

---

# Remote sensing en waterkwaliteit: een helder beeld van troebel water

door A.G. Dekker<sup>1</sup>, L. van Liere<sup>2</sup>, E. Seyhan<sup>1</sup> en  
T.J. Malthus<sup>2</sup>

---

1. Hydrologie, Kwartairgeologie en Laaglandgenese, Instituut van Aardwetenschappen, Vrije Universiteit; 2. Limnologisch Instituut, Rijkswaardweg 6, 3631 AC Nieuwersluis.

In dit artikel wordt ingegaan op de mogelijkheden die remote sensing biedt voor waterkwaliteitsonderzoek van plassen en meren. De gepresenteerde resultaten zijn verkregen tijdens het Remote Sensing Loosdrechtse Plassen Project (RSLP). Het RSLP wordt uitgevoerd door de vakgroep Hydrologie, Kwartairgeologie en Laaglandgenese aan de Vrije Universiteit in samenwerking met het Limnologisch Instituut te Nieuwersluis en het Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium. Het onderzoek is onderdeel van het Nationaal Remote Sensing Programma.

Bij remote sensing wordt de kleur (= het optische spectrum) van het water zo nauwkeurig mogelijk gemeten vanuit de lucht en vanuit de ruimte. Onderwater-kleuremetingen worden beschreven met het onderwater-lichtklimaat en dienen ter onderbouwing en ontwikkeling van de methode voor informatie-extractie. De remote sensing-metingen werden tijdens dit onderzoek vooral vanuit vliegtuigen verricht. Simultaan met deze metingen werden een groot aantal fysische, chemische en biologische veldwaarnemingen uitgevoerd. Belangrijke waterkwaliteitsparameters vertoonden een opvallend hoge correlatie met een aantal waargenomen kleurintervallen. Het blijkt goed mogelijk te zijn om allerlei waterkwaliteitskenmerken met behulp van remote sensing waar te nemen en gelijktijdig in kaart te brengen. Met name ook in de troebele eutrofe (zeer voedselrijke) wateren waaraan Europa zo rijk is.

## Remote sensing: algemene inleiding

Remote sensing (of teledetectie) is de naam voor alle waarnemingstechnieken op afstand (remote = op afstand; sensing = waarneming). Bij het Remote Sensing Loosdrechtse Plassen

kleur	bereik in nanometers
violet	400 - 424
blauw	424 - 491
groen	491 - 575
geel	575 - 585
oranje	585 - 647
rood	647 - 700
nabij infrarood	700 -1300

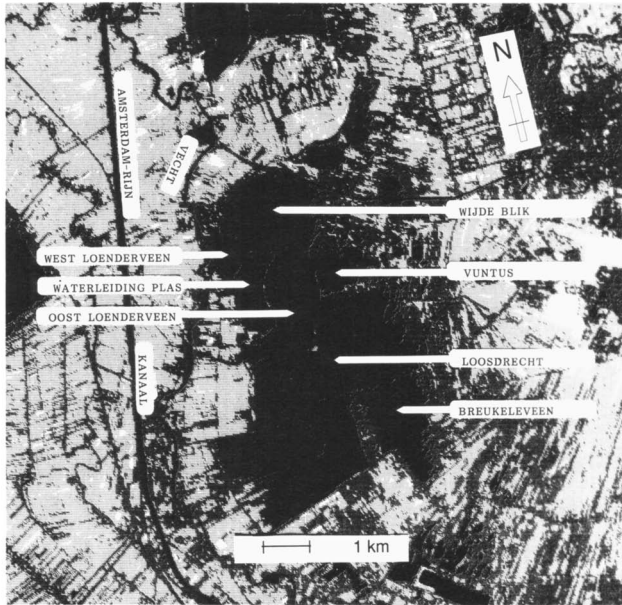
Project (RSLP) worden passieve remote sensingtechnieken gebruikt. Hierbij wordt de door het object gereflecteerde hemelstraling waargenomen. (Actieve systemen, zoals radar en lidar, zenden eerst zelf straling uit, waarna het gereflecteerde signaal wordt waargenomen.) Er wordt alleen gebruik gemaakt van het optisch spectrale bereik van het elektromagnetisch spectrum, dat ligt tussen 400 nm en 850 nm ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = \text{één miljoenste millimeter}$ ). In dit bereik dringt straling goed in het water door en de zon straalt in dit bereik veel energie uit. In Tabel 1 zijn de golflengtebereiken en de erbij horende kleuren van het optische spectrum weergegeven (zie ook afb. 3).

