

stowa

INVENTARISATIE VAN BIJZONDERE TECHNIEKEN
TER ONDERSTEUNING VAN DE INSPECTIE
VAN (VERDROOGDE) VEENKADEN

INSPECTIETECHNIEKEN VOOR DROGE VEENKADEN



RAPPORT

2004
35

INSPECTIETECHNIEKEN VOOR DROGE VEENKADEN

RAPPORT

2004
35

ISBN 90.5773.281.5



stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 030 232 11 99 FAX 030 232 17 66
Arthur van Schendelstraat 816
POSTBUS 8090 3503 RB UTRECHT

Publicaties en het publicatie overzicht van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Fulfilment POSTBUS 1110, 3300 CC Zwijndrecht,
TEL 078 62 30 500 FAX 078 610 610 42 87 EMAIL info@hageman.nl
onder vermelding van ISBN of STOWA rapportnummer en een duidelijk afleveradres.

COLOFON

Utrecht, december 2004

UITGAVE STOWA, Utrecht

RAPPORT Inspectietechnieken voor droge Veenkaden

PROJECTUITVOERING

Alterra, o.a. J.J.H. van den Akker (bijdrage aan resultaat hoofdstuk 2)

GeoDelft, o.a. J.W. de Feijter (bijdrage aan resultaat hoofdstuk 2)

G.A.M. Kruse – GeoDelft (hoofdstuk 4)

D. van der Roest – MAP Surveying bv (bijlage 1)

T. Vos – Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (bijlage 1)

TNO-NITG, o.a. H.J.T. Weerts (bijdrage aan resultaat hoofdstuk 2)

W. Zomer en S. Bakkenist – Infram (organisatie Kennisdag en bijlage 3, 4, 5 en 7)

Henk van Hemert - STOWA (redactie)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE / KLANKBORDGROEP

P. van den Berg (voorzitter) - Hoogheemraadschap van Rijnland / voorzitter STOWA programma-commissie Waterwieren

C. van Ackooij – Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden

E. Bongaards – waterschap Wilck en Wiericke

H. Drenkelford – Hoogheemraadschap van Delfland

S. Gardien – waterschap Hunze en Aa's

R. Joosten – Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

P. Nijenhuis – waterschap Vallei en Eem

R. Taffijn – Hoogheemraadschap van Schieland

J. Teeuw – Hoogheemraadschap van Amstel, Gooi en Vecht

L. Zijlstra – wetterskip Fryslân

J. Scholtes – Unie van Waterschappen

H. Eikelenboom – provincie Noord - Holland

A.K. Evers – provincie Utrecht

E. Hazenoot – provincie Utrecht

J. Westerhoven – provincie Zuid – Holland

W. de Vries – TAW - coördinator wetterskip Fryslân (vanaf mei 2004)

J. Weijers – RWS DWW

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

FOTO W. Lucassen

STOWA rapportnummer 2004-35
ISBN 90.5773. 281.5

Dit onderzoek vormt onderdeel van het onderzoeksprogramma
“Droogte onderzoek Veenkaden”,

TEN GELEIDE

ALGEMEEN

Gedurende de uiterst droge zomer van 2003 verschoof eind augustus in Wilnis een veenkade. Enkele dagen later volgde de afschuiving van een veenkade nabij Terbregge. Uiteindelijk vonden gedurende de nazomer van 2003 op ca. 50 locaties serieuze vervormingen van veenkaden plaats. De langdurige droogte vormde een belangrijke oorzaak voor deze doorbraken en vervormingen. Op basis van deze gebeurtenissen is “langdurige droogte” als belastingsituatie geïdentificeerd. Een nieuwe belastingsituatie die zelfs maatgevend kan zijn, gezien de doorbraken van 2 veenkaden. Vanwege de onbekendheid met deze belastingsituatie, ontstonden bij de waterschappen enkele urgente vragen betreffende de veiligheid van verdroogde (veen-) kaden. Op verzoek van de Unie van Waterschappen heeft de STOWA in overleg met de waterschappen begin september het initiatief genomen tot uitvoering van een onderzoeksprogramma. Doelstelling van het “Droogte onderzoek veenkaden” was de snelle beantwoording van de urgente vragen van de waterschappen. Medio oktober 2003 zijn de vragen beantwoord. Vervolgens is besloten tot verlenging van het onderzoeksprogramma. De tweede fase van het onderzoek is gericht op het ondersteunend adviseren van de waterschappen betreffende denkbare voorbereidingen op de zomer van 2004, in potentie een periode waarin de belastingsituatie “droogte” opnieuw de veiligheid van veenkaden zou kunnen bedreigen. De betreffende adviezen zijn in mei en juni 2004 gerapporteerd.

De totale rapportage van het onderzoeksprogramma (zie tabel 1) omvat:

- een eindrapport: een beschrijving van de belangrijkste conclusies van het onderzoeksprogramma presenteert, en de samenhang van alle verschillende deelonderzoeken en -activiteiten;
- een hoofdrapport: een samenvattende aanbeveling voor het beheer en de inspectie van veenkaden tijdens droogte, op basis van een synthese van de verschillende bevindingen van alle deelonderzoeken en -activiteiten;
- 7 deelrapporten: rapportage van de ondersteunende adviezen zoals die tijdens het onderzoek zijn uitgebracht;

doel van deze adviezen was steeds het tijdig informeren van de waterschappen over ontwikkelde inzichten, omwille van deze tijdigheid hebben de rapporten overwegend een conceptueel karakter;
- 6 achtergrondrapporten met de feitelijke rapportage van de deelonderzoeken;

deze resultaten zijn gebruikt bij het samenstellen van de deelrapporten.

DIT RAPPORT

Het voorliggende rapport “**Inspectietechnieken voor droge veenkaden**” presenteert de resultaten van de eerste en tweede fase van het onderzoeksprogramma. Het rapport vormt een betrekkelijk feitelijke bundeling van de resultaten van de verschillende deelonderzoeken van het onderzoeksprogramma, en omvat bijdragen van verschillende deskundigen

TABEL 1

OVERZICHT RAPPORTAGE DROOGTE ONDERZOEK VEENKADEN

Hoofdrapporten

2005 - 02	Onderzoeksprogramma Droogteonderzoek Veenkaden
2005 - 03	Naar een draaiboek voor veenkaden bij droogte

Deelrapporten

2004 - 06	Beslissingsondersteuning inspectie van verdroogde veenkaden
2004 - 07	De stabiliteit van veenkaden: stand van zaken
2004 - 08	Droogteonderzoek Veenkaden korte termijn in retrospectief
2004 - 12	Bomen op verdroogde boezemkaden
2004 - 15	Hoe droog is het?
2004 - 17	Kwetsbaarheid van veenkaden voor droogte
2004 - 18	Veiligheid van veenkaden: denkbare (nood-) maatregelen

Achtergrondrapporten

2004 - 34	Grondonderzoek veenkaden
2004 - 35	Inspectietechnieken voor droge veenkaden
2004 - 36	Aandachtsgebieden veenkaden
2004 - 37	Stabiliteit van veenkaden tijdens droogte: case studie
2004 - 38	Natuurlijke herbevochtiging van verdroogde veenkaden
2004 - 39	Versnelde herbevochtiging verdroogde veenkaden

WOORD VAN DANK

Het onderzoeksprogramma is uitgevoerd in samenspraak met de STOWA programmacommissie Waterweren en een sectorale klankbordgroep bestaande uit vertegenwoordigers van waterschappen en provincies.

