

Doelmatigheid van remote sensing producten

Juli 2016

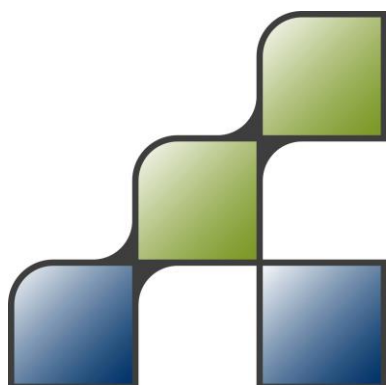
Auteurs

Martijn de Klerk
Gijs Simons
Peter Droogers
Joost Heijkers

Opdrachtgever

SAT-WATER

FutureWater Report 156



FutureWater

Costerweg 1V
6702 AA Wageningen
Nederland

+31 (0)317 460050

info@futurewater.nl

www.futurewater.nl

Project details

FutureWater heeft op 16 februari 2016 een voorstel bij SAT-WATER en STOWA ingediend met de titel: *“Doelmatigheid remote sensing producten”*

Op 12 april 2016 heeft STOWA besloten akkoord te gaan met de uitvoering van dit project door FutureWater. Administratieve details zijn:

- Looptijd: 12 april tot en met 15 juli 2016
- STOWA projectnummer: 448.006

Dit rapport geeft een overzicht van de resultaten van de uitgevoerde doelmatigheidsstudie voor waterschappen op basis van informatieproducten afgeleid van remote sensing.





Inhoudsopgave

1	Introductie	5
2	Remote sensing in het waterbeek	6
2.1	Achtergrond	6
2.2	Kwantificeren van doelmatigheid	8
3	Doelmatigheid van bestaande producten	9
3.1	Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)	9
3.2	Luchtfoto's	11
3.3	Overige producten	13
4	Doelmatigheid van toekomstige producten	14
4.1	Bodemvocht	14
4.2	Verdamping	16
5	Conclusies	17
	Referenties	18
	Bijlage 1: Kosten en baten AHN	19
	Bijlage 2: Kosten en baten luchtfoto's	20



1 Introductie

Specifieke informatieproducten op basis van remote sensing worden sinds enige jaren toegepast in het operationele en strategische waterbeheer in Nederland. Bekende voorbeelden zijn het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN), Nationale Regenradar, en Landelijk Grondgebruikbestand Nederland (LGN). De laatste jaren worden ook innovatievere remote sensing producten gebruikt door waterbeheerders zoals actuele verdamping, bodemvocht, en detail opnamen vanuit drones. Deze producten worden echter nog niet standaard ingezet bij het waterbeheer. Er wordt vanuit gegaan dat gebruik van remote sensing in het waterbeheer nog verder uitgebreid kan worden, waardoor waterbeheer doelmatiger zal worden.

Ondanks deze aanname is een daadwerkelijke kosten-baten analyse van het gebruik van verschillende remote sensing toepassingen in het waterbeheer nooit uitgevoerd. De activiteiten van de SAT-WATER groep waren tot nu toe gebaseerd op een allereerste ruwe kosten-baten schatting. Hieruit bleek dat voor één waterschap per jaar EUR 1,2 miljoen bespaard kan worden bij inzet van remote sensing.

Een volledige kosten-baten analyse vergt veel tijd en is gezien de complexiteit van vooral de baten erg moeilijk. Er is daarom voor gekozen om (i) een korte inventarisatie bij een viertal waterschappen uit te voeren, namelijk Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden (HDSR), Waterschap Brabantse Delta, Wetterskip Fryslân en Waterschap Hunze en Aa's, (ii) een literatuurstudie te doen en (iii) "expert-knowledge" te gebruiken om doelmatigheid van remote sensing te inventariseren. Doelmatigheid wordt hier op drie manieren ingeschat:

- Kostenbesparing doordat het RS product dezelfde service levert als zonder RS maar dan tegen lagere kosten.
- Betere service doordat het product een hogere kwaliteit heeft dan zonder RS. Kosten gaan niet omlaag, maar baten (directe en/of indirecte) worden groter.
- Nieuwe service die zonder RS niet mogelijk is. Zowel kosten als baten gaan omhoog.

Met betrekking tot de kostenbesparing wordt alleen de besparing op de werkprocessen van de waterschappen meegenomen. De maatschappelijke baten zijn naar verwachting vele malen hoger. Hierbij kan worden gedacht aan het verkleinen van de kans op schade aan bijvoorbeeld gewassen en infrastructuur.

In deze rapportage wordt ingegaan op twee vaak toegepaste remote sensing producten (AHN en luchtfoto's) en twee innovatievere producttypen (bodemvocht en verdamping). Hoofdstuk 2 van dit rapport bevat achtergrondinformatie over de huidige status en de potentie van deze informatieproducten voor het waterbeheer in Nederland, mede op basis van een beknopt literatuuronderzoek. Hoofdstuk 3 geeft een synthese van de uit interviews verkregen informatie betreffende de doelmatigheid van het AHN en luchtfoto's. In hoofdstuk 4 wordt op basis van de uitspraken van waterschappers een inschatting gemaakt van de doelmatigheid van bodemvocht- en verdampingsproducten, wanneer deze in de toekomst in het waterbeheer worden geïntegreerd. Hoofdstuk 5, tenslotte, geeft de conclusies ten aanzien van de inzet van remote sensing producten in het waterbeheer.



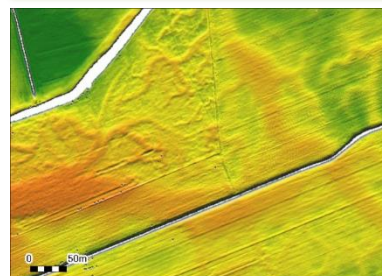
2 Remote sensing in het waterbeheer

2.1 Achtergrond

De potentie van remote sensing toepassingen voor verbeteren van het waterbeheer wordt algemeen onderkend. Uit een door FutureWater uitgevoerde verkenningstudie in opdracht van STOWA is gebleken dat bij de Nederlandse waterschappen behoefte bestaat aan allerlei soorten informatie die op basis van remote sensing kunnen worden ingewonnen (STOWA, 2016). Remote sensing wordt hierin beschouwd in de breedste zin van het woord, en omvat alle sensoren die op afstand waarnemingen doen en bevestigd zijn aan platforms als satellieten, vliegtuigen, helikopters, drones, en meetinstallaties in het veld. In deze paragraaf worden vier informatietypen in meer detail toegelicht: (i) hoogtekarten, (ii) luchtfoto's, (iii) bodemvocht en (iv) actuele verdamping. Deze categorieën zijn geselecteerd in overleg met de werkgroep SAT-WATER van STOWA op basis van relevantie voor de Nederlandse waterschappen. Voor een meer uitgebreide bespreking van de inzet van remote sensing voor waterbeheer wordt verwezen naar het recent gepubliceerde Wereldbank rapport *Earth Observation for Water Resource Management – Current Use and Opportunities* (Garcia et al., 2016).