Voordelen van het toepassen van remote sensing voor waterkwaliteitsonderzoek zijn:

- Er wordt een synoptisch beeld verkregen: op één moment wordt het gehele onderzoeksgebied in kaart gebracht. Dit in tegenstelling tot de klassieke waterkwaliteitsanalyse, waarbij enkele puntmetingen geacht worden representatief te zijn voor het gehele waterlichaam.
- Doordat een tweedimensionaal beeld wordt verkregen kan er veel nauwkeuriger naar meng- en stromingspatronen, verspreiding van stoffen in het water, golfpatronen, windeffect etc. onderzoek worden verricht.
- Digitale data maken directe computerverwerking mogelijk; bovendien blijven eenmaal geregistreerde data beschikbaar: opbouw van een archief van waterkwaliteitstoestanden wordt mogelijk. Remote sensing-data is ook zeer geschikt voor verwerking in geografische informatiesystemen (GIS).
- Doordat er meer en geavanceerdere remote sensing-systemen komen gaat de kwaliteit en de frequentie van opnamen omhoog.
- Uitwisseling van data wordt eenvoudiger; het tegelijkertijd waarnemen van bijvoorbeeld alle meren en plassen in Noord- en Zuid-Holland wordt mogelijk. Door schaalvergroting kan de prijs per in beeld gebrachte en geanalyseerde oppervlakte-eenheid drastisch omlaag.

## Het Loosdrechtse plassengebied

Het Loosdrechtse plassengebied (afb. 1) bestaat uit verschillende geheel of gedeeltelijk van elkaar gescheiden plassen. De Waterleiding Plas en Wijde Blik zijn uitgediepte plassen van respectievelijk 7 m diep en goede waterkwaliteit en 30 m diep van een redelijke waterkwaliteit. De andere plassen zijn ondiep (ca. 2 m) en zijn ontstaan door vervening en afslag. Diepe polders in de nabije omgeving hebben de natuurlijke kwel naar de plassen veranderd in wegzijging naar de polders. Het o.a. hierdoor ontstane watertekort werd tot 1984 met vervuild en voedselrijk Vechtwater aangevuld. Dat heeft grote gevolgen gehad voor de waterkwaliteit van de plassen. Het eerst zo heldere water, dat een rijke bodembegroeiing toestond, vertroebelde door uitbundige algengroei en de daarbij behorende productie van dood materiaal (detritus), dat langzamer mineraliseert dan er wordt geproduceerd. Dat materiaal hoopt zich op in de bodem, maar wordt door wind al snel weer in het water geresuspendeerd. De aanleg van riolering (1970 - 1986) en de inlaat van gedefosfateerd Amsterdam-Rijnkanaalwater (vanaf 1984) dienden de waterkwaliteit te



Afb. 1. Kaart van het Loosdrechtse Plassengebied (gemaakt op basis van een Landsat TM band 5-beeld).

verbeteren. De algengroei neemt niet verder meer toe, maar een snel herstel blijft uit (van Liere et al., 1989). Momenteel zijn onder het wateroppervlak groeiende waterplanten afwezig. De vispopulatie bestaat voor het overgrote deel uit brasem. De algenpopulatie wordt het hele jaar door gedomineerd door slechts enkele soorten draadvormige blauwwieren (of cyanobacteriën). Groenwieren en kiezelwieren, die óver het algemeen meer voorkomen in helderder water, zijn nauwelijks aanwezig. Meer dan de helft van de in het water aanwezige zwevende stof bestaat uit dood materiaal. Het water is daardoor nog steeds zeer troebel, met een doorzicht van ongeveer 30 cm in de ondiepe plassen.

## De kleur van het water

De kleur van het water wordt bepaald door de in het water aanwezige opgeloste stoffen en zwevende deeltjes. De uitgestraalde kleur komt tot stand door een aantal processen; de beschrijving van deze processen noemen we "onderwaterlichtklimaatmodellering". Het onderwaterlichtklimaat wordt bepaald door de optische eigenschappen, die op hun beurt mede bepaald worden door optisch actieve waterkwaliteitsparameters. Met remote sensing wordt getracht zo goed mogelijk het licht, zoals dat in opwaartse richting vlak onder het wateroppervlak voorkomt, te reconstrueren, teneinde uit kleuren en intensiteitsvariëaties de waterkwaliteitsparameters af te leiden.