Aan het gehele onderzoeksprogramma "Veenkaden" is bijgedragen door deskundigen van verschillende instituten, adviesbureaus, waterschappen, overheidsorganisaties en provincies. Gedurende het onderzoek was sprake van een constructieve samenwerking tussen de betrokken deskundigen. De resulterende effectieve combinatie van inzichten uit de verschillende expertises heeft in belangrijke mate bijgedragen aan de snelle en zorgvuldige beantwoording van de urgente vragen van de waterkeringbeheerders. Het is dankzij deze pragmatische aanpak dat de STOWA erin is geslaagd om, reeds binnen enkele weken na de doorbraak van de veenkade bij Wilnis en Terbregge, de urgente vragen van de waterschappen afdoende te beantwoorden.

Een woord van dank gaat dan ook uit naar alle direct betrokken deskundigen van de verschillende instituten en adviesbureaus, speciale waardering gaat uit naar de doelgerichte en pragmatische aanpak tijdens de uitvoering van het onderzoeksprogramma.

De STOWA heeft het onderzoeksprogramma kunnen uitvoeren dankzij een extra financiële bijdrage van de gezamenlijke waterschappen.

ir. J.M.J. Leenen
Directeur STOWA
December 2004

VOORWOORD

Direct na de identificatie van langdurige droogte als nieuwe, mogelijk zelfs maatgevende belastingsituatie dienden de waterschappen op korte termijn grote kadestrekkingen te inspecteren. In het kader van het droogte onderzoek is een eerste prioritering van kaden voor inspectie aangebracht door identificatie van gebieden waar eventueel aanwezige kaden kwetsbaar zijn voor verdroging (op basis van omgevingskenmerken). Ondanks deze eerste indeling resteerde een aanzienlijke kadelengte, waarvan de visuele inspectie een enorme inspanning zou vergen. Indien inspectie bovendien kritieke situaties zou aantreffen, die een verhoogde waakzaamheid (hoge frequentie van de visuele inspectie) vereisen, zou de benodigde inspanning voor inspectie van de kaden nog eens verder toenemen. Zodoende is in beide fasen van het “Droogte onderzoek Veenkaden” aandacht besteed aan de mogelijkheden tot ondersteuning van de visuele inspectie van (verdroogde) veenkaden door bijzondere inspectietechnieken. De eerste fase van het onderzoek omvatte onder andere de vraag welke (operationele) bijzondere technieken de visuele inspectie van verdroogde veenkaden kunnen ondersteunen. In deze fase is een snelle inventarisatie van technieken uitgevoerd, inclusief het opstellen van aanbevelingen voor een meetstrategie.

Aanvankelijk was de STOWA voornemens een uitgebreide proef met meerdere technieken uit te voeren. Om verschillende redenen is afgezien van een dergelijk proef. Op basis van de resultaten van de inventarisatie is echter wel geconcludeerd dat bijzondere inspectietechnieken (in theorie) een belangrijke (ondersteunende) bijdrage kunnen leveren aan de inspectie van verdroogde veenkaden en waterkeringen in het algemeen. Teneinde de waterkeringbeheerders goed te informeren over de (on-) mogelijkheden van bijzondere inspectietechnieken, is zodoende een kennisdag “Bijzondere Inspectietechnieken voor Waterkeringen” georganiseerd. Doel van deze dag was de kennismaking van beheerders van waterkeringen met de mogelijkheden van verschillende technieken voor de inspectie en monitoring van waterkeringen.

In dit rapport worden alle resultaten van de verschillende activiteiten van het onderzoeksprogramma (zowel eerste als tweede fase) die betrekking hebben de op bijzondere inspectietechnieken gerapporteerd. Het rapport betreft een betrekkelijk feitelijke bundeling van de bijdragen van (combinaties van) deskundigen aan de verschillende (deel-) activiteiten.

Bij de voorbereiding voor de kennisdag is dankbaar gebruik gemaakt van de studie ‘Inventarisatie Informatiebehoefte waterkeringbeheer’, uitgevoerd door RWS Meetkundige Dienst (tegenwoordig: Adviesdienst voor Geo-informatie en ICT). In vervolg op dit deelonderzoek van het onderzoeksprogramma wordt thans een onderzoek uitgevoerd door RWS DWW, in samenwerking met de STOWA, gericht op de huidige wijze van inspectie van waterkeringen, en de mogelijke ondersteuning of zelfs verbetering daarvan met behulp van bijzondere technieken. Het Plan van Aanpak (DWW rapport 2004 059) is in juli 2004 verschenen, de eerste resultaten worden voorjaar 2005 verwacht.

L.R. Wentholt en H. van Hemert

SAMENVATTING

In het kader van het “Droogte onderzoek Veenkaden” is allereerst onderzocht of toepassing van bijzondere technieken de visuele inspectie van verdroogde veenkaden kan ondersteunen. Hiertoe is een snelle inventarisatie uitgevoerd van (operationele) inspectietechnieken. De inventarisatie heeft geresulteerd in meerdere technieken, gericht op verschillende faalverschijnselen of indicatoren van de veiligheid van kaden, zoals bijvoorbeeld het optreden van vervorming, vochtigheid / waterspanningen en de (bodem-) opbouw van het dijklichaam en de ondergrond.

Inzet van bijzondere technieken voor inspectie tijdens kritieke situaties stelt belangrijke eisen aan de inspectietechniek: de observaties moeten snel geïnterpreteerd kunnen worden en bovendien een hoge nauwkeurigheid hebben teneinde voldoende onderscheidend zijn. Geen van de technieken voldoet volledig aan al dergelijke eisen. Zodoende is een meetstrategie afgeleid, waarbij eerst snelle en meer globale technieken worden toegepast voor een snelle inspectie van de kaden in het gehele (risicovolle gedeelte van het) beheersgebied. Verdachte kadevakken kunnen vervolgens lokaal worden geïnspecteerd met technieken met een lagere capaciteit (in termen van kadelengte) maar met een hogere nauwkeurigheid. Zodanig kan vervolgens ter plaatse van kritieke kadevakken met gedetailleerde technieken specifiek onderzoek naar de veiligheid van de kade plaatsvinden.

Uit een inventarisatie is gebleken dat waterkeringbeheerders maar beperkt ervaring hebben met de toepassing van bijzondere inspectietechnieken. Onder de beheerders heerst enige onzekerheid of zelfs onbekendheid met de mogelijkheden van een techniek en met name de praktische bruikbaarheid van de inspectieresultaten. Dit lijken belangrijke beperkingen voor toepassing van technieken. In het kader van dit onderzoek is één techniek (thermisch infra-rood) beproefd.

Vervolgens is een kennisdag “Bijzondere technieken voor inspectie van waterkeringen” georganiseerd. Gedurende de kennisdag zijn de mogelijkheden van een groot aantal verschillende technieken gepresenteerd aan een grote groep van waterkeringbeheerders. Dit betrof zowel technieken die een waterkering oppervlakkig (vanaf de grond of “air-born”) inspecteren en technieken die een waterkering inwendig inspecteren.

