkende softwarepakketten zijn succesvol toegepast. De op basis van de spectrale banden berekende indices laten duidelijk informatieve signalen zien over de aanwezige vegetatie.

## Doorkijk naar toepassingen in de nabije toekomst

De voorgestelde werkwijze levert, gebruik makend van nieuwe technologie, een vlakdekkend informatieproduct met hoge resolutie (ordegrootte cm) op over de toestand (biomassa, dichtheid) en aanwezigheid van waterplanten in de watergangen, met een bepaalde/gewenste frequentie in de tijd. Waterplanten die aan de oppervlakte zichtbaar zijn zullen sowieso onderdeel van de informatie zijn. In een bepaalde mate zullen we straks in staat zijn ondergedoken waterplanten te herkennen en in kaart te brengen. Patroonherkenning kan op termijn leiden tot benoeming van dominante soortgroepen en bedekkingsklassen van groeivormen.

In overleg met partners en klanten zal worden toegewerkt naar een systeem waarin de nieuwe informatie, kennis en bevindingen na inwinning en analyse online ter beschikking kunnen worden gesteld voor toepassingen in planvorming en beheer. Te denken valt aan vlakdekkende monitoring van aquatische vegetatie in en nabij de watergangen (2 keer per jaar). De ingewonnen informatie kan tot een risicokaart worden verwerkt, waarop beheerders in één oogopslag kunnen zien waar vegetatie een hydraulisch risico vormt voor aan- en afvoer van water. Daarnaast zou een vlakdekkende monitoring kunnen worden uitgevoerd van de effecten van herstel en (her)inrichting op de vorm en

diepte van watergangen (1 à 2 keer per jaar), inclusief de aquatische vegetatie. Als dit een aantal jaren wordt herhaald kunnen langjarige trends in veranderingen van de morfologie van watergangen eenduidig worden vastgesteld. Ten slotte kan als ondersteuning voor uitvoering van een baggerprogramma en ter controle daarvan, met een LiDaR-sensor de bathymetrie van watergangen worden ingemeten [9]. Hiermee kan het beheerregister *up to date* worden gemaakt (een keer per jaar).

Het Dotterproject is in 2016 als TKI-project vormgegeven (Topconsortia in Kennis en Innovatie). Projectpartners Deltares, KnowH2O en Universiteit Twente uit Nederland en KICT en KICT-REC uit Zuid-Korea hebben extra bijdragen geleverd en een toeslag gegenereerd uit fondsen van de Topsector Water. De waterschappen Rivierenland en Aa en Maas hebben financiële middelen ter beschikking gesteld voor deze innovatie.

### Referenties

1. Hendriks, P. et al. (2016). Ruimte voor natuur bij onderhoud aan watergangen. *H2O-Online*, 15 februari 2016.
2. Cheng, Nian-Sheng (2011). Representative roughness height of submerged vegetation. *WRR* Volume 47, Issue 8, August 2011.
3. Everitt, J. H., Summy, R.K. and Chenghai Yang (2009). Spectral Reflectance and Digital Image Relations Among Five Aquatic Weeds. *Subtropical Plant Science*, 61: 15-23, 2009.
4. Cho, Hyun Jung, Kirui, P., Natarajan, H. (2008). Test of Multi-spectral Vegetation Index for Floating and Canopy-forming Submerged Vegetation. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2008 (5) 477-483, 2008.
5. Baptist, M.J. et al. (2007). On inducing equations for vegetation resistance, *Journal of Hydraulic Research*, 45 (4): 435 - 450, doi:10.1080/00221686.2007.9521778
6. Huthoff, F. (2007). *Modeling hydraulic resistance of floodplain vegetation*. PhD Thesis, University of Twente, Enschede.
7. Pitlo, R., Griffioen, C. (1991). Stromingsmodel voor begroeide waterlopen. *Waterschapsbelangen: tijdschrift voor waterschapsbestuur en waterschapsbeheer*. 76 (10): 345 - 348.
8. Bélanger, J.-B. (1828). *Essai sur la solution numérique de quelques problèmes relatifs au mouvement permanent des eaux courantes* (Traktaat over de numerieke oplossing van enkele problemen gerelateerd aan stationaire stroming). Carilian-Goeury: Parijs.
9. Mitchell, J.J., Shrestha, R., Spaete L. P., Glenn, N.F. (2015). Combining airborne spectral and LiDaR data across local sites for upscaling shrubland structural information: Lessons for HypSIRI. *Remote Sensing of Environment*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2015.04.015>.