Hoogtekarten (ook wel DEM genoemd, van Digital Elevation Model) worden al decennia lang afgeleid uit remote sensing. Een DEM wordt in het waterbeheer o.a. gebruikt om rivierafvoeren te simuleren, overstromingen te karteren en voorspellen, en bodemdaling in kaart te brengen. Wanneer de ruimtelijke resolutie en mogelijkheden tot verversing voldoen, kunnen hoogtekarten ook worden ingezet voor inspectie van waterkeringen en het constateren van deformaties. De eerste satelliet die geschikte informatie leverde voor het genereren van DEM's was de SPOT-1 satelliet in 1986. Sindsdien zijn met name de Amerikaanse Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) en de Japanse Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) veel gebruikt, vanwege de relatief hoge ruimtelijke resolutie (90 meter, en sinds enkele jaren 30 meter) en wereldwijde dekking. Typisch wordt voor het maken van DEM's gebruik gemaakt van interferometrie op basis van faseverschillen tussen twee gereflecteerde radarsignalen (SAR), of het vergelijken van twee optische beelden die uit verschillende hoeken zijn gemaakt. De meest nauwkeurige techniek is LIDAR (Light Detection And Ranging), waarbij een laser scanner aan boord van een bemand vliegtuig of drone wordt ingezet om op hoge resolutie (tot enkele cm) een hoogtemodel te maken. Dankzij LIDAR kan aanwezige vegetatie uit het DEM worden gefilterd. Deze techniek ligt ten grondslag aan het standaard hoogteproduct in Nederland, AHN, waarvan momenteel de derde generatie in productie is.

Digitale hoogtekarten zijn niet meer weg te denken uit de praktijk van de waterbeheerder. Vaak beseffen we niet meer hoe we tot 15 jaar geleden landmeetteams voor weken het veld instuurden om gegevens te verzamelen en dan weer weken op kantoor bezig waren om kaarten te tekenen.



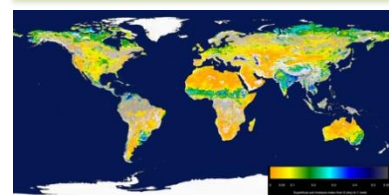
De allereerste luchtfoto's werden al in 1862 vanuit een luchtballon boven Parijs gemaakt. Tegenwoordig is Google Earth ook voor waterbeheerders een standaard gereedschap geworden.



Luchtfoto's zijn de oudste vorm van remote sensing en vormen in zekere zin de basis van alle afgeleide indicatieve of kwantitatieve producten. Onder luchtfoto's worden hier beelden verstaan die zijn opgenomen in het zichtbare spectrum van het licht (RGB). Dit zijn de minst geavanceerde sensoren en kunnen bevestigd zijn aan zowel satellieten, drones als bemande vliegtuigen en helikopters. De vroegste vormen van luchtfotografie ontstonden halverwege de negentiende eeuw vanaf luchtballons en vliegers. Gedurende de eerste en tweede wereldoorlog werd luchtfotografie vanuit vliegtuigen toegepast en snel ontwikkeld. Luchtfoto's worden door waterbeheerders met name ingezet om de locatie van watergangen en kunstwerken betrouwbaar vast te stellen, en om veranderingen te signaleren.

Ruimtelijke informatie van **bodemvocht** uit remote sensing is een nieuwere toepassing, welke de laatste jaren de overgang maakt vanuit een onderzoeksomgeving naar vermarkting en operationele inzet. Vlakdekkende bodemvochtgegevens kunnen globaal gezien op twee manieren worden afgeleid uit remote sensing waarnemingen: (i) uit gereflecteerde microgolven straling (zowel actief als passief), en (ii) uit hydrologische modellen die dynamische remote sensing inputs gebruiken, zoals vegetatie-indices. Ruimtelijke resoluties van deze kaarten variëren sterk, waarbij met name de passieve microgolven data te grove informatie oplevert voor het regionale waterbeheer (+/- 25km). Nederlandse bedrijven bieden verschillende bodemvocht producten aan met resoluties van 100-1000 m en Technology Readiness Level 7 (STOWA 2016), maar deze zijn nog niet geïntegreerd in de workflow van de waterschappen. Dynamische kaarten van bodemvocht kunnen van zeer grote waarde zijn voor waterbeheerders. In de operationele sturing kan zo rekening worden gehouden met de actuele vochtgehalten in de bodem. Dit is bijvoorbeeld gerelateerd aan de bergingscapaciteit van de bodem, of het eventueel voorkomen van vochtstress voor aanwezige vegetatie. Wanneer gebruik wordt gemaakt van simulatiemodellen kan het bodemvochtgehalte ook worden voorspeld, waardoor geanticipeerd kan worden op condities in de nabije toekomst. Op basis van vlakdekkend bodemvocht over een langere, historische periode kan kwantitatief inzicht worden verkregen in het effect van maatregelen en veranderingen in landgebruik en/of klimaat.

De praktijk wijst uit dat er meer water wordt gebruikt voor beregning in de landbouw wanneer de gebruiker geen inzicht heeft in de actuele vochttoestand van de bodem. Bodemvochtgestuurd beregenen is daarom een middel om de vraag naar water te verminderen.



Ook het kwantificeren van **actuele verdamping** uit remote sensing is de laatste +/- 10 jaar vanuit het onderzoeksdomein meer en meer op de markt terechtgekomen, voornamelijk via enkele zeer gespecialiseerde bedrijven. Aangezien verdamping in Nederland, na neerslag, de grootste post van de waterbalans vormt, is het voor waterbeheerders van groot belang om hier inzicht in te hebben. Ruimtelijke, kwantitatieve informatie van verdamping geeft aan in hoeverre welke functies door het operationele waterbeheer worden bediend. Wanneer actuele verdamping lokaal lager is dan potentiële verdamping treedt hier droogtestress op, wat in een landbouwcontext gelijk staat aan opbrengstverlies. Het belang van deze informatie voor waterschappen wordt onderkend door SAT-WATER, wat in de periode 2011-2014 heeft geleid

Verdamping is na neerslag de grootste post in de waterbalans. De actuele verdamping ligt in Nederland tussen de 575 en 675 mm gedurende een heel jaar.

tot inkoop van gegevens van actuele verdamping en verdampingstekort. Een manier om actuele verdamping uit remote sensing data af te leiden is het gebruik van thermische informatie, die kan worden gebruikt om de energiebalans aan het aardoppervlak op te lossen. Een andere manier is het berekenen van verdamping op basis van remote sensing van vegetatiekarakteristieken volgens de Penman-Monteith methodiek. Zie Garcia et al. (2016)

voor een korte uitleg van beide methoden. Verschillende verdampingsproducten met een hoog Technology en Market Readiness Level zijn geïdentificeerd in een marktverkenning (STOWA, 2016), maar net als de bodemvochtproducten maken deze nog geen deel uit van de werkprocessen van waterschappen.