Aanvullend is een verkennende studie uitgevoerd naar de afstemming tussen bijzondere inspectietechnieken en de interpretatie ten aanzien van de actuele veiligheid van een waterkering, ofwel de noodzaak tot het nemen van (nood-) maatregelen. Met name ten aanzien van het faalmechanisme macro-stabiliteit (incl. weg- of afschuiven) wordt geconstateerd dat inspectietechnieken zich niet op het faalmechanisme zelf, maar op gerelateerde faalverschijnselen richten. Voor een juiste diagnose is zodoende gedegen inzicht in het reguliere gedrag van een waterkering vereist. Zonder een dergelijke referentie is een juiste interpretatie van de inspectieresultaten gecompliceerd, en is met name de beslissing ten aanzien van de noodzaak tot het nemen van (nood-) maatregelen niet eenvoudig. Het lijkt voorlopig dus een utopie dat tijdens kritieke situaties **uitsluitend** op basis van inspectie met een (bijzondere) techniek de veiligheid van een kade juist kan worden ingeschat en een correcte beslissing omtrent de noodzaak tot het nemen van (nood-) maatregelen kan worden genomen. Goede kennis van de kwaliteit en het reguliere gedrag van een waterkering, in combinatie met de bodemopbouw en optredende grondwaterstanden, blijft noodzakelijk. Dergelijke kennis kan bijvoorbeeld worden opgebouwd op basis van langdurige registratie van de optredende vervormingen en freatische grondwaterstanden. Verschillende technieken kunnen de beheerder zeker ook goed ondersteunen bij het opbouwen van dit inzicht.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n zes miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 030 -2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	VOORWOORD	
	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
1.1	AANLEIDING VOOR HET DEELONDERZOEK “INSPECTIE DROGE VEENKADEN”	1
1.2	UITWERKING VAN HET DEELONDERZOEK	1
1.3	LEESWIJZER	2
2	INSPECTIETECHNIEKEN EN MEETSTRATEGIE	3
2.1	AANBEVELINGEN MEETSTRATEGIE MET BIJZONDERE TECHNIEKEN	3
2.2	INVENTARISATIE VAN ERVARINGEN MET BIJZONDERE TECHNIEKEN	6
2.3	PROEF MET THERMISCH INFRA-ROOD SCANNING	8
3	KENNISDAG INSPECTIETECHNIEKEN	9
3.1	AANLEIDING	9
3.2	KENNISDAG BIJZONDERE TECHNIEKEN VOOR INSPECTIE WATERKERINGEN	9

4	INTERPRETATIE VAN INSPECTIERESULTATEN	11
4.1	AANLEIDING	11
4.2	INLEIDING	12
4.3	HUIDIGE INSPECTIE BIJ DREIGENDE OMSTANDIGHEDEN	13
4.4	OMSTANDIGHEDEN EN WAARNEMEN	14
	4.4.1 Opmerkingen over verschijnselen, toestand en processen	14
4.5	WAARNEMEN	15
	4.5.1 Algemeen	15
	4.5.2 Inspectie in het terrein	16
	4.5.3 Remote sensing	17
4.6	WAARNEMEN VAN VERVORMING	17
	4.6.1 Algemeen	17
	4.6.2 Visuele terreinwaarnemingen	17
	4.6.3 Instrumentele terreinwaarnemingen op en in de grond	19
	4.6.4 Remote sensing waarnemingen	19
4.7	SAMENGEVATTE BEVINDINGEN	20
	BIJLAGEN	
1	Onderzoek met inspectietechniek thermisch infra-rood	
2	Kennisdag Bijzondere Inspectietechnieken Waterkeringen: verslag	
3	Kennisdag Bijzondere Inspectietechnieken Waterkeringen: evaluatie	
4	Samenvatting onderzoeksresultaten "inventarisatie Informatiebehoefte Waterkeringbeheer / Dijkdeformatie"	
5	Presentaties Informatiebehoefte waterkeringsbeheerders	
6	Presentaties over verschillende technieken	
6.1	Glasvezel – sensortechnologie: enkele mogelijkheden voor monitoring van dijken	
6.2	Laser altimetrie en waterkeringen	
6.3	Satellietbeelden in inspectie en handhaving waterkeringen	
6.4	Patroon en anomalie herkenning door combinatie van verschillende air-borne Remote Sensing technieken	
6.5	Tracer, grondradar en CableScan	
6.6	Deformatie metingen met interferometrische SAR	
6.7	Thermisch infrarood en waterkeringen	
6.8	Preventief beheer	
7	Overzicht van technieken	
8	Interpretatie van observaties (presentatie G. Kruse)	
9	Foto impressie Kennisdag	

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING VOOR HET DEELONDERZOEK “INSPECTIE DROGE VEENKADEN”

Gedurende de zomer van 2003 is langdurige droogte als nieuwe belastingsituatie geïdentificeerd. Doorbraken van veenkaden bij Wilnis en Terbregge hebben aangetoond dat deze belastingsituatie voor veenkaden zelfs maatgevend kan zijn. Vanwege de onbekendheid met de belastingsituatie “langdurige droogte” en (in mindere mate) het opgetreden faalmechanisme, is niet zeker welke faalverschijnselen duiden op het naderende bezwijken van een verdroogde veenkade. De waterkeringbeheerders stonden zodoende voor de vraag of de reguliere aandachtspunten bij visuele kade-inspectie voldoende zijn voor een betrouwbare beoordeling van de sterkte van verdroogde veenkaden, of dat aanvullende kenmerken of indicatoren in het inspectieprogramma moeten worden opgenomen.

Bovendien dienden de waterkeringbeheerders op korte termijn na beide kadeverschuivingen alle kaden te inspecteren waarvan de sterkte mogelijk kwetsbaar is voor langdurige droogte. Dit betrof alle veenkaden en kaden op veenondergrond, waarvan de totale lengte volgens eerste schattingen orde grootte 3000 à 4000 km bedroeg. De visuele inspectie van een dergelijke kadelengte vergt een enorme inspanning, zeker wanneer uit de eerste (inventariserende) inspectie zou blijken dat voor een deel van de kadevakken verhoogde waakzaamheid (= hogere frequentie inspectie) benodigd is.

1.2 UITWERKING VAN HET DEELONDERZOEK

In het kader van het deelonderzoek “Inspectie van droge veenkaden” zijn tijdens de eerste fase van het droogteprogramma door enkele deskundigen algemene aandachtspunten geformuleerd voor de inspectie van verdroogde veenkaden. Deze afleiding van aandachtspunten is uitgevoerd in samenhang met het deelonderzoek betreffende “Beslissingsondersteuning inspectie droge veenkaden”. Aanvullend zijn aanbevelingen gedaan voor een strategie voor de inspectie van verdroogde kaden, waarbij speciaal aandacht is besteed aan de mogelijkheden tot ondersteuning van de visuele inspectie door bijzondere technieken, zoals bijvoorbeeld remote sensing. Opgemerkt wordt dat aan het opstellen van deze aanbevelingen geen uitgebreide studie ten grondslag heeft gelegen. Uitgangspunt bij deze activiteit was vooral het snel (binnen enkele dagen) samenstellen van een strategie, welke niet noodzakelijkerwijs een volledig overzicht van alle beschikbare technieken diende in te houden.

