

## Voorbeeld Toepassing Geofysica voor onderzoek waterkeringen

### Titel

Inzet geofysische meettechniek 'passieve microgolf radiometrie' vanuit de lucht bij de kweldetectie

### Keywords

#piping #kwelweglengte #remote sensing #geofysische karteringstechnieken #julianakanaal

### Indiener voorbeeld

Miramap

### Beoordeeld door:

WVL Robert Slomp en Jan Jaap Heerema in overleg met POV piping

### Aanleiding onderzoek

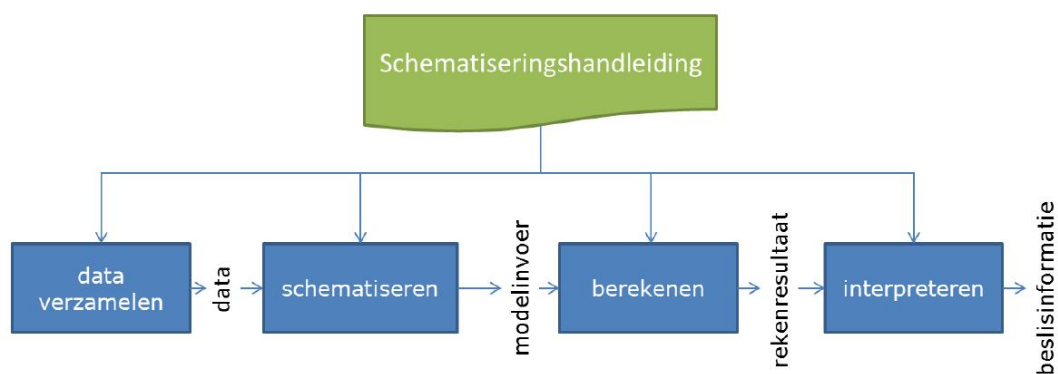
In 2004 is er een verzakking van de kade veroorzaakt door een gesprongen waterleiding bij het Julianakanaal. Door de complexiteit van het gebied en de kunstmatige aanleg van het kanaal is ten tijde van de aanleg waterdichte bodembescherming aangebracht. Bij Rijkswaterstaat was er een vermoeden dat er lekkages van het kanaal waren. Met behulp van Passieve microgolf Radiometrie is in 2007 vervolgens onderzocht waar kwelplekken zijn.

### Doel onderzoek

Het doel van het onderzoek is het detecteren van kwellocaties bij het Julianakanaal. Met het detecteren van kwellocaties kunnen in potentie pipinggevoelige locaties wordt geïdentificeerd.

### Type voorbeeld

Het voorbeeld heeft betrekking op het beoordelingsspoor 'Piping (STPH)'. De meting is toegepast bij aanvang van het beoordelingsproces, bij de fasen 'data verzamelen' en 'interpreteren', zie Figuur 1.



Figuur 1 – Stappenplan voor elke beoordeling (schematiseringshandleiding piping)

De beoordeling wordt tevens opgedeeld in drie fasen, namelijk de eenvoudige toets, de gedetailleerde toets en de toets op maat. De beschreven meting kan worden toegepast in:

1. Eenvoudige toets - Voor locaties waar de rivierafvoer niet maatgevend is (dijken aan zee, Oosterschelde of IJsselmeer) kunnen deze metingen tevens worden ingezet om aan te tonen dat er geen (k)wel is opgetreden tijdens storm omstandigheden.  
Tevens resulteert de meting in het in beeld brengen van kwellocaties en daarmee het (waarschijnlijke) uittredepunt. Het uittredepunt is één van de invoerparameters voor het berekenen van het risico op piping van een dijkvak. Op basis van het uittredepunt (en een aanname van het intredepunt).
2. Gedetailleerde toets - in de gedetailleerde toets kunnen de metingen worden ingezet ter interpretatie (/validatie) van de rekenresultaten. De locaties waar onder 'gemiddeld' hoogwater reeds wellen worden geconstateerd zouden ook in de resultaten van de modellen naar voren moeten komen. Indien dit niet het geval is moet de invoer van de modellen nog eens kritisch beoordeeld worden.
3. Toets op maat - in de toets op maat kan de beoordeling zonder vast kader worden ingevuld. Alle relevante data kan daarmee ingezet worden voor de beoordeling. De passieve microgolf radiometrie kan in deze fase ingezet worden als indicatie van kwelplekken. Vooral bij de toets op maat is de inzet van geofysische monitoringstechnieken in het algemeen en passieve microgolf radiometrie in het bijzonder een waardevolle aanvulling op reguliere waarneming en inspectie. Monitoring kan nauwkeurige waarden van bepaalde parameters opleveren die informatie geven over de toestand van de dijk. Deze parameters kunnen worden gebruikt om zo nauwkeuriger te beoordelen. Door de situatie van de dijk onder, bijvoorbeeld extreme, omstandigheden te monitoren, kan het gedrag onder een bepaalde belasting beter in kaart worden gebracht. Uit recent onderzoek blijkt dat het gebruik van meer datapunten bij een toetsing leidt tot een verbeterde betrouwbaarheid van het beoordelingsresultaat en daarbij bijdraagt aan verbeterde beoordelingskwaliteit.