2.2 Kwantificeren van doelmatigheid

Remote sensing wordt in deze studie gezien als doelmatig wanneer dezelfde dienst wordt geleverd als bij gebruik van andere methoden, maar de kosten van inzet lager zijn of de kwaliteit van de verkregen informatie hoger is. Daarnaast kan het ook zijn dat remote sensing technologieën een geheel nieuwe dienst faciliteren die voorheen niet mogelijk was. Dit laatste geldt bijvoorbeeld voor luchtfoto's, die per definitie door middel van remote sensing worden ingewonnen. Voor het maken van hoogtekarten geldt dat een alternatief mogelijk is door waarnemingen op de grond uit te voeren (landmeten/GPS). Bodemvochtgehalten kunnen met behulp van verschillende soorten sensoren in het veld op meerdere diepten op puntschaal worden gemeten. Actuele verdamping staat te boek als een zeer moeilijk te meten parameter in het veld (STOWA, 2009). Technieken als lysimeters, scintillometers en eddy-correlatie metingen hebben alle hun eigen beperkingen, en metingen in Nederland zijn schaars. Van de drie genoemde methoden kunnen lysimeters worden gezien als het minst onzeker omdat ze het meest direct zijn en betrekking hebben op een duidelijke locatie, maar de inzet van lysimeters is kostbaar en metingen gelden voor een klein oppervlak. Voor alle alternatieve meetmethoden van terreinhoogte, bodemvocht en actuele verdamping geldt dat waarnemingen op een of andere manier dienen te worden geëxtrapoleerd om vlakdekkende kaarten te krijgen.

Een literatuuronderzoek is uitgevoerd naar doelmatigheid van remote sensing in het waterbeheer en de kostenbesparingen. Het blijkt dat hier amper studies naar gedaan zijn. Specifiek voor de Nederlandse situatie is alleen een eerste inschatting van Aa en Maas uit 2012 geïdentificeerd, waarin kostenbesparingen dankzij inzet van remote sensing worden ingeschat. Deze zijn echter nog onvoldoende onderbouwd om als richtlijn te dienen. Opvallend genoeg zijn ook internationaal nauwelijks kosten-baten analyses te vinden betreffende de inzet van remote sensing. Een vroege studie van het International Water Management Institute (IWMI) (Bastiaanssen, 1998) belicht de "cost-effectiveness" van remote sensing voor waterbeheer expliciet, maar deze gegevens zijn inmiddels verouderd en niet van toepassing voor de Nederlandse situatie. Met betrekking tot berekening is een recente kosten-baten analyse uitgevoerd (Vuolo et al., 2015) van inzet van remote sensing voor een laaggelegen deel van Oostenrijk, een gebied met een wat droger klimaat dan in Nederland. Overige resultaten van het literatuuronderzoek zijn niet noemenswaardig vanwege hun summiere aandacht voor kosten-effectiviteit, of irrelevantie voor de Nederlandse context. Nu de informatiebehoefte van waterschappen in recente studies vanuit inhoudelijk oogpunt is gedefinieerd (Witteveen+Bos en HKV, 2016; STOWA, 2016), heeft het toegevoegde waarde om de kwestie ook vanuit economisch perspectief te benaderen.



3 Doelmatigheid van bestaande producten

3.1 Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)

Het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) is een bestand met voor heel Nederland gedetailleerde en precieze hoogtegegevens. Waterschappen, provincies en Rijkswaterstaat laten AHN maken voor hun dagelijks werk, met name voor waterbeheer en waterkeringbeheer.

Voordat AHN bestond werd er gebruik gemaakt van landmeten (waarmee een hoogtetgrid werd bepaald), hoogtemeetnet, waterpassen, kGPS, peilschalen kunstwerken, TophoogteMD (van Rijkswaterstaat, gebaseerd op veldmetingen), en hoogtelijnen van de topografische kaart (voor een globaal beeld, voor een nauwkeurig beeld werd er toch in het veld gemeten).

Tegenwoordig wordt er veelal gebruik gemaakt van AHN, hoewel enkele van de bovenstaande technieken, zoals landmeten, nog wel eens gebruikt worden. Elke waterbeheerder is bekend met AHN en bij elk waterschap raadpleegt een groot aantal medewerkers dagelijks of wekelijks AHN. Na AHN1 (1997-2003), AHN2 (2007-2012) is AHN3 de nieuwste dataset. Elk jaar wordt een deel van Nederland gemeten en toegevoegd aan AHN3.

“Het is voor iedereen een ‘fact of life’ dat AHN bestaat, het is de normaalste zaak van de wereld. Er is niks obscuurs meer aan. Het is een officiële basisregistratie.”

“Nadeel van AHN is dat het van 2010 is. Stel dat er een nieuw project wordt ontwikkeld, dan dient men de actuele informatie te weten en wordt soms alles handmatig ingemeten”

Uit de inventarisatie bij de waterschappen blijkt dat deze allemaal AHN gebruiken. Brabantse Delta is met AHN begonnen in 2006, terwijl HDSR er al sinds 2000 gebruik van maakt. Met het uitrollen van versie 3 is pas dit jaar een begin gemaakt en dat zal tot 2018 duren. Niet alle waterschappen beschikken daarom over versie 3. Waterschappen die er wél over beschikken gebruiken versie 2 en 3 naast elkaar en waterschappen die er niet over beschikken versie 1 en 2. Versie 2 wordt met name gebruikt voor Flymap en analyses.

De meest genoemde toepassingen van AHN zijn:

- Flymap voor de keringen
- Drooglegging bepalingen
- Hoogteverschillen (aan de hand van verschillende AHN's)
- Bodemdalingen en snelheden
- Civiel technische werken
- Algemene cartografie
- Oppervlaktewaterkartering
- Modelberekeningen (hydrologisch en voor nieuwe inrichtingen/ontwerpen)
- Inventarisatie Categorie B Watergangen
- BGT (Basisregistratie Grootschalige Topografie)

Deze toepassingen zijn zowel voor intern als extern gebruik, waarbij het laatstgenoemde betrekking heeft op informatiestromen richting burgers.



AHN is gekoppeld aan GIS-systemen zoals ArcView en GeoWeb en wordt bij de geïnterviewde waterschappen dagelijks gebruikt door ca. 50 tot 75% van de kantoormedewerkers. Het totaal aantal medewerkers bij alle waterschappen is ca. 12.000 (A&O-fonds Waterschappen, 2013) waardoor dit neerkomt op 6.000 tot 9.000 gebruikers.