In de tweede fase van het onderzoeksprogramma is een kennisdag “Bijzondere Inspectietechnieken Waterkeringen” georganiseerd. Tevens is een verkennende studie uitgevoerd naar de interpretatie van inspectieresultaten, met name wat betreft de beslissing omtrent de noodzaak tot het nemen van (nood-) maatregelen.

Conclusies en aanbevelingen van deze activiteiten zijn verwerkt in de verschillende adviezen die tijdens het onderzoek zijn uitgebracht, zowel schriftelijk (in deelrapporten en de speciale editie van het WATERSchap) als tijdens bijeenkomsten van de projectgroep.

1.3 LEESWIJZER

Dit rapport presenteert alle resultaten van de verschillende activiteiten. Het betreft een feitelijke bundeling van de resultaten, zonder algemene conclusies op basis van een synthese van de verschillende resultaten van alle activiteiten.

Tijdens de eerste fase van het onderzoek zijn in het kader van dit deelonderzoek 3 activiteiten uitgevoerd: dit betreft de volgende activiteiten:

- inventarisatie van meettechnieken, en aanbevelingen ten aanzien van een meetstrategie;
- een inventarisatie van bestaande ervaringen van waterschappen met de toepassing van bijzondere inspectietechnieken;
- een proef met inspectie van een waterkering met behulp van thermisch infra-rood.

Hoofdstuk 2 beschrijft de resultaten van deze activiteiten.

Op basis van de resultaten van de eerste fase is besloten een kennisdag over bijzonder inspectietechnieken te organiseren. Hoofdstuk 3 geeft een beknopte beschrijving van deze Kennisdag, een verslag is opgenomen in bijlage 2. In de bijlagen zijn tevens de belangrijkste resultaten gepresenteerd. Dit betreft:

- de resultaten van de inventarisatie van de behoefte aan informatie van waterkeringbeheerders;
- een algemeen overzicht van inspectietechnieken voor zowel waterkeringen als waterkerende kunstwerken, ingedeeld per faalmechanisme en faalverschijnsel;
- presentaties over enkele technieken.

Hoofdstuk 4 beschrijft de resultaten van een oriënterende studie naar de wijze waarop observaties geïnterpreteerd dienen te worden ten aanzien van het inschatting van de sterkte van de waterkeringen, en de eventuele noodzaak tot het nemen van (nood-) maatregelen.

2

INSPECTIETECHNIEKEN EN MEETSTRATEGIE

2.1 AANBEVELINGEN MEETSTRATEGIE MET BIJZONDERE TECHNIEKEN

In het algemeen kunnen ten aanzien van de toepassing van bijzondere inspectietechnieken twee situaties worden onderscheiden:

- inspectie tijdens kritieke situaties (hoogwater, en nu ook: langdurige droogte), gericht op de observatie van faalverschijnselen cq. indicatoren van een naderend bezwijken van de waterkering;
- reguliere inspectie, gericht op de algemene toestand van de waterkering.

De aanbevelingen voor de meetstrategie zijn gericht op de eerste situatie. Deze situatie stelt aanmerkelijk zwaardere eisen aan de inspectietechniek, speciaal:

- de inzetbaarheid van de inspectietechniek, met name de weersomstandigheden waarbij de inspectie kan worden uitgevoerd: inspecties bij kritieke situaties kan men immers niet uitstellen vanwege weersomstandigheden;
- de tijdsduur tussen de inspectie en de beschikbaarheid van de resultaten.

Ten aanzien van de vereiste snelheid waarmee de resultaten van een inspectietechniek beschikbaar moeten zijn, wordt illustratief verwezen naar de verschuiving in Wilnis en de gedeeltelijke afschuiving bij Stein (Limburg): daags voor de ver- en afschuiving zijn nog geen faalverschijnselen aangetroffen.

Samenvattend dient een inspectietechniek gericht op de veiligheid van waterkeringen **tijdens kritieke situaties** dus vooral snel een voldoende betrouwbaar en voldoende onderscheidend beeld te geven over de veiligheid van de waterkering over grote lengten kadestrekkingen. Vooralsnog lijkt geen van de geïnventariseerde inspectietechnieken deze specificaties te combineren. Zodoende wordt een meetstrategie aanbevolen met 3 schaalniveau's. Elk schaalniveau stelt specifieke eisen aan de capaciteit van een inspectietechniek. Algemeen neemt het onderscheidend vermogen toe met een lager schaalniveau, maar neemt de snelheid van de techniek ofwel capaciteit in termen van kadelengte per tijdseenheid af. De onderscheiden schaalniveau's zijn:

- 1^{ste} schaalniveau: beheersgebied; de snelle inspectie van kaden in (risicovolle delen van) het beheersgebied, gericht op het selecteren van verdachte kadevakken;
- 2^{de} schaalniveau: dijkvak; de lokale inspectie van een (verdacht) dijkvak;
- 3^{de} schaalniveau: dwarsprofiel; detailonderzoek gericht op vaststelling van de (grondmechanische en geohydrologische) eigenschappen van het dijklichaam en de ondergrond.

Deze indeling is gebaseerd op een strategie waarbij eerst op snelle wijze grote kadelengten worden geïnspecteerd (1^{ste} schaalniveau). Uit deze inspectie volgt snel een globale indruk over de situatie ter plaatse van de geïnspecteerde kadevakken. Naar verwachting kunnen de bedreigde kadevakken op basis van deze informatie niet worden onderscheiden, maar zal hooguit sprake zijn van een inventarisatie van kadevakken waar het algemene beeld afwijkt van de overige kadevakken. Een aangetroffen afwijking geeft niet direct een indruk over de stabiliteit van een kade, maar maakt een kade wel verdacht. Vervolgens dient met een

nauwkeuriger (en meer onderscheidende) inspectietechniek op de betreffende vakken een lokale inspectie te worden uitgevoerd (2^{de} schaalniveau). Indien deze inspectie een mogelijke verzwakking van de waterkering aantoont of tenminste faalverschijnselen die daarop duiden, kan vervolgens desgewenst lokaal onderzoek worden uitgevoerd naar de stabiliteit van een waterkering. Dit 3^{de} schaalniveau betreft dan het gedetailleerd vaststellen van de (grondmechanische en geohydrologische) eigenschappen van het dijklichaam en de ondergrond.

Volledigheidshalve wordt opgemerkt dat bij een onomstotelijke vaststelling van een naderend bezwijken van een kade op bijvoorbeeld het 1^{ste} schaalniveau, uiteraard niet (noodzakelijkerwijs) eerst onderzoek op de onderliggende schaalniveau's moet worden uitgevoerd. Indien een mogelijk falen van de waterkering voldoende overtuigend is aangetoond, kan vanzelfsprekend direct worden overgegaan tot het nemen van (nood-) maatregelen.