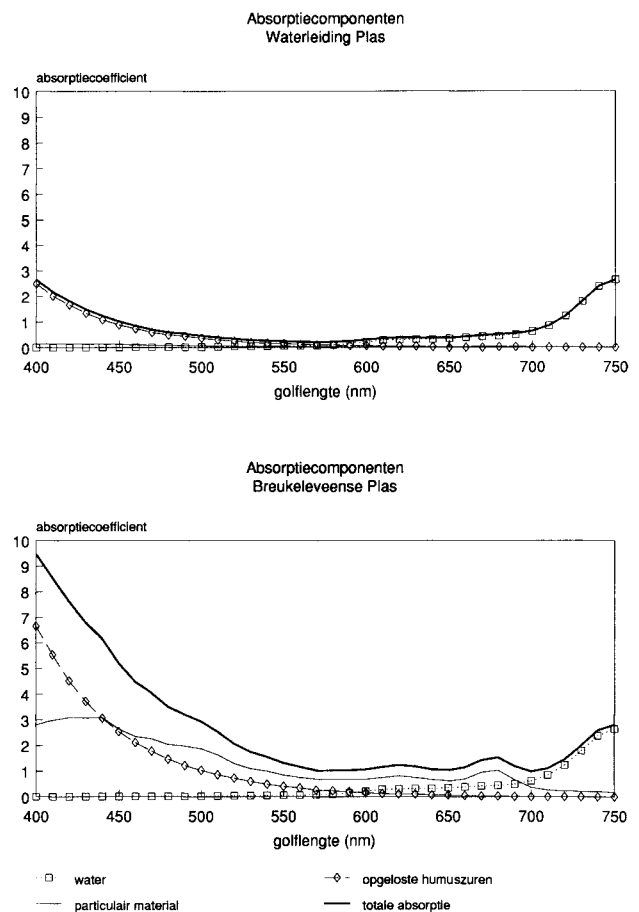
Geavanceerde meetinstrumenten maken het mogelijk, het spectrale bereik van 400 tot 850 nm met een nauwkeurigheid tot ca. 2 nm te meten. Dit houdt in, dat dit spectrale gebied in 225 spectrale banden kan worden waargenomen. Ter vergelijking: kleurenfotografie kan slechts drie spectrale banden waarnemen: blauw, groen en rood. Voor een uitgebreide behandeling van de gebruikte methoden zie Dekker et al. (1990).

De kleur van het water ontstaat doordat het invallende licht (zon/hemellicht) in het water een verandering ondergaat. Deze verandering wordt hier beschreven. Invallende straling (directe en diffuse hemelstraling)  $E_i$  komt bij het grensvlak lucht en water aan. Bij dit grensvlak treedt óf reflectie (terugkaatsing) óf refractie (lichtbreking) op. Het gereflecteerde deel van het invallende licht penetreert de waterkolom. Onder water vindt er een verandering van de kleur en intensiteit plaats. Hiervoor zijn in principe slechts twee inherente (d.w.z. van licht-instralingsomstandigheden onafhankelijke) optische eigenschappen verantwoordelijk: de absorptie, uitgedrukt in een absorptiecoëfficiënt  $a$ , en de verstrooiing, uit-

gedrukt in een verstrooiingscoëfficiënt  $b$ . Bij absorptie verdwijnen er fotonen; bij verstrooiing verandert de richting van de fotonen. Als de richting van de fotonen zodanig wijzigt dat ze een opwaartse richting krijgen spreken we van terugverstrooiing  $b_r$ . Het uit het water afkomstige licht dat we boven het wateroppervlak aannemen:  $E_{u,r}$ , is dus een functie van:

- de instraling vlak onder het wateroppervlak  $E_{u,i}$ ,
- de absorptie,
- de verstrooiing,
- de terugverstrooiing,
- het aan de onderkant van het water/lucht-oppervlak naar beneden gereflecteerde licht.