“Het AHN is onvervangbaar. Om hetzelfde product te krijgen op een andere manier over het hele waterschap gaat gepaard met gigantisch hoge kosten. Dus dat gaat niet gebeuren.”

De kosten voor AHN zijn goed bekend: elk waterschap betaald € 0,39 per jaar per ha beheergebied (m.u.v. Hoogheemraadschap van Delfland, zij betalen € 0,09 per ha per jaar), wat neerkomt op een gemiddelde van € 58.068 per waterschap per jaar. (met een minimum van € 13.612 en maximum van € 134.132). In totaal bedragen de kosten voor alle waterschappen in Nederland ca. € 1,3 miljoen per jaar.

“Het AHN heeft geresulteerd in meer informatie met minder inspanning en kosten. Afgelopen jaren hebben we daardoor alleen al bij onze afdeling vijf buitendienstmedewerkers minder nodig gehad.”

De baten zijn lastig te bepalen. Een waterschap noemde een afname van 5 medewerkers als gevolg van een lagere behoefte aan veldmetingen en -bezoeken. Deze afname komt doordat de meettechnieken zijn veranderd: er kan meer informatie worden ingewonnen met minder inspanning. Vroeger was het veel arbeidsintensiever om in het veld te meten. Als dit aantal medewerkers wordt geëxtrapoleerd naar alle waterschappen, de grootte van het beheergebied in acht nemend, is door de invoering van AHN landelijk een afname van ruim 100 buitenmedewerkers opgetreden. Uitgaande van gemiddelde loonkosten¹ van € 70.000 per werknemer, komt dit neer op ruim € 7 miljoen per jaar. De berekening per waterschap is terug te vinden in bijlage 1.

De grootste batenpost zit hem echter in de kwaliteitsverbetering en de daardoor uitgebreide activiteiten. Zonder AHN zouden binnen-medewerkers een groot deel van hun informatie kwijt zijn. Ze zouden zich dan beperken tot het inspelen op de minimale vraag. Waterschappen gaven aan dat, indien AHN niet zou bestaan, ze gebruik zouden maken van landmeten, fotogrammetrie, radar en drones. Dit zou echter gigantisch hoge kosten met zich meebrengen.

Bovendien is de informatie wanneer gebruik wordt gemaakt van deze alternatieve bronnen een stuk onnauwkeuriger: geen vlakdekkende informatie, geen goede indicatie van dalingen van de keringen en een lagere kwaliteit van Flymaps worden veel genoemd. Vooral op kleinere schaal is het kwaliteitsverschil enorm. Zonder AHN zijn de hoogtegegevens veel minder nauwkeurig, minder gedetailleerd en hebben dus een lagere kwaliteit². Hierdoor neemt de nauwkeurigheid van maatregelen af. Alle mogelijke alternatieven worden als veel onnauwkeuriger beschouwd, behalve GPS. Hier staat echter tegenover dat de hoeveelheid gegevens veel kleiner is.

“Op het moment dat je nauwkeuriger kunt toetsen hoef je niet veiligheidsmarge op veiligheidsmarge op veiligheidsmarge te stapelen. Daarmee ga je geld besparen. Je bent zekerder in je besluitvormingsproces. Die onnauwkeurigheid mag wel vaker benoemd worden.”

Waterschappen gaven aan naast AHN tegenwoordig nog gebruik maken van een puntenwolk, landmeten en het inmeten van waterbodems (met een sonartoepassing die vergelijkbare data

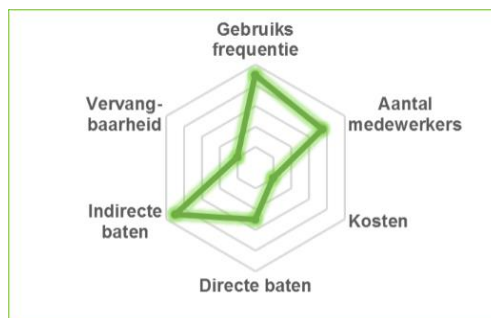
¹ Dat zijn alle kosten die gemoeid zijn met het in dienst hebben van personeel: lonen, sociale premies, overwerk- en ontslagvergoedingen, vakantiegeld, doorbetaling bij ziekte en vakantie, en opleidingskosten e.d.

² In dit rapport wordt met 'nauwkeurigheid' de grootte van de fout in de data bedoeld en met 'detail' de ruimtelijke resolutie.



oplevert, maar dan onder water). Een betere kwaliteit van hoogtegegevens zou volgens een waterschap kunnen worden verkregen door meer data zelf met laseraltimetrie in te winnen (met drone of vliegtuig), nieuwe apparatuur en betere software te gebruiken. Een ander waterschap gaf aan geen betere kwaliteit data te kunnen verkrijgen dan met AHN.

Samenvattend kan gezegd worden dat AHN één van de bekendste remote sensing producten is die waterbeheerders gebruiken. In termen van doelmatigheid zijn de kosten van AHN relatief laag, helemaal als deze worden vergeleken met de kosten van vroeger toen landmeten nog veelvuldig gebruikt werd. In plaats van landmeetteams het veld in te sturen is tegenwoordig een goede eerste schatting op basis van AHN mogelijk. Wel worden landmeters voor detail-hoogtekaarten nog steeds ingezet, maar mogelijk zal laseraltimetrie of drones dit binnenkort kunnen overnemen. Al met al is er door de invoering van AHN een kostenbesparing van circa € 5,7 miljoen per jaar opgetreden. De belangrijkste doelmatigheid van AHN is echter dat er betere service kan worden geleverd: de directe en indirecte baten stijgen enorm.



Figuur 1. Schematische weergave van de doelmatigheid van het AHN.

3.2 Luchtfoto's

Voordat luchtfoto's werden gebruikt werd er gebruik gemaakt van topografische kaarten (Top50, Top250), veldbezoeken, eigen (terrestrische) kaarten en het Landelijk Grondgebruikbestand Nederland (LGN).

Elke waterbeheerder is bekend met luchtfoto's en bij elk waterschap raadpleegt een groot aantal medewerkers dagelijks luchtfoto's. De foto's worden ingewonnen via het kadaster. Dit is het geval omdat meer organisaties dan alleen waterschappen gebruik maken van deze foto's.

“Er worden nog wel eens oude luchtfoto's of topografische kaarten gebruikt bij de herinrichting van een gebied, om te kijken hoe een gebied er vroeger uit zag.”

Uit de inventarisatie bij de waterschappen blijkt dat bij Brabantse Delta de eerste analoge luchtfoto's gebruikt vanaf 1995, gevolgd door digitale foto's vanaf 2008. Bij HDSR wordt sinds 2001 gebruik gemaakt van luchtfoto's. De luchtfoto's worden tegenwoordig eens per jaar opnieuw aangeleverd.