De metingen zijn binnen dit voorbeeld gebruikt als uitgangspunt voor gerichte visuele inspecties. Deze werkwijze sluit aan bij de WBI-toets op maat, iteratief met de gedetailleerde (model) toetsingen. De techniek is ingezet van grof naar fijn. Nadat vlakdekkend kwelzones zijn gedetecteerd ('hotspots') is vervolgens gedetailleerd lokaal ingezoomd met visuele inspecties. De vervolgstap die in dit voorbeeld niet heeft plaatsgevonden, maar wel wordt geadviseerd binnen het toepassen van het WBI, is het uitvoeren van gedetailleerde geofysische metingen op de locaties van de 'hotspots'. Op die manier wordt vlakdekkend van grof naar fijn ingezoomd, wat de meerwaarde aangeeft van de inzet van deze techniek binnen het WBI. De exacte locaties van probleemplekken, in combinatie met gedetailleerd onderzoek op deze plekken geeft gerichte input voor het WBI.

#### Status voorbeeld

Het voorbeeld dateert uit 2007. De meting is destijds uitgevoerd in opdracht van de Bouwdienst van Rijkswaterstaat. De metingen heeft op meerdere locaties lekkages van de oevers langs het Julianakanaal aangetoond. Dit is gerapporteerd in de rapportage 'Multi-sensor data Julianakanaal - Simultane airborne inwinning van laserhoogtedata en droogtebeelden', opgeleverd in oktober 2007. Vanaf 2013 wordt gewerkt aan de verruiming van het kanaal en worden de oevers en bodem voorzien van een nieuwe waterremmende laag. De metingen uit 2007 zijn gebruikt in de beginfase van deze

verruimingswerken als input voor een modellering van de huidige situatie van het kanaal.

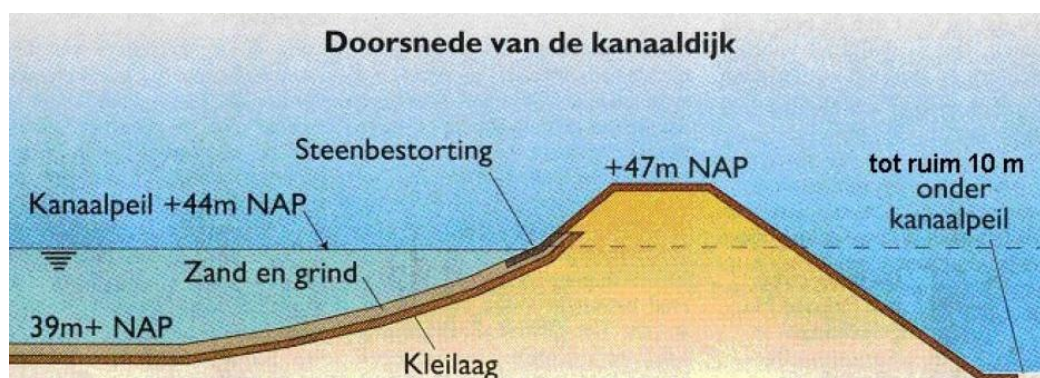
#### Casebeschrijving

De casus betreft de oevers/dijken van het Julianakanaal. Het Julianakanaal loopt parallel aan het onbevaarbare gedeelte van de Maas, de zogeheten Grensmaas. Het kanaal is in de jaren 20 en 30 van de vorige eeuw aangelegd als onderdeel van de kanalisatie van de Maas. Zie Figuur 3b.

Het 75-jar oude Julianakanaal (34 km) van Maasbracht tot Maastricht ligt deels boven het maaiveld tussen twee dijken. Op enkele plaatsen is het kanaal ingegraven in hogere gronden (terrasrand). Zie Figuur 3a en 3c. De ondergrond van het kanaal bestaat voor een groot deel uit grind- en zandhoudende lagen en de geohydrologische situatie is complex. Zo loopt het gedeelte tussen Born en Elsloo pal over een zakkingsgebied van de mijnen. Het kanaal is destijds 'in den droge' aangelegd en bevindt zich veelal boven het omliggende maaiveld. Om lekkage cq. waterverlies uit het kanaal te voorkomen is bij de aanleg op de bodem en oevers van het kanaal een waterremmende bekleding aangebracht. Dit was noodzakelijk vanwege de sterke doorlatendheid van de ondergrond. Rijkswaterstaat was in de veronderstelling dat er geen sprake was van noemenswaardige lekkages en dat het kanaal gezien kon worden als een nagenoeg 'waterdichte bak'.