De inventarisatie van technieken is uitgevoerd door een groep van enkele experts van verschillende instituten, adviesbureau's en aanbieders van technieken. De resultaten zijn gepresenteerd in tabel 2.1.

TABEL 2.1 OVERZICHTSTABEL MEETTECHNIEN INSPECTIE (VEEN-) DIJKEN

Doelstelling / Schaalniveau	Activiteit	Capaciteit bij routinematige inzet
1 ^{ste} Niveau Selecteren van kadevakken door snelle inspectie van lange dijktracés in (het risicovolle deel van) het beheersgebied	<ul style="list-style-type: none"> Opsporen van gradiënten van natte of juist droge gebieden in dijken door middel van thermische metingen (vliegen) gecombineerd met visuele inspectie. 	300 km
	<ul style="list-style-type: none"> Opsporen van natte of juist droge dijkdelen door middel van grondradar (hoogfrequent; 150 – 250 MHz) in combinatie met EM tracer (ook locatiespecifiek inzetbaar) 	40 km onder ideale omstandigheden; ca. 10 gemiddeld
	<ul style="list-style-type: none"> Karteren van interne opbouw van het dijklichaam door middel van grondradar (laagfrequent; 25 – 50 MHz), resolutie afhankelijk van omstandigheden 0.3 – 1 m (ook locatiespecifiek inzetbaar) Karteren van de interne opbouw van het dijklichaam door EM metingen (om de 5 m een meting; inzicht tot 6 m diep, resolutie ordegrootte m) 	Idem 5 km
2 ^{de} Niveau Gedetailleerde en locatiespecifieke inspectie van verdachte dijkdelen	<ul style="list-style-type: none"> Gedetailleerde kartering van de interne opbouw van het dijklichaam door 2D geoelectrische metingen; resolutie van 0.2 m aan oppervlak tot ruim 0.5 m op 6 m diepte 	Enkele 100-en m
	<ul style="list-style-type: none"> Gedetailleerde 3D kartering van de interne opbouw van het dijklichaam door 3D geoelectrische metingen; resolutie idem 	Enkele 10-tallen ha.
	<ul style="list-style-type: none"> Gedetailleerde kartering van de opbouw van het dijklichaam door sonderingen, en andere sondes (optie) zoals voor elektrische geleidbaarheid, temperatuur, vochtprofiel[Soil Moisture Probe], GeoScoop, gecombineerd met handboringen Tomografie met boorgatradar om ruimtelijke vochtverdeling over een groot volume in situ te meten; eerst plastic buizen plaatsen; ook geschikt voor monitoring in de tijd 	5 à 10 prikken per dag afhankelijk van locatie, type sonde en diepte 1 à 2 locaties per dag vanuit drie buizen per locatie
	<ul style="list-style-type: none"> Gedetailleerde kartering van de opbouw van het dijklichaam door middel van Consoli-Test (zeer ondiepe seismiek m.b.v. oppervlaktegolven); met deze techniek zijn nog geen ervaringen opgedaan bij een venige profielopbouw. 	Enkele 100-en m
3 ^{de} Niveau Bepaling van de eigenschappen van het dijklichaam door in-situ monitoring en laboratorium-bepalingen	<ul style="list-style-type: none"> Plaatsen + monitoren van waterspanningsmeters om vochtspanningsprofiel in het dijklichaam vast te stellen 	Het gaat bij alle hier genoemde technieken niet om inspectietechnieken; capaciteit in de zin van aantallen m per dag is niet van toepassing
	<ul style="list-style-type: none"> Metten van geleidbaarheid van bodem/grondwater en water in de waterloop om herkomst van het bodem/grondwater in het dijklichaam vast te stellen 	
	<ul style="list-style-type: none"> Plaatsen van gasmeters om de aanwezigheid van gas in het dijklichaam vast te stellen (snelle methode om de aanwezigheid van gas vast te stellen) 	
	<ul style="list-style-type: none"> Nemen van monsters voor en bepalen van hydrofobie/wettingrate (actueel + potentieel) 	Hoog, veel
	<ul style="list-style-type: none"> Nemen van monsters voor krimpmetingen / bepalen van krimpmetingen in laboratorium (nodig in verband met voorspelling van de verwachte verzwakking en hersteltijd); middellange termijn Nemen van monsters voor en bepalen van de vochtgehalte – vochtspanning karakteristiek in het laboratorium (basis om herbevochtigingstijd voorspellen) 	Beperkt Beperkt

De aangegeven capaciteit betreft de dagelijkse capaciteit bij een routinematige inzet.

2.2 INVENTARISATIE VAN ERVARINGEN MET BIJZONDERE TECHNIEKEN

De aanvankelijke doelstelling van dit deelonderzoek betrof tevens de uitvoering van een proef met bijzondere inspectietechnieken. Ter voorbereiding op deze proef is in september 2003 een inventarisatie uitgevoerd naar ervaringen van waterkeringbeheerders met toepassing van bijzondere technieken voor de inspectie van waterkeringen. De resultaten van de inventarisatie zijn gepresenteerd in tabel 2.2. Om eventuele dubblures in het onderzoek te voorkomen, is bij de inventarisatie tevens gevraagd of de betreffende beheerder van plan is op korte termijn een proef met een dergelijke techniek uit te voeren.

Uit de inventarisatie blijkt dat voornamelijk weinig technieken zijn toegepast. De ervaringen betreffen overwegend toepassing van thermisch vliegen (infra-rood metingen) tijdens de hoogwaterperiode van 1995. Door enkele waterschappen is grondradar toegepast, overwegend ter verkenning van de mogelijkheden van deze techniek. Uit de inventarisatie bleek tevens dat het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier voornemens was een proef met thermisch infra-rood uit te voeren. In overleg met het betreffende Hoogheemraadschap is vervolgens besloten deze proef gezamenlijk uit te voeren (zie paragraaf 2.3).

TABEL 2.2 OVERZICHT ERVARINGEN VAN WATERKERINGBEHEERDERS MET INSPECTIETECHNIEKEN

Organisatie	Ervaring	Plannen in nabije toekomst?
WS Wilck en Wiericke	Geen	Geen
WS Friesland	Geen	Geen
HH Hollands Noorder Kwartier	Ja	Electro-magnetisch, grondradar, infra-rood
HH Rijnland	Geen	Geen
WS Rijn & IJssel	Geen	Geen
WS Rivierenland	Geen	Infra-rood scanning (in '95)
WS De Maaskant	Geen	Geen
WS De Oude Rijnstromen	Geen	Geen
WS Zeeuwse Eilanden	Ja	Grondradar
WS Zeeuws Vlaanderen	Geen	Geen
WS Zuiderzeeland	Ja	Waterspanningen
HH Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	Ja	Infrarood vliegen
WS Groot Haarlemmermeer	Ja	Vervormingen
WS Velt en Vecht	Geen	Geen
WS Groot Salland	Geen	Geen
DWW	Geen	Geen
RIZA	Geen	Geen
STOWA	Ja	Grondradar
		- - -

Onderstaand volgt een korte toelichting bij de reacties en ervaringen met toepassing van inspectietechnieken. Algemeen wordt opgemerkt dat een deel van de ervaringen met name het hoogwater van 1995 betreft. In dit opzicht dient te worden genoemd dat de ontwikkelingen (verbeteringen) bij de benoemde technieken in het algemeen snel gaan. Het opgestelde overzicht van reacties is dan ook nadrukkelijk niet bedoeld als beoordeling van (de huidige capaciteit van) de verschillende technieken, maar uitsluitend als toelichting op de gedane ervaringen.