Luchtfoto's worden gebruikt voor meerdere doeleinden en worden steeds belangrijker. De meest genoemde toepassingen van zijn:

- Om veldbezoek uit te sparen: bekijken van de situatie en bv. vergelijking tussen luchtfoto's om te kijken of wijzigingen met vergunningen zijn uitgevoerd
- Om geo-objecten (stuwen, gemalen, watergangen) te karteren
- Voor de opbouw van BGT
- Als achtergrond-laag
- Voor herinrichting van een gebied

“Obliekfoto’s zijn erg handig om te kijken waar bijvoorbeeld een boom staat, recht van boven is immers niet te zien waar de stam precies staat. Ze hebben echt een meerwaarde!”

Naast de ‘traditionele’ luchtfoto’s (orthofoto’s) worden er steeds vaker obliekfoto’s gebruikt. Deze foto’s worden in vogelvluchtperspectief genomen. Hierdoor bieden ze de mogelijkheid om objecten van verschillende kanten te beoordelen en zo de diepte in te kunnen schatten.

Luchtfoto’s worden bij de geïnterviewde waterschappen dagelijks gebruikt door alle kantoormedewerkers. Er zijn meer algemene gebruikers dan bij AHN, aangezien er minder specialistische kennis voor nodig is. Het totale aantal gebruikers bij alle waterschappen in Nederland komt hierdoor neer op ca. 12.000 (A&O-fonds Waterschappen, 2013).

De kosten voor luchtfoto’s zijn circa € 0,09 per ha beheergebied, wat neerkomt op een gemiddelde van € 14.466 per waterschap per jaar (met een minimum van € 3.265 en maximum van € 32.170). In totaal bedragen de kosten voor alle waterschappen in Nederland ca. € 318.000 per jaar. De bewerking van luchtfoto’s naderhand is minder dan bij AHN, vandaar dat het goedkoper is dan AHN.

Een waterschap gaf aan dat het inwinnen van de luchtfoto’s een stuk gestructureerder zou kunnen gebeuren. Waterschappen, provincies en de rijksoverheid kopen luchtfoto’s gezamenlijk in, maar er zijn genoeg gemeenten die zelf luchtfoto’s inwinnen. Dit geeft problemen met de vliegdagen, waardoor het lastig wordt om in een goede periode luchtfoto’s in te winnen.

“Ik zou ervoor pleiten dat we gewoon als alle overheden gezamenlijk een keer een luchtfoto invliegen, waarbij we samen moeten bepalen wat de kwaliteitseisen zijn.”

De baten zijn lastig te bepalen. Een waterschap noemde een afname van enkele medewerkers als gevolg van het minder uitvoeren van veldbezoeken. In de batenberekening is ervoor gekozen 3 werknemers te hanteren. Als dit aantal medewerkers wordt geëxtrapoleerd naar alle waterschappen, de grootte van het beheergebied in acht nemend, is door de invoering van luchtfoto’s landelijk een afname van ruim 60 medewerkers opgetreden. Uitgaande van gemiddelde loonkosten van € 70.000 per werknemer, zou dit ruim € 4,2 miljoen per jaar kosten. De berekening per waterschap is terug te vinden in bijlage 2.

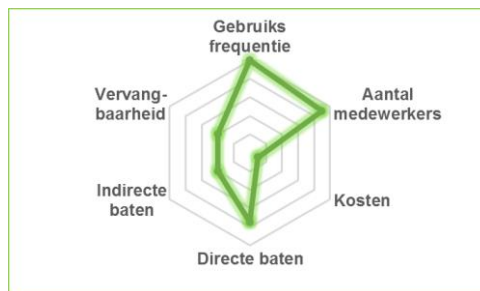
“Als je alleen al de veldbezoeken uittelt: ergens naar toe rijden, kijken en terugrijden, ten opzichte van 5 minuten op een foto kijken, dan verdien je het al dubbel en dwars terug.”

De grootste batenpost zit hem echter in de kwaliteitsverbetering. Zonder luchtfoto’s kunnen er veel vergissingen kunnen ontstaan, bijvoorbeeld over grondeigendom of de locatie van kunstwerken. Bovendien moet er bij een veldbezoek altijd teruggekoppeld worden, wat voor verwarring kan zorgen en veel tijd kost, zeker wanneer de verkregen (deels subjectieve) informatie ter plaatse nogmaals gecontroleerd dient te worden.

Als luchtfoto’s niet zouden bestaan, zouden waterschappen gebruik maken van o.a. topografische kaarten, satellietdata, inmeten in het veld, Google Earth of Maps als achtergrondkaarten en GlobeSpotter. Door (meer) gebruik te maken van obliekfoto’s, cyclomedia’s (360° straat- en luchtfoto’s) en drone technieken (zowel foto’s als video’s) zou er volgens de waterschappen een betere kwaliteit van informatie kunnen worden verkregen.



Samenvattend kan gezegd worden dat luchtfoto's alom gebruikt worden door waterschappen en niet meer weg te denken zijn uit het waterbeheer. Met luchtfoto's kan informatie simpel gecombineerd worden, bijvoorbeeld een luchtfoto met een bodemkaart of een waterlopenkaart. Dit maakt het een hele krachtige tool. In termen van doelmatigheid zijn de kosten van luchtfoto's laag. Al met al is er door de invoering van luchtfoto's een kostenbesparing van circa € 3,9 miljoen per jaar opgetreden.



Figuur 2. Schematische weergave van de doelmatigheid van luchtfoto's.

3.3 Overige producten

Naast AHN en luchtfoto's maken de geïnterviewde waterschappen gebruik van de volgende remote sensing producten:

- LGN
- Neerslagradar
- Bodemdaling vanuit satellieten
- Laseraltimetrie met drones
- Bewolkingsstatistieken
- Verdampingstekort
- Foto's met luchtballonnen, voor en na een project bijvoorbeeld

In de toekomst verwacht Waterschap Brabantse Delta veel van de monitoring van blauwalg andere waterkwaliteitsparameters met behulp van remote sensing. Op dit moment kunnen ze deze informatie niet gebruiken omdat de pixels te groot zijn. Zij gaven aan dit zeker in te willen zetten zodra de resolutie nauwkeuriger wordt. De minimale resolutie dient hiervoor 5 bij 5 meter te zijn.

“Of er blauwalg in de Binnenschelde is zou toch te meten moeten zijn. Daar verwacht ik wel veel van.”

“Ik verwacht nog heel veel dingen die niet ons werk overbodig gaan maken, maar die vooral de kwaliteit gaan verbeteren: extra handvaten.”

Ook het in kaart brengen van de waterbodem vanuit de lucht en het meten van de sliblaagdikte, door er bijvoorbeeld overheen te vliegen, is voor Brabantse Delta erg interessant.