Met een spectrofotometer kan, in het laboratorium, de golflengteafhankelijke (= spectrale) absorptie van de verschillende hoofdbestanddelen van het oppervlaktewater worden bepaald. Afb. 2 a, b toont de absorptie van de verschillende te onderscheiden componenten voor twee van de uiterste waterkwaliteitstypen in dit systeem. De componenten zijn: 1) water; 2) opgeloste humuszuren (ook bekend onder de naam aquatische humuszuren, gelbstoff, gilvin); 3) particulier materiaal (of zwevende stof), dat bestaat uit algen en dood particulier materiaal. Verschillende soorten algen hebben ieder hun eigen specifieke spectrum van pigmenten om licht te absorberen voor hun fotosynthese. Daardoor bepaalt het voorkomen van bepaalde algensoorten sterk de kleur van het water, en kan het dominant zijn van bepaalde soorten met het oog, maar ook met behulp van remote sensing,



door T.J. Malthus-Limnologisch Instituut

Afb. 2 a. Het absorptiespectrum van water uit de Waterleiding Plas op 26 april 1988, gemeten met een spectrofotometer in het laboratorium.

Afb. 2 b. Het absorptiespectrum van water uit de Breukeleveense Plas op 25 april 1988, gemeten met een spectrofotometer in het laboratorium.

worden waargenomen. Afb. 2 geeft de verschillen tussen een heldere plas (afb. 2 a) en een plas gedomineerd door blauw-wieren (afb. 2 b) weer:

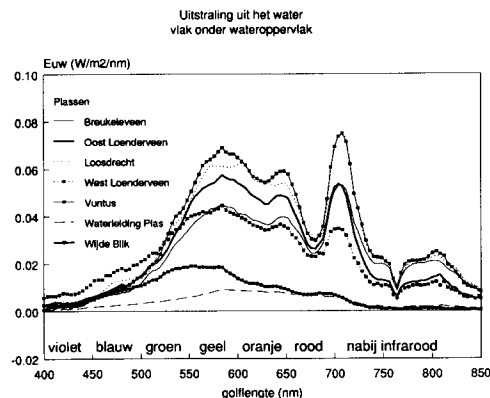
- Hoge absorptie bij korte (= blauwe) golflengten veroorzaakt door opgeloste humuszuren en in de Breukeleveense Plas door een absorptiepiek bij 445 nm van chlorofyl-a.
- Een minimum in absorptie bij 550 nm omdat er geen algen dominant aanwezig zijn met pigmenten die in dat gebied absorptiepieken vertonen.
- Een absorptiepiekje bij 630 nm wordt veroorzaakt door phycocyanine: één van de kenmerkende pigmenten van cyanobacteriën.
- Een absorptiepiek bij 680 nm in de Breukeleveense Plas: de rode absorptiepiek van chlorofyl-a.
- Vanaf 720 nm een scherpe toename van absorptie door het water zelf.

De verstrooiing **b** is moeilijk te meten. Er zijn methoden om indirect de verstrooiing te bepalen: deze zijn gebaseerd op het bepalen van een uitdovingscoëfficiënt **c** voor een watermonster. Nu is **c** gedefinieerd als de som van de absorptiecoëfficiënt en de verstrooiingscoëfficiënt:  $c = a + b$ . Dit houdt in dat als **c** en **a** bekend zijn **b** is uit te rekenen. Over het totale Photosynthetisch Actieve Radiantie-bereik (PAR = 400 tot 700 nm) staan de optische eigenschappen van de verschillende plassen in tabel 2. De verstrooiing is, in tegenstelling tot de absorptie, een regelmatige, continue functie van de golflengte, waarbij alleen algen een afname van verstrooiing vertonen in de golflengte-intervallen waar ze door pigmenten sterk absorberen.

Het uiteindelijke optische signaal dat vlak onder het wateroppervlak omhoog gericht is: de opwaartse irradiantie  $E_{w}$ , is met behulp van een LICOR-1800 spectroradiometer in het veld gemeten. Afb. 3 geeft voor dezelfde wateren als hiervoor de  $E_{w}$  zoals gemeten in het water zelf. Deze meting geeft weer wat het resultaat is van de processen van absorptie en (terug)verstrooiing op het invallende licht.