In 2004 is bij Stein een stuk van de dijk weggezakt als gevolg van een lekkende vergeten waterleiding uit de tijd van de aanleg (zie Figuur 3d).

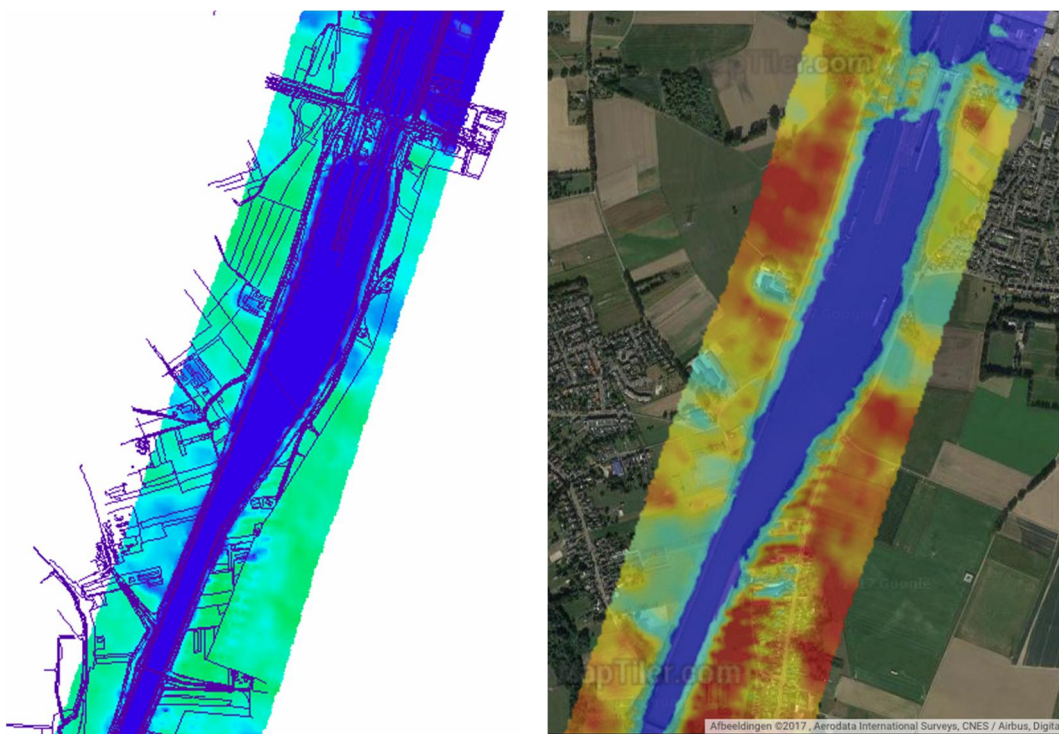
Vanaf 2013 wordt door aannemer de Vries & van de Wiel Kust- en Oeverwerken gewerkt aan het project Verruimen Julianakanaal. Dit project loopt t/m 2018. Hierbij worden ook de oevers en bodem voorzien van een nieuwe waterremmende laag ['Tapijt' leggen op de kanaalbodem. In: Dagblad de Limburger 26 november 2015. <http://julianakanaal.nl/phocadownload/userupload/Artikel%20Dagblad%20de%20Limburger%2026-11-2015.pdf>].





duidde op lekkages van de oevers langs het Julianakanaal.

De interpretatie van de meting is vrij eenvoudig. De meting levert een bodemvochtk kaart op in vol% bodemvocht: een laag vol% duidt op droge bodem (rood/oranje), een hoog vol% duidt op natte bodem (lichtblauw). Water aan de oppervlakte wordt in donkerblauw weergegeven. Zie Figuur 5.



*Figuur 5 – a. Resultaat van de meting met Digitaal Topografisch Bestand (DTB) als ondergrond; b. Resultaat van de meting met luchtfoto als ondergrond.*

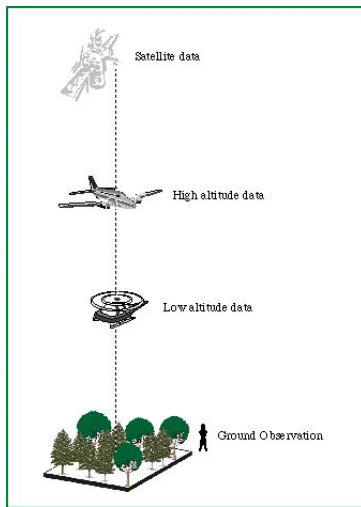
### Beslisproces

Na de gunning van de opdracht door Rijkswaterstaat is het volgende proces doorlopen:

1. Uitvoeren veldmeting
2. Analyseren ingewonnen data
3. Gerichte veldinspectie ter verificatie
4. Rapportage resultaten

De resultaten van de meting zijn tevens door de aannemer gebruikt ter voorbereiding op de verbredingswerken: in de beginfase van de verruimingswerken als input voor de modellering van de huidige situatie van het kanaal.