Tot slot wordt aangegeven dat er nog veel bestaande toepassingen zijn die niet (goed) gebruikt worden en dat de ontwikkelingen op het gebied van remote sensing nauwlettend in de gaten worden gehouden.

4 Doelmatigheid van toekomstige producten

4.1 Bodemvocht

Uit de inventarisatie bij de waterschappen blijkt dat informatie over bodemvocht op dit moment niet tot nauwelijks gebruik wordt in het waterbeheer.

Waterschappen gaven aan dat, indien dynamische en ruimtelijke bodemvochtinformatie beschikbaar zou zijn, er veel beter en professioneler waterbeheer zou kunnen worden gevoerd. Niet alleen waterschappen zouden blij zijn met deze informatie, ook agrariërs zouden het graag willen gebruiken. Zo zouden ze bijvoorbeeld kunnen zien waar het peil moet worden verhoogd en waar verlaagd. Ook het waterschap zou precies kunnen zien welk perceel problemen heeft en zo het peil hierop aanpassen.

De vlakdekkendheid en uniformiteit van de informatie zijn de twee meest genoemde pluspunten. Bovendien kunnen met behulp van bodemvochtkaarten uit remote sensing de (actuele) condities in verschillende waterschappen met elkaar worden vergeleken.

Een ander voordeel is de inzet van bodemvochtproducten in de calamiteitenorganisatie. De mate van verzadigdheid van de bodem zou goed kunnen worden gemonitord, waardoor gemeenten bijvoorbeeld kunnen worden gewaarschuwd voor wateroverlast. Zo zou er een informatiesysteem kunnen worden opgezet om te zien waar water op straat komt te staan als de buien zich doorzetten en kunnen mensen tijdig worden geïnformeerd. Tevens kunnen kwetsbare gebieden worden aangewezen. Tot slot wordt aangegeven dat er beter ingespeeld zou kunnen worden op klimaatverandering. Zo zou je bijvoorbeeld kunnen zien in welke gebieden er direct preventieve maatregelen moeten worden genomen en in welke gebieden dit nog wel even kan wachten.

“Of de bodem vol zit of niet moet je nu in je hoofd bijhouden en dat gaat wel eens mis natuurlijk..”

Het beschikbaar maken van bodemvochtdata is een enorme uitdaging. Een manier die genoemd wordt is om de combinatie van gemeten grondwaterstanden en een hydrologisch model te gebruiken. Dit model moet gebaseerd zijn op de grondsoort, die in Nederland gelukkig goed bekend is. Hier wordt momenteel veel onderzoek naar gedaan. Een andere genoemde methode is om gebruik te maken van plantgegevens om bodemvocht af te leiden. In akkerbouwgebieden duurt het vaak tot half juni totdat de gewassen opgekomen zijn en er een gesloten bladerdek gevormd is. Dit terwijl er juist in het voorjaar behoefte is aan informatie over bodemvocht om de belangenafweging te maken tussen waterconservering en draagkracht van de grond. Omdat het gewas in het voorjaar nog niet in ontwikkeling is kun je via de plant nog

“We zijn zeer geïnteresseerd in de ontwikkelingen op dit gebied.”

niet “in de grond kijken”. Hier ligt een informatiebehoefte: Hoe kan er in het voorjaar in akkerbouwgebieden informatie worden verkregen over bodemvocht en draagkracht van de grond? Radar remote sensing biedt hiervoor in theorie een oplossing, al blijft het een gecompliceerde klus om het gereflecteerde signaal te ontleden en te vertalen naar kwantitatieve informatie. Geen enkel waterschap gaf aan met deze manier van remote sensing bezig te zijn.

Volgens de geïnterviewde waterbeheerders hoeft de nauwkeurigheid van een bodemvochtproduct niet extreem hoog te zijn: 10-20% zou mooi zijn, maar zelfs bij een afwijking van 40% zouden ze er al blij mee zijn. Bij een resolutie van 250 bij 250 meter of 1 bij 1 kilometer zouden waterschappen de informatie al willen gebruiken. Uiteindelijk is het gewenste



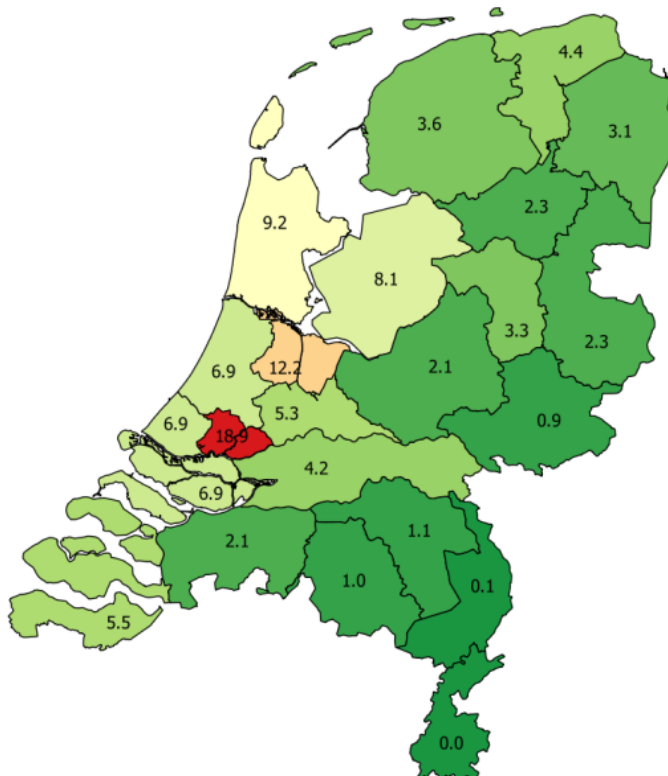
detailniveau perceelsgrootte: 100 bij 100 meter. Belangrijk is echter wel dat de data op zijn minst dagelijks geactualiseerd wordt.

“Als je een calamiteit beter kunt inschatten bespaar je op gepraat en dus op geld. Je kunt je waterbeheer grotendeels automatiseren.”

Waterschappen schatten in dat de inzet van bodemvochtproducten leidt tot een enorme kostenbesparing. De besparing komt voornamelijk door besparing op de calamiteitenorganisatie. Bij een dreigende calamiteit wordt altijd vergaderd met specialisten om de situatie te beoordelen. Dit gebeurt nu een aantal keer per jaar, bij alle waterschappen in Nederland. Uitgaande van 5 specialisten die een dag overleg voeren, komt dit neer op circa € 10.000

per dag. Een waterschap gaf aan zeker 3 vergaderingen per jaar niet te hoeven houden indien bodemvochtdata beschikbaar zou zijn. Dit komt dus neer op een besparing van € 30.000 per waterschap, wat landelijk € 660.000 per jaar bespaard.