Van korte naar langere golflengte zien we: vrijwel geen uitstraling bij 400 nm door opgeloste humuszuren, bij 445 nm versterkt door de blauwe chlorofyl-a absorptiepiek. Vervolgens een afname in absorptie, waardoor verstrooiing tot 720 nm het beeld bepaalt, met uitzondering van de pigment-absorptiepieken bij 630 en 680 nm. Vanaf 720 nm neemt de uitstraling af door een toename in moleculaire absorptie door het water. Het uitstralingsdal bij 760 nm is een gevolg van een minimum in het invallende licht (door atmosferische absorptie) en heeft dus niets met het onderwaterlicht-klimaat te maken.

Met behulp van deze informatie kunnen we reconstrueren hoe de kleur van water ontstaat: als een plas eutroof is zal er weinig blauw licht gereflecteerd worden. Met toenemende golflengte naar



Afb. 3. De uitstraling (als irradiantie  $E_{w}$  weergegeven) uit het water, gemeten op 10 cm onder het oppervlak met een veldspectroradiometer. Zie tekst voor uitleg.

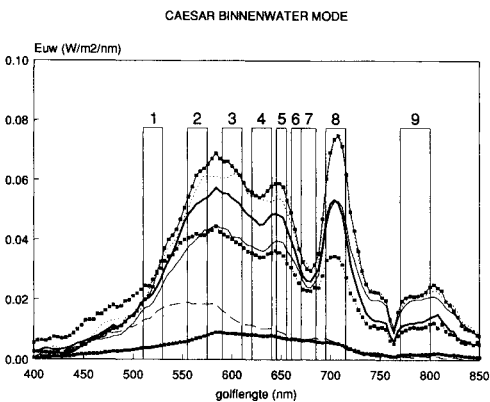
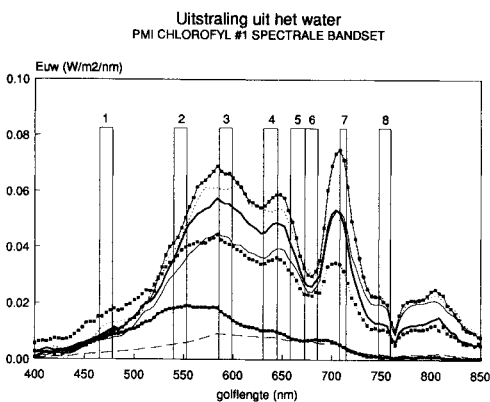
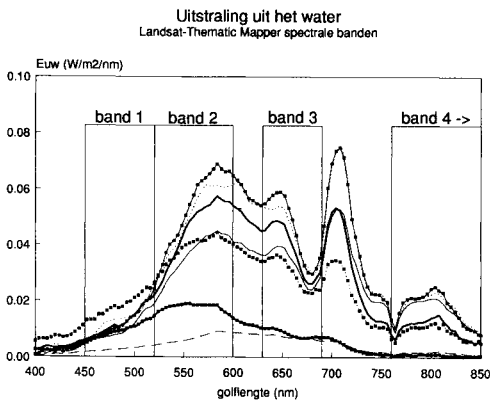
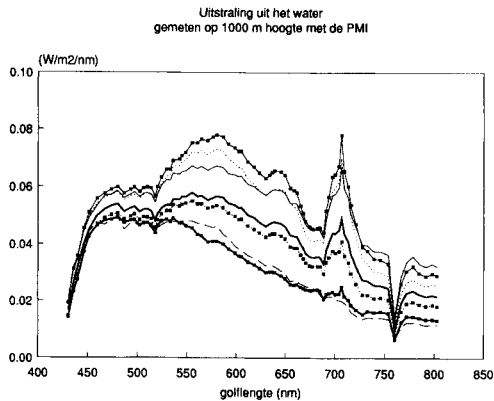
het groen en rood reflecteert er meer licht; dit resulteert in een groenbruine, of bij hoge reflectie zelfs gelige, kleur van het water. Als het water daarentegen helder is, zoals in de Waterleiding Plas, vindt er over alle golflengten weinig verstrooiing plaats. Het resultaat is een donkere plas, die een donkergroene tot bruine kleur zal hebben (omdat door de opgeloste humuszuren het blauwe licht geabsorbeerd wordt; de inlaat van ijzerrijk grondwater uit de Bethunepolder speelt hier mogelijk ook een rol). Deze gereconstrueerde kleuren komen overeen met de feitelijke waargenomen kleur van het water.