### Dieptebereik en resolutie



Figuur 2 – Inzet van geofysische meettechnieken van grof naar fijn

In dit voorbeeld wordt de inzet van de techniek ‘passieve microgolf radiometrie’ vanuit de lucht beschreven. Dit levert een vlakdekkend beeld van de locatie van kwelplekken met een grove ruimtelijke resolutie; een eerste indicatie. Tevens is het mogelijk deze techniek zodanig in te zetten dat met vlakdekkende metingen van grof naar fijn wordt gewerkt. Met de metingen vanuit de lucht, of zelfs vanaf satellieten, worden eerst de hotspots gedetecteerd, snel en over grote afstand. De ruimtelijke resolutie van deze metingen is 5-10 meter. Vervolgens wordt door de inzet van dezelfde techniek vanaf de grond (rijdend) en/of de inzet van andere geofysische meettechnieken gedetailleerd lokaal ingezoomd op deze probleemplekken. Deze grondmetingen hebben een ruimtelijke resolutie van <1 meter en geven een zeer gedetailleerd beeld van de ondergrond op de probleemplekken. Zie Figuur 2.

### Benodigde kennis

Voor de interpretatie van de ruwe data is specialistische kennis nodig. De gemeten dielektrische constante wordt namelijk terugvertaald van een enkele waarde per gemeten oppervlak naar een grondopbouw inclusief vernatting per gemeten oppervlak. De geïnterpreteerde data is duidelijk begrijpelijk voor een niet-specialist.

### Kosten/baten

De kosten van het inzetten van deze techniek bedroegen destijds rond de EUR 600 per km, inclusief data-uitwerking. De baten zijn kwalitatief te benoemen. De baten van het inzetten van deze geofysische techniek voor de beheerder zijn:

1. Snel. In twee uur vliegen zijn beide oevers van het hele Julianakanaal in kaart gebracht. De snelle beschikbaarheid van informatie kan een groot voordeel zijn bij het beperken van de gevolgen van calamiteiten, of het voorkomen van calamiteiten;
2. Gedetailleerd. Er is een gedetailleerd beeld gevormd van de locaties van kwelzones. De ruimtelijke resolutie van de metingen is ca 5 meter. Door inzet op deze ‘hotspots’ van (andere) geofysische meettechnieken met een resolutie < 1 meter kan vervolgens van grof naar fijn worden gewerkt;
3. Onder het maaiveld. Met deze techniek wordt de vochtsituatie onder het maaiveld vastgelegd, die niet met het blote oog waarneembaar is;
4. Niet-destructief. Met de techniek hoeft niet te worden geboord of gegraven om een beeld te krijgen van het vochtgehalte van de ondergrond;

5. Veilig. De metingen worden vanuit de lucht uitgevoerd, waardoor inspecteurs niet blootgesteld worden aan de mogelijke gevaren die bij terrestrische metingen en visuele inspecties kunnen bestaan ingeval van calamiteiten.

#### Dilemma's en gevoeligheidsanalyse

Het onderzoek maakte geen deel uit van het beslisproces.

#### Verificatie

Vanuit een vliegtuig zijn simultaan meerdere sensoren ingezet, ter detectie van het vochtgehalte in en achter de dijk en bepaling van de hoogte van dijk en achterland. Zie Figuur 4a. De voor dit voorbeeld belangrijkste sensortechniek is passieve microgolf radiometrie. Dit is een uit de ruimtevaart afkomstige geofysische techniek waarmee tot op een diepte van maximaal één meter bodemvocht (vocht in de ondergrond) kan worden gedetecteerd. Vanaf een vlieghoogte van 300 meter zijn over een lengte van 34 km beide oevers ingewonnen. Zie Figuur 4b. Verificatie wordt tevens in het veld gedaan.



*Figuur 4 – a. Vliegtuig van waaruit de metingen zijn verricht; b. Werking van de sensor in het vliegtuig.*

#### Rekenfiles en documentatie

De volledige resultaten zijn on-line in te zien op:  
<http://miramap.com/userfiles/dsgmaps/juliana/index.html#Juliana/gmapsmaptiler.embed>

#### Filmpje

Over de inzet van passieve microgolf radiometrie door Rijkswaterstaat voor de detectie van kwelzones is een film gemaakt voor het RTL4 nieuws:  
<https://www.youtube.com/watch?v=3hGHpZ9M-ic&t=10s>

# # #