Daarnaast is het waarschijnlijk dat een energiebesparing dankzij de meer gerichte en tijdige inzet van pompen en gemalen op nationale schaal voor een flinke besparing van energiekosten zal zorgen. In **Error! Reference source not found.**³ is het totale energieverbruik van de waterschappen afgezet tegen de oppervlakte van het beheergebied. De waterschappen blijken met 80% veruit de grootste energieverbruiker in het Nederlandse waterbeheer. In totaal verbruiken de waterschappen circa 140,6 GWh/jaar om het regionale watersysteem te beheren. Het verbruik varieert per waterschap tussen 0 en 19,4 GWh/j, gemiddeld verbruiken de waterschappen 5,2 GWh/jaar voor waterbeheer. Met een tarief van 25 cent per kWh komen de totale kosten voor waterschappen neer op ruim € 35 miljoen per jaar. Indien agrariërs dankzij bodemvocht informatie 10% minder beregening hoeven toe te passen, zullen niet alleen de kosten voor agrariërs verminderen, maar ook de kosten voor de waterschappen. Een vermindering van 10% van de energiebehoefte van waterbeheerders bespaart ruim 14 GWh/jaar, wat neerkomt op € 3,5 miljoen per jaar (Grontmij, 2009; FutureWater, 2016).



Figuur 3. Energieverbruik per waterschap naar grootte van beheergebied in MWh/km²/j.

4.2 Verdamping

Uit de inventarisatie van waterschappen blijkt dat het gebruik van verdampingsproducten met behulp van remote sensing erg wisselend is. Bij HDSR wordt sinds 2011 gebruik gemaakt van de actuele verdamping, het verdampingstekort en de referentie-gewasverdamping volgens Makkink. Deze data is allemaal vlakdekkend en dient als input voor geautomatiseerde waterbalansen, die dagelijks geüpdatet worden. Tevens wordt de data gebruikt bij polderanalyses. Het verdampingstekort wordt vooral gebruikt tijdens calamiteiten en perioden van droogte. Zo wordt er eens per twee weken een curve gemaakt waarbij het verdampingstekort gesommeerd worden over het hele jaar. Als de curve hard stijgt is dit een indicatie van hoe droog het is. Deze informatie wordt bij calamiteitenoverleggen ingezet om te bepalen of door wordt gegaan met beregenen of inspecteren of niet. Ondanks harde regenval kan met behulp van deze curve bijvoorbeeld worden geconstateerd dat er nog steeds een tekort is. Deze data zou volgens HDSR ook gebruikt moeten worden als indicator in landelijke veiligheidsregio's. Zo kan worden gezien wanneer er opgeschaald dient te worden. HDSR gaat in de nabije toekomst onderzoek doen naar het gebruik van het verdampingsproduct als veiligheidsindicator.

“We willen het verdampingstekort gebruiken om naar peilbeheerders het bericht te kunnen uitzenden dat ze meer of minder water moeten bergen. We willen steeds meer naar mensen die met hun laarzen in de klei staan. Dat willen we gaan faciliteren.”

Bij Brabantse Delta is soortgelijke data in het verleden gedurende 1 jaar ingekocht, maar deze wordt tegenwoordig niet meer gebruikt. Er is op dit moment maar één verdampingsmeetpunt in het hele gebied, van het KNMI. Het gaat hierbij om een puntmeting van de potentiële verdamping. Om die reden loopt er op dit moment een tender om het opnieuw aan te schaffen.

Waterschap Hunze en Aa's maakt geen gebruik van verdampingsproducten.

“Je kunt op basis van één punt nooit een besluit nemen als waterschap.”

Waterschappen geven aan dat vlakdekkende informatie betreffende de actuele verdamping voor meer detaillering zorgt, wat uiteindelijk een enorme verbetering van de beheerstaken betekent. De winst zit hem vooral in het feit dat er veel efficiënter om kan worden gegaan met water, een betere dienstverlening verleend kan worden en er gemakkelijker kan worden gestuurd.

Vooraf in de zomers van de komende 20 jaar, waar het watertekort in beken zal toenemen, is dit hard nodig. Nauwkeurigere informatie omtrent het verdampingstekort wordt alom gezien als een nóg interessanter remote sensing product. Het verdampingstekort is het verschil tussen actuele en potentiële verdamping, en geeft aan hoeveel stress een plant heeft. Het is daarom een goede maat voor het functioneren van een gewas.

Bij alle geïnterviewde waterschappen is het streven een nauwkeurigheid van 10 tot 20% te halen. Met een resolutie van 1 bij 1 kilometer zou al de data al gebruikt kunnen worden, maar het streven is een resolutie van 100 bij 100 meter te halen. Op deze schaal kan een agrariër worden geadviseerd om te gaan beregenen of niet. Belangrijk is echter wel dat de data op zijn minst dagelijks geactualiseerd wordt.

“Nu is water gratis, maar het zal steeds meer waard worden in Nederland.”

Waterschappen schatten in dat de inzet van verdampingsproducten leidt tot een enorme kostenbesparing. Brabantse Delta schat een jaarlijkse besparing van € 300.000 tot € 500.000, wat landelijk zou neerkomen op circa € 10 miljoen per jaar.



5 Conclusies

In dit rapport wordt de doelmatigheid van de inzet van remote sensing informatieproducten door de waterschappen besproken, en zoveel mogelijk gekwantificeerd in termen van kosten en baten. Twee veelgebruikte producten (AHN, luchtfoto's) en twee innovatieve producttypen met veel potentie (bodemvocht en verdamping) zijn expliciet meegenomen. De belangrijkste conclusies zijn als volgt:

- De inzet van alle vier de producten wordt ingeschat als doelmatig, ten opzichte van bestaande alternatieve methoden om informatie in te winnen
- Bestaande literatuur biedt nauwelijks kwantitatief inzicht in de doelmatigheid van remote sensing in het waterbeheer, wat het belang van de in deze studie verzamelde informatie verder vergroot
- Het gebruik van AHN is al jaren gemeengoed bij alle waterschappen, wat een kostenbesparing van circa € 5,7 miljoen per jaar heeft opgeleverd en een sterke verbetering van de uitvoering van verschillende waterschapstaken
- Luchtfoto's worden door waterschappen ingezet voor een groot aantal verschillende toepassingen. Door de implementatie van luchtfoto's is naar schatting een kostenbesparing van circa € 3,9 miljoen per jaar opgetreden, alsook een grote kwaliteitsverbetering van geleverde diensten.
- De verwachte operationele inzet van bodemvochtproducten zal landelijk naar schatting € 660.000 per jaar besparen, als alleen al gekeken wordt naar de tijdsbesparing die optreedt dankzij de lagere frequentie van overleggen. Daarnaast is het waarschijnlijk dat een energiebesparing dankzij de meer gerichte en tijdige inzet van pompen en gemalen op nationale schaal ca. € 3,5 miljoen per jaar zal opleveren. Dit staat nog los van de grote maatschappelijke baten die optreden als gevolg van een grotere waterzekerheid en waterveiligheid.
- Het gebruik van verdampingsproducten uit remote sensing door de verschillende waterschappen is momenteel erg wisselend, al is de potentie groot. De winst zit hem vooral in het feit dat er veel efficiënter om kan worden gegaan met water, een betere dienstverlening verleend kan worden en er gemakkelijker kan worden gestuurd. Op basis van de beschikbare informatie wordt de kostenbesparing geschat op circa € 10 miljoen per jaar.