### Remote sensing: resultaten

Tijdens het RSLP zijn verschillende remote sensing-vluchten uitgevoerd en satellietbeelden aangeschaft. In het rapport van Dekker (1990) is een uitvoerige beschrijving van de resultaten gegeven. Er zijn o.a. opnames gemaakt met een zeer geavanceerde scanner: de Programmable Multispectral Imager van Moniteq uit Canada. Deze kan zowel lijn- als beeldvormend af-tasten, met een nauwkeurigheid van 1,3 nm over het spectrum van 430 tot 805 nm (N.B.: beeldvormend slechts in 8 kanalen van willekeurige breedte groter dan 1,3 nm). Afb. 4 toont continue spectrale metingen, verricht op 1000 m boven dezelfde locaties als de hiervoor beschreven onderwater- en laboratoriummetingen. Uit een vergelijking van afb. 3 met afb. 4 blijkt, dat de metingen met toenemende golflengte steeds meer op elkaar lijken. Het blijkt dat vanaf ca. 500 nm de resultaten van de onderwaterlicht-klimaat-modellering, met enige voorzichtigheid, op remote sensing-opnames mogen worden toegepast.

Tabel 2. Loosdrechtse Plassen: Optische waterkwaliteitsgegevens						
	Zichtdiepte (cm)	Drooggewicht (mg/l)	Pigm (µg/l)	Kd (/m)	a (/m)	b (/m)
Waterleiding Plas	225	3	6	0.7	0.52	1.32
Wijde Blik	225	4	6	0.8	0.54	1.35
Oost Loenderveen	45	23	59	3.4	2.02	12.20
West Loenderveen	50	17	58	3.6	2.27	11.35
Loosdrecht	40	35	93	4.4	2.54	16.13
Vuntus	37	35	85	4.2	2.36	17.68
Breukeleveen	30	40	91	5.3	3.07	19.52

Zichtdiepte = Secchi doorzicht; Drooggewicht = seston drooggewicht;  
Pigm = som van chlorofyl-a en faepigmenten;  
Kd = verticale extinctiecoëfficiënt van het invallende licht;  
**a** = absorptiecoëfficiënt; **b** = verstrooiingscoëfficiënt



Plassen	— Oost Loenderveen
— Breukeleveen	····· West Loenderveen
— Vuntus	— Wijde Blik
····· Loosdrecht	— Waterleiding

Als de geselecteerde spectrale banden gunstig liggen om de gewenste parameters waar te nemen hoeft dit geen noemenswaardige vermindering van de informatie ten opzichte van een continue spectrale meting te veroorzaken. Echter, de huidige satelliet remote sensing-systemen zijn vaak compromissen tussen tegenstrijdige wensen, verlangens en mogelijkheden. Voor de LANDSAT Thematic Mapper-beelden liggen de spectrale banden zoals in afb. 5 weergegeven. Het blijkt, dat deze spectrale banden interessante spectrale kenmerken, zoals de absorptiepieken van de verschillende pigmenten, vrijwel niet kunnen onderscheiden. Er vindt vermenging van spectrale informatie plaats. Een voor waterkwaliteitsonderzoek ontwikkelde spectrale bandset van de PMI (Programmable Multispectral Imager): de zgn. "Chlorophyll #1"-bandset is veel beter, zoals uit afb. 6 blijkt. Een in het kader van het RSLP-onderzoek ontworpen spectrale bandset voor het Nederlandse multispectrale scannersysteem, CAESAR, ziet eruit als afgebeeld in afb. 7.

Met behulp van de data, verkregen met de spectroradiometer (afb. 3) en met de PMI spectrale mode (afb. 4), is het mogelijk spectrale banden van remote sensing-systemen te simuleren voor respectievelijk de onderwater-situatie en de situatie op 1000 m hoogte. Het is ook mogelijk de spectrale banden van de Chlorophyll #1-bandset van de PMI te simuleren, alsook te verifiëren met de echte beelden. Statistische analyse is uitgevoerd om de correlatie-coëfficiënten te bepalen tussen de spectrale banden en de gemeten optische waterkwaliteitsparameters. Hierbij zijn niet de absolute waarden van de spectrale banden genomen maar de ratio's tussen twee spectrale banden. (Een ratio is het getal, dat verkregen wordt door de gemeten stralingswaarden in twee spectrale banden op elkaar te delen). Tevens worden variaties in lichtintensiteit (denk aan atmosferische invloeden) op elkaar gedeeld: het is een vorm van normalisering van de data. Uit eerder onderzoek (Dekker, 1990) is gebleken, dat spectrale ratio's mogen worden gebruikt, mits aan een aantal voorwaarden is voldaan. Daarvan is de belangrijkste dat de op elkaar te delen golflengte-intervallen dicht bij elkaar moeten liggen. In tabel 3 zijn de resultaten van de simulaties weergegeven.