HOOGHEEMRAADSCHAP HOLLANDS NOORDERKWARTIER

Het Hoogheemraadschap heeft de volgende technieken toegepast:

- Geo-electrisch onderzoek: in de periode 1985-1995 is bij het systematisch geotechnisch onderzoek van de primaire keringen veel gebruik gemaakt van zowel 2D geo-electrische metingen als EM metingen om relatief snel en goedkoop de discontinuïteiten in, onder

en naast de dijk te vinden. Daarna is met boringen en sonderingen vastgesteld hoe de opbouw werkelijk is. De geo-electrische en EM metingen voldeden goed in het open buitengebied. Rond bebouwing en bij aanwezigheid van veel (ondergrondse) infrastructuur liep de gebruikswaarde snel terug.

- Electriciteitsgeleidbaarheid: meting van de EC als indicator voor de grondopbouw in een zout milieu werkte niet, de geleidbaarheid van zout (grond-) water was veel te hoog t.o.v. de geleidbaarheid van de grondlagen. Dit is in 1995 proefondervindelijk aangetoond met een meetsonde in een sondeerstang achter een zeedijk, als simulatie van een geo-electrisch onderzoek.
- Grondradar: zeer beperkte ervaring met grondradar, van rond 1985. Grondradar was toen geen succes vanwege een sterk heterogene ondergrond met veel kabels en leidingen.
- Infra-rood vliegen: tijdens een hoogwaterperiode (waarschijnlijk in 1995) is met een F16 over de Markermeerdijk gevlogen en een doorgaande infrarood opname gemaakt. De beoordeling van die filmrol leverde destijds geen enkele aanwijzing op dat ergens kwel zou optreden, terwijl dat in het veld wel degelijk aanwijsbaar was.

WATERSCHAP RIVIERENLAND

Het Waterschap heeft veel algemene ervaring met inspecties tijdens het Hoogwater van 1995, met name infra-rood vliegen. Specifieke ervaringen met een van de genoemde technieken is niet gedaan.

WATERSCHAP ZEEUWSE EILANDEN

Het Waterschap heeft in het verleden wel eens geëxperimenteerd met grondradar voor het opsporen van ontgrondingen onder betonblokkenglooingen. Dit heeft niet tot bevredigende resultaten geleid.

WATERSCHAP ZUIDERZEELAND

Het waterschap Zuiderzeeland heeft geen ervaring met bijzondere technieken, wel zijn de volgende ervaringen interessant:

- Waterspanningsmetingen: het plaatsen en monitoren van waterspanningsmeters om grondwaterspanningen in het dijklichaam vast te stellen wordt standaard voorgeschreven in de (keur)vergunningverlening aan derden voor het uitvoeren van bouwwerkzaamheden in de waterkering. Gedacht moet worden aan bijvoorbeeld het aanbrengen van een grondaanvulling op- en tegen de dijk;
- Trillingsmetingen: bij funderingswerken in en nabij de waterkering wordt in voorkomende gevallen als vergunningsvoorwaarde voorgeschreven dat zowel waterspanningsmeters als trillingsmeters moeten worden geplaatst, welke tijdens het werk worden afgelezen ter controle van toelaatbare trillingsniveau's en optredende grondwateroverspanning als gevolg van de heiwerkzaamheden, zodanig dat mogelijke overschrijding van vooraf bepaalde waarschuwingsgrenzen of actiegrenzen tijdig kon worden gesignaleerd en gepaste maatregelen kunnen worden getroffen.

HOOGHEEMRAADSCHAP ALBLASSERWAARD EN VIJFHEERENLANDEN

In 1995 zijn de waterkeringen thermisch bekeken door middel van infrarood metingen. Het vastleggen van kwelsituaties is reeds in allereerste aanleg op deze wijze mogelijk. Bij een langdurig hoge waterstand vervagen de temperatuurverschillen en is de methode minder waardevol. Nadeel was destijds dat defensie de opnames moest uitvoeren (met F16 - vlieg-

tuigen) en dat de opnames niet digitaal zijn. Het Hoogheemraadschap suggereert dat thans wellicht monitoring door middel van Earth survey - satellieten mogelijk maar veronderstelt daarbij dat de resolutie daarvan over het algemeen nog onvoldoende is.

WATERSCHAP GROOT HAARLEMMERMEER

Het Waterschap heeft paaltjes (in de bermen en taluds) en spijkers (in het wegdek) aangebracht om vervormingen van de dijk te kunnen meten. Regelmatig worden hiervan de X-, Y- en Z-coördinaten gemeten. De metingen worden in het kader van grote infrastructurele werken door derden uitgevoerd. De resultaten geven een goed inzicht in de vervorming die een dijk ondergaat.

Eveneens worden in het kader van infrastructurele werken freatische peilbuizen in de waterkering geplaatst. De resultaten van deze waarnemingen zijn minder eenduidig.

2.3 PROEF MET THERMISCH INFRA-ROOD SCANNING

In samenwerking met het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is medio oktober een proef uitgevoerd met één bijzondere inspectietechniek: infra-rood scanning. De proef is uitgevoerd ter plaatse van de Zuiderdijk van Drechterland (primaire kering langs het Markermeer) enkele dijktrajecten van de Schermerboezem. Deze trajecten betroffen (gedeeltelijk) dijken van venige klei waar gedurende zomer 2003 scheuren en lichte vervorming was opgetreden. De proef werd uitgevoerd met een kleine helikopter met daaraan gemonteerd een videocamera gecombineerd met GPS-informatie en een thermisch Infrarood-camera. De snelheid waarmee gevlogen werd was ongeveer 100 km/uur op een hoogte tussen de 150 en 300 meter. Het verslag van de proef is beschreven in bijlage 1.

Belangrijkste conclusie van het hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier op basis van de resultaten is dat de inspectie met thermo-scanning geen substantiële bijdrage geeft aan de inspectie van waterkeringen tijdens kritieke situaties. De methode biedt echter wel degelijk voordelen bij de snelle inspectie ("quick scan") van de dijken, bijvoorbeeld na een calamiteit, omdat grote kadestrekkingen snel geïnspecteerd kunnen worden en de (video-) resultaten met een hoge nauwkeurigheid vrijwel direct beschikbaar komen.

3

KENNISDAG INSPECTIETECHNIEN

3.1 AANLEIDING

De inventarisatie van bijzondere technieken voor (ondersteuning van) de inspectie van waterkeringen heeft geresulteerd in een groot aantal technieken. De verschillende technieken richten zich bovendien op een grote diversiteit van indicatoren waarop de techniek zich richt. Ook na de afronding van de inventarisatie (medio oktober) is de STOWA door verschillende instituten en bedrijven geïnformeerd over een groot aantal bijzondere technieken. Bovendien bleek uit de inventarisatie van bestaande ervaringen dat betrekkelijk weinig ervaring met de toepassing van dergelijke technieken is opgedaan. Samenvattend bestaat een groot aantal (potentiële) inspectietechnieken en is slechts op zeer beperkte schaal informatie aanwezig over de prestaties van dergelijke technieken bij de inspectie van waterkeringen.

Het uitvoeren van een proef waarin alle verschillende technieken een eerlijke kans krijgen hun capaciteiten te bewijzen, zou een enorme inspanning vergen (met name financieel). Uitvoering van de proef met een kleine selectie van enkele (kansrijke) technieken is als weinig opportuun beoordeeld. Zodoende is uiteindelijk afgezien van een proef.

De inventarisatie heeft echter wel degelijk kansen voor toepassing van bijzondere technieken geïdentificeerd. Geconcludeerd is dat met name de onbekendheid met dergelijke technieken een belangrijk obstakel is voor de daadwerkelijke inzet van de technieken. Een tweede belangrijk obstakel is de onzekerheid bij de waterkeringbeheerder of de observaties van de verschillende technieken aansluiten op de informatievraag.

Zodoende is besloten een kennisdag te organiseren over de toepassing van bijzondere technieken voor de inspectie van waterkeringen. Doelstelling van deze kennisdag was vooral eerst de ontmoeting van waterkeringbeheerders met de (mogelijkheden van) verschillende technieken, ofwel het koppelen van vraag en aanbod. Ter voorbereiding op de kennisdag is een overzicht opgesteld van de informatievragen de waterkeringbeheerders (specificatie van de vraag). Dit overzicht is gepresenteerd in bijlage 4 en 5. Voorafgaand aan de Kennisdag is dit overzicht toegezonden aan de verschillende (combinaties van) bedrijven en instituten die een inspectietechniek aanbieden, teneinde zich voldoende te kunnen voorbereiden op de Kennisdag.

3.2 KENNISDAG BIJZONDERE TECHNIEN VOOR INSPECTIE WATERKERINGEN

De Kennisdag "Bijzondere technieken voor de inspectie van waterkeringen" vond plaats op 9 maart 2004. Belangrijkste component van de Kennisdag betrof de bedrijvenmarkt. Gedurende de gehele dag presenteerden ca. 30 (combinaties van) bedrijven en instituten één of enkele technieken aan ca. 150 waterkeringbeheerders en geïnteresseerden, afkomstig van zowel waterschappen, rijkswaterstaat en provincies. Gedurende het ochtendgedeelte van de

dag werden tevens 8 (categorieën van) technieken objectief gepresenteerd tijdens 2 parallelle sessies. De verschillende presentaties zijn weergegeven in bijlage 6.

Een verslag van de dag is weergegeven in bijlage 2, bijlage 3 betreft een evaluatie.

Op basis van alle informatie is een overzicht opgesteld, waarbij per faalmechanisme en faalverschijnselen de mogelijke inspectietechnieken zijn gepresenteerd. Het overzicht (zie bijlage 7) vermeldt tevens enkele aanbieders van de verschillende technieken en het schaalniveau (beheersgebied, dijkvak, dwarsprofiel). Ten aanzien van het overzicht wordt nadrukkelijk opgemerkt dat de ontwikkelingen in het vakgebied snel gaan. Mogelijk zijn inmiddels nieuwe technieken ontwikkeld, of zijn de toepassingsmogelijkheden van de genoemde ontwikkelingen uitgebreid. Daarnaast is het denkbaar dat een inspectietechniek inmiddels door meerdere partijen wordt aangeboden. Het overzicht is zodoende niet noodzakelijkerwijs volledig, niet ten aanzien van de technieken noch de toepassingsmogelijkheden en de aanbiedende partijen.

4

INTERPRETATIE VAN INSPECTIERESULTATEN

4.1 AANLEIDING

Bij de bewaking van de veiligheid van waterkeringen tijdens kritieke situaties is naast de inspectie van de waterkering een tweede (volgende) schakel te onderscheiden: de interpretatie van de inspectieresultaten, met name ten aanzien van de beslissing tot het nemen van (nood-) maatregelen. Het is denkbaar dat door toepassing van bijzondere inspectietechnieken, in de nabije toekomst betere en vooral meer inspectieresultaten beschikbaar komen. Hierdoor zal naar verwachting meer nadruk komen te liggen bij de volgende schakel: de interpretatie van de resultaten en de eventuele beslissing betreffende het nemen van (nood-) maatregelen.

Ten aanzien van enkele faalmechanismen, zoals erosie van het buitentalud, golfoverloop en piping, is de interpretatie van inspectie resultaten weinig complex. Naar verwachting is de interpretatie van de inspectieresultaten dat wel bij sommige andere faalmechanismen, zoals het af- of verschuiven van de waterkering. Ter illustratie: aan het faalmechanisme macrostabiliteit gerelateerde faalverschijnselen zoals scheurvorming komen zomers volop voor in (met name) verdroogde veenkaden, maar ook bij waterkeringen in het algemeen. Scheurvorming is inherent aan door droogte veroorzaakte krimp van het dijkmateriaal (met name veen, in mindere mate ook klei), en duidt dus geenszins **per definitie** op een naderend bezwijken van de waterkering. Omdat het betreffende faalmechanisme vaak een betrekkelijk snel verloop heeft (Wilnis en Stein: de dag voorafgaand aan de verschuiving zijn geen faalverschijnselen waargenomen), kan de beslissing omtrent het nemen van maatregelen echter niet worden uitgesteld tot het overtuigende bewijs van een naderend verschuiven is geleverd.

Geconstateerd wordt dus dat de interpretatie van inspectieresultaten gecompliceerd is: gebaseerd op soms weinig onderscheidende inspectieresultaten dient onder hoge tijdsdruk een beslissing te worden genomen over het treffen van de juiste, soms ingrijpende (nood-) maatregelen. Bij toepassing van bijzondere inspectietechnieken komt meer nadruk te liggen op de interpretatie van de resultaten en de eventuele beslissing omtrent te nemen maatregelen. Daarom is binnen het deelonderzoek 'Inspectie droge veenkaden' een studie uitgevoerd naar het interpreteren van inspectieresultaten. Deze studie heeft een verkennend karakter, gericht op de afstemming van de inspectie op de interpretatie van de resultaten ten aanzien van de veiligheid van de waterkering. Hiermee wordt getracht ten minste een beeld te geven van de complexiteit van de interpretatie van inspectieresultaten en eventuele beslissing tot het nemen van maatregelen. Zo mogelijk zijn op basis van de bevindingen aanbevelingen gedaan betreffende de toepassing van enkele beschouwde inspectietechnieken.

Doel van deze verkenning was nadrukkelijk niet om eenduidige criteria (zoals bijvoorbeeld een maximaal acceptabele scheurbreedte, scheurdiepte of -lengte) te definiëren voor de beoordeling van inspectieresultaten, noch om aanbevelingen te doen voor de aard en omvang van te treffen maatregelen. Overigens is in het in dit kader wel relevant te noemen dat der-

gelijke criteria sterk locatiespecifiek zijn. Zo lijkt een vervorming van ca. 10 cm bij een venige kleidijk in West-Nederland ogenschijnlijk minder alarmerend dan bij een dijk van vaste, zandige klei in Oost-Nederland.