Referenties

- A&O-fonds Waterschappen (2013). *Watermensen werken door*.
http://www.aenowaterschappen.nl/fileadmin/user_upload/Algemeen/web-Watermensen_werken_door.pdf
- Bastiaanssen, W. G. M. (1998). *Remote sensing in water resources management: The state of the art*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- FutureWater (2016). *Flying Sensors informatie voor een duurzamere water en energie economie*. De Klerk, M., P. Droogers. FutureWater Report 151.
- García, Luis E., Diego J. Rodríguez, Marcus Wijnen, and Inge Pakulski, eds (2016). *Earth Observation for Water Resources Management: Current Use and Future Opportunities for the Water Sector*. Washington, DC: World Bank Group. doi:10.1596/978-1-4648-0475-5. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO
- Grontmij (2009). *Inventarisatie energieverbruik waterwerken*. WINN Energie uit Water.
- STOWA (2009). *Verbetering bepaling actuele verdamping voor het strategisch waterbeheer*. STOWA rapport 2009-11
- STOWA (2016). *Verkenning remote sensing producten voor het waterbeheer*. STOWA rapport 2016-17
- Vuolo, F., L. Essl, and C. Atzberger (2015). *Costs and benefits of satellite-based tools for irrigation management*. Frontiers in Environmental Science, Vol. 3-52, July 2015
- Witteveen+Bos en HKV (2016). *Lijn in water; Advies meettechnieken en gegevensbronnen*. Waterschap Scheldestromen, januari 2016



Bijlage 1: Kosten en baten AHN

#	Waterschap	Oppervlak (ha)	Investeringskosten	Kosten per ha	Extrapolatie besparing medewerkers
1	Aa en Maas	161007	62417	€ 0,39	5
2	Amstel, Gooi en Vecht	70412	27296	€ 0,39	2
3	Brabantse Delta*	170744	66192	€ 0,39	5
4	Delfland	170744	15719	€ 0,09	5
5	De Dommel	151237	58629	€ 0,39	4
6	Fryslân	346000	134132	€ 0,39	10
7	Groot Salland	118000	45745	€ 0,39	3
8	Hollandse Delta	101809	39468	€ 0,39	3
9	Hollands Noorderkwartier	196400	76138	€ 0,39	6
10	Noorderzijlvest	144000	55824	€ 0,39	4
11	Peel en Maasvallei	128690	49889	€ 0,39	4
12	Reest en Wieden	137500	53304	€ 0,39	4
13	Rijn en IJssel	195000	75575	€ 0,39	6
14	Rijnland	107946	41847	€ 0,39	3
15	Rivierenland	201000	77921	€ 0,39	6
16	Roer en Overmaas	92261	35766	€ 0,39	3
17	Scheldestromen	190273	73762	€ 0,39	6
18	Schieland en de Krimpenerwaard	35113	13612	€ 0,39	1
19	De Stichtse Rijnlanden	83021	32184	€ 0,39	2
20	Vallei en Veluwe	244833	95913	€ 0,39	7
21	Vechtstromen	227045	88018	€ 0,39	7
22	Zuiderzeeland	150000	58150	€ 0,39	4

* De genoemde besparing in medewerkers bij dit waterschap is bij de interviews door het betreffende waterschap geschat. Deze waarde is gebruikt voor de extrapolatie naar andere waterschappen, waarbij het oppervlak beheergebied in acht is genomen.

Min kosten/waterschap	€ 13.612,00
Max kosten/waterschap	€ 134.132,00
Gem kosten/waterschap	€ 58.068,23
Totale kosten	€ 1.277.501,00

Totale besparing	100 medewerkers
Loon/medewerker	€ 70.000,00
Totale besparing	€ 7.016.716,55
Verschil	€ 5.739.215,55



Bijlage 2: Kosten en baten luchtfoto's

#	Waterschap	Oppervlak (ha)	Investeringskosten	Kosten per ha	Extrapolatie besparing medewerkers
1	Aa en Maas	161007	€ 14.969,70	€ 0,09	3
2	Amstel. Gooi en Vecht	70412	€ 6.546,59	€ 0,09	1
3	Brabantse Delta*	170744	€ 15.875,00	€ 0,09	3
4	Delfland	170744	€ 15.875,00	€ 0,09	3
5	De Dommel	151237	€ 14.061,33	€ 0,09	3
6	Fryslân	346000	€ 32.169,51	€ 0,09	6
7	Groot Salland	118000	€ 10.971,10	€ 0,09	2
8	Hollandse Delta	101809	€ 9.465,74	€ 0,09	2
9	Hollands Noorderkwartier	196400	€ 18.260,38	€ 0,09	3
10	Noorderzijlvest	144000	€ 13.388,46	€ 0,09	3
11	Peel en Maasvallei	128690	€ 11.965,01	€ 0,09	2
12	Reest en Wieden	137500	€ 12.784,12	€ 0,09	2
13	Rijn en IJssel	195000	€ 18.130,21	€ 0,09	3
14	Rijnland	107946	€ 10.036,33	€ 0,09	2
15	Rivierenland	201000	€ 18.688,07	€ 0,09	4
16	Roer en Overmaas	92261	€ 8.578,01	€ 0,09	2
17	Scheldestromen	190273	€ 17.690,72	€ 0,09	3
18	Schieland en de Krimpenerwaard	35113	€ 3.264,65	€ 0,09	1
19	De Stichtse Rijnlanden	83021	€ 7.718,91	€ 0,09	1
20	Vallei en Veluwe	244833	€ 22.763,46	€ 0,09	4
21	Vechtstromen	227045	€ 21.109,61	€ 0,09	4
22	Zuiderzeeland	150000	€ 13.946,32	€ 0,09	3

* De genoemde besparing in medewerkers bij dit waterschap is bij de interviews door het betreffende waterschap geschat. Deze waarde is gebruikt voor de extrapolatie naar andere waterschappen, waarbij het oppervlak beheergebied in acht is genomen.

Min kosten/waterschap	€ 3.264,65
Max kosten/waterschap	€ 32.169,51
Gem kosten/waterschap	€ 14.466,28
Totale kosten	€ 318.258,21

Totale besparing	60 medewerkers
Loon/medewerker	€ 70.000,00
Totale besparing	€ 4.210.029,93
Verschil	€ 3.891.771,71