In afb. 8 (zie de kleurenfoto op de achterzijde van het omslag en de voorplaat) is een ratiobeeld van band 6/band 7 van de PMI afgebeeld. De concentratie-intervallen, zoals in de legenda weergegeven, zijn tot op ca. 10 % nauwkeurig. De Wijde Blik is een zandwinningsput met meestal helder water (zichtdiepten van 2 m of meer). In afb. 8 is een pluim van eutroof water (de groene, gele en rode kleuren) zichtbaar, die de Wijde Blik vanuit het Hilversums Kanaal binnenstroomt. De instroming wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de noordoostelijke wind. In principe watert de Wijde Blik juist af op het Hilversums Kanaal. Waterkwaliteitsanalyse van het Zuiveringsschap Amstel- en Gooiland, in dit

Afb. 4. De uitstraling (van radiantie naar irradiantie omgerekend) uit het water, gemeten op 1000 m hoogte met de PMI intraspectrale mode vanuit een vliegtuig. Dezelfde meetpunten als in afb. 3. Zie tekst voor verdere uitleg.

Afb. 5. De eerste vier spectrale banden (er zijn er in totaal 7) van de Landsat TM satelliet, gesuperponeerd op afb. 3. Per spectrale band wordt per meetpunt slechts één waarde gemeten. Het spectrale detail binnen één band gaat dus geheel verloren.

Afb. 6. De 8 spectrale banden van de Chlorophyll #1 spectrale bandset van de Programmable Multispectral Imager in de beeldvormende mode. (Er bestaan nog meer spectrale bandsets voor ander soort onderzoek, bijv. voor boomvitaliteitsonderzoek). Door meer en nauwere spectrale kanalen kunnen meer spectrale details worden waargenomen.

Afb. 7. De tijdens het Remote Sensing Loosdrechtse Plassen Project ontwikkelde spectrale bandset voor remote sensing-onderzoek van heldere en troebele binnenwateren. Alle kenmerkende spectrale gebieden worden gemeten.

**Tabel 3. Bivariate lineaire regressie-vergelijkingen van optische waterkwaliteitsgegevens met ratio's van de spectrale banden van de Chlorophyll #1 spectrale bandset van de PMI scanner van Moniteq.**

				R
SD	- 56.99	+ 193.19	(P 6/7)	0.98
DW	58.66	- 119.42	(P 1/2)	-0.84
Kd	6.11	- 3.21	(P 5/7)	-0.92
Pigm	135.73	- 89.12	(P 5/7)	-0.97
<b>a</b>	3.26	- 1.88	(P 6/7)	-0.92
<b>b</b>	24.95	- 14.50	(P 5/7)	-0.92

R = lineaire correlatie-coëfficiënt;  
SD = zichtdiepte = Secchi doorzicht; DW = seston drooggewicht;  
Pigm = som van chlorofyl-a en feopigmenten;  
Kd = verticale extinctiecoëfficiënt van het invallende licht;  
**a** = absorptiecoëfficiënt; **b** = verstrooiingscoëfficiënt

kanaal op dezelfde dag als de opname verricht (2 km ten oosten van het instromings-punt), gaven de volgende waarden: drooggewicht: 25 mg.1<sup>-1</sup>; zichtdiepte: 40 cm; som van chlorofyl-a en faepigmenten: 146 µg.1<sup>-1</sup>. De uit het beeld afgeleide concentraties van dezelfde parameters waren: drooggewicht: 31,0 - 34,1 mg.1<sup>-1</sup>; som van chlorofyl-a en faepigmenten: 83 - 92 µg.1<sup>-1</sup>. Als we het afstandsverschil (en mogelijk ook tijdsverschil) tussen de twee soorten metingen in aanmerking nemen, zijn de waarden in goede overeenstemming met elkaar.

Het waarnemen en kwantificeren van deze pluim is een uitstekend voorbeeld van de voordelen van remote sensing voor waterkwaliteit-monitoring en -beoordeling. Tevens is het een illustratie van de problemen die traditionele puntmetingen voor waterkwaliteitsbeoordeling kunnen opleveren. Routine-waterkwaliteitmetingen worden in de Wijde Blik in het midden van de plas uitgevoerd. Zoals uit het beeld blijkt kan een paar honderd meter plaatsverschil

in bemonstering een volledig ander beeld van de waterkwaliteit opleveren. Uit het remote sensingbeeld is in principe een berekening te maken van de instroom aan eutroof water.

De andere plassen in het beeld, met name de Oostelijke Loenderveense Plas, de Westelijke Loenderveense Plas en de Loosdrechtse Plassen, zijn van een veel gelijkmatiger samenstelling. De Waterleiding Plas vertoont wat meer variatie; dit wordt mogelijk veroorzaakt door de inlaat van ijzerrijk grondwater, dat uit de ten zuiden van de plassen liggende Bethunepolder wordt opgepompt.

### Toekomstbeeld

Voor de komende jaren staan er verschillende satellietssystemen voor aardobservatie op het programma. Eén van de ontwikkelingen zal een toename van de spectrale resolutie zijn: er zijn plannen voor satellieten die in smalle spectrale banden het gehele optische spectrum zullen bestrijken. Dit zal het mogelijk maken dat data zoals nu met behulp van de PMI en de CAESAR te verkrijgen zijn in de toekomst op regelmatige basis kunnen worden verkregen. De in het kader van dit soort onderzoek opgedane kennis van het onderwaterlichtklimaat, gecombineerd met de toepassing van remote sensing, maakt het mogelijk in de toekomst waterkwaliteitskartering van de Nederlandse binnenwateren uit te voeren met een hoge mate van betrouwbaarheid.

### Literatuur

Dekker, A.G., Seyhan, E & Malthus, T.J. (1990): The Remote Sensing Loosdrecht Lakes Project Report; BCRS-rapport (Nationaal Remote Sensing Programma); BCRC Delft (in publicatie).  
Dekker, A.G., Malthus, T.J. & Seyhan, E. (1990): Quantitative modelling of inland water quality for high resolution MSS-systems; Trans. Geosc. Remote Sensing, Special Issue: IGARSS'89 Vancouver, July 1989 (in publicatie).  
van Liere, L., Breebaart, L., Kats, W. & Buysse, J.J. (1989): De waterkwaliteit in het Loosdrechtse Plassengebied; CHO-TNO Rapporten en Nota's, 22: 265 - 279.

## FOSSIELEN ZOEKEN OF KOPEN?

door G.J. Boekschoten

Onlangs stond in de *Aufschluss*, het maandblad van de Duitse Vereniging der Vrienden van Mineralogie en Geologie, een advertentie van de Unie van Duitse mineralen- en fossielenhandelaars. Deze is gevestigd aan de Fraunhoferstrasse in Bonn, een adres waarin de lezer misschien al dat van de reeds anderhalve eeuw oude zaak Dr. F. Krantz heeft herkend. De tekst van die advertentie luidt, vrij vertaald: "Vinden is de vreugde van de verzamelaar maar ook de frustratie: wanneer die niet vindt waar naar gezocht wordt. Of wanneer die vindt, dat de verzameling alsmat ernstig incompleet blijft. Of wanneer hij bevindt, dat zijn geduld op is. Terwijl vinden toch zo eenvoudig is, je hebt alleen maar geluk nodig, en goede hulp". De advertentie meldt verder dat leden van genoemde

Unie graag die goede hulp geven. Je zou dan denken dat ze literatuur over vindplaatsen zouden verschaffen, hamers en opbergkasten, geologische kaarten en kompassen. Maar daarmee adverteert de Unie niet. Zij garanderen goed gedetermineerde verzamelstukken met correcte vindplaatsopgaven in hun actuele aanbiedingen. De zinsnede dat "vinden zo eenvoudig is, je hebt alleen geluk nodig" is hiermee gereduceerd tot: je hebt alleen maar geld nodig om geluk te vinden. En deze aanname is in haar absolute vorm al sinds twintig eeuwen herkend als onjuist. Er bestaat dus een probleem: hoeveel geluk kan de verzamelaar van mineralen en fossielen zich aanschaffen?