De resultaten van de verkennende studie zijn gepresenteerd tijdens de Kennisdag Inspectie-technieken (zie bijlage 8). Dit hoofdstuk vormt de rapportage van de studie, in aanvulling op de presentatie. De studie is uitgevoerd door de heer G.A.M. Kruse (GeoDelft). De heer Kruse is tevens auteur van de volgende paragrafen.

4.2 INLEIDING

Aan de hand van voorlopige bevindingen wordt ingegaan op waarnemingen aan waterkeringen in het kader van early warning toepassingen, met name op waarnemingen van vervormingen. Daarbij gaat het vooral om de vraag in welke mate deze vervormingen in samenhang met andere verschijnselen kunnen fungeren als indicatoren voor het functioneren van waterkeringen thans en in de toekomst.

Deze studie sluit aan bij eerdere onderzoeken over indicatoren voor het functioneren van waterkeringen, met name bij een onderzoek in het kader van een BCRS-project (Beleidscommissie Remote Sensing) over het meten van vervorming van waterkeringen met behulp van airborne INSAR (INterferometrie op basis van Synthetic Aperture Radaropnamen vanaf een vliegtuig, BCRS 1999). Ook sluit de studie aan bij de rapportage over een 'Beleidsondersteunend systeem calamiteiten bestrijdingsplan' (GeoDelft 2002) dat voor de Provincie Zuid Holland en enige waterschappen is opgesteld. Die rapportage gaat in op de eerste fase van ontwikkeling van hulpmiddelen voor het onderbouwen van veiligheidsmaatregelen en bijbehorende beslismomenten. Deze veiligheidsmaatregelen en beslismomenten zijn hierbij gerelateerd aan informatie van bijvoorbeeld HIS (Hoogwater informatie systemen) en passen in de ontwikkeling van bijvoorbeeld een Geautomatiseerd Draaiboek Hoogwater.

In de studie wordt verder gebruik gemaakt van het onderzoek naar de hoogwaterervaringen in 'Veiliger de winter in' (DWW 1995), van de 'Inventarisatie informatiebehoefte waterkeringbeheerders' (RWS DWW, 2002), de 'Beslisboom inspectie waterkeringen' (STOWA 2003) en van de Schadecatalogus waterkeringen (STOWA, CUR 2003)

De uitwerking in deze rapportage is in eerste instantie gericht op permanent kerende waterkeringen, zoals boezemkaden. Zulke keringen hebben altijd water aan één zijde van de waterkering, met een peil hoger dan het maaiveld aan de andere zijde van de kering. Deze configuratie brengt bepaalde condities met zich mee die van invloed zijn op het gedrag van de grond. Bovendien is de belasting bij deze configuratie anders dan bij waterkeringen die als hoogwaterkering werken.

Alvorens in te gaan op de indicatoren die aanwijzingen zijn voor mogelijk falen, worden de waarnemingen aan waterkeringen beschreven. Deze waarnemingen betreffen verschijnselen, dan wel veranderingen van verschijnselen, die uitingen zijn van processen die een waterkering kunnen doen falen of tot falen aanleiding geven, of van uitingen van processen die voor het onderhoud van waterkeringen relevant zijn. Het falen van een waterkering zelf is vaak een keten van gebeurtenissen met verschillende tijd en geometrie schalen.

4.3 HUIDIGE INSPECTIE BIJ DREIGENDE OMSTANDIGHEDEN

Bij als bedreigend ervaren omstandigheden worden de conditie en de belasting op waterkeringen met verhoogde waakzaamheid gevolgd. Het is de praktijk dat de conditie van de waterkering in zo'n geval wordt beoordeeld door visuele inspectie. Dit gebeurt op basis van beschikbare gegevens over geometrie en opbouw. Bij visuele inspecties zijn de volgende waarnemingen gedaan:

- uittreden van vrij water over het talud;
- uittreden van vrij water aan en bij de teen, ook in sloten;
- gronduitspoeling (zand) op het talud;
- gronduitspoeling (zand) bij de teen;
- taludschade door instabiliteiten;
- scheuren bij en op de kruin;
- scheuren over het talud;
- conditie van talud en kruin (vlakheid, grasmat, bermstabiliteit);
- verplaatsing bij de teen, met name vervorming van de oever van een teensloot;
- conditie en functioneren van constructieve voorzieningen in en aan de waterkering;
- overloop en overslag van buitenwater;
- erosie van het buitentalud;
- geometrie van de waterkering in relatie tot verwachte stabiliteit.

De informatie uit gegevens over geometrie en opbouw is in het verleden aanleiding geweest tot nadere inspecties van bepaalde strekkingen. Vooral over strekkingen waar gereede twijfel bestond over de standzekerheid, zijn gegevens van visuele waarnemingen van vervorming en aantastingen van talud en kruin van de waterkering in rapportages beschikbaar.

Aan boezemkaden zijn direct voorafgaand en tijdens overmatige neerslagperiodes de volgende waarnemingen gedaan:

- lokale kruinhoogteverschillen (concentratie van overlopend water);
- overlopend water;
- scheuren in de kruin;
- taludschade door lokale instabiliteiten;
- schade aan objecten (hekwerk, paden);
- ontgroning bij de buitenwaterlijn.

Tijdens de droge zomer van 2003 is aan boezemkaden het volgende waargenomen:

- velerlei scheuren in de kruin, op taluds en in asfaltverhardingen;
- uittredend water en zeer natte plekken op het talud en bij de teen;
- verzakkingen bij de kruin en langs het talud;
- plaatselijk verdroogde vegetatie.

In het rapport 'Beslissingsondersteuning inspectie verdroogde boezemkaden' (STOWA, 2004-06) wordt ingegaan op aspecten van waarnemen in verband met eventueel ondermijnende langdurige droogte.

Bij sommige boezemkaden leken in 2003 de omstandigheden zodanig ernstig dat ingegrepen is om mogelijk falen van de waterkering te voorkomen. In geen van de bekende gevallen kon de noodzaak voor ingrijpen echter geheel eenduidig worden vastgesteld.

4.4 OMSTANDIGHEDEN EN WAARNEMEN

4.4.1 OPMERKINGEN OVER VERSCHIJNSELEN, TOESTAND EN PROCESSEN

Om een waterkering te beoordelen op mogelijk falen worden waarnemingen gedaan die onderdeel behoren te zijn van de inspectie van waterkeringen. Ze zijn bedoeld om informatie te verkrijgen over:

- aanwijzingen voor geheel of deels onbekende verzwakkende omstandigheden (zwakke plekken in de grond, ondermijnende obstakels);
- aanwijzingen dat de waterspanningen in het grondlichaam ongunstig zijn of ongunstig kunnen worden (zoals aanwezigheid van doorlatende lagen of spleten);
- aanwijzingen voor veranderingen van externe belasting.

Bij inspectie gaat het zelden om het feitelijk waarnemen van het faalproces van een waterkering. De inspectie gaat om het waarnemen van uitingen van processen die een waterkering kunnen doen falen, dan wel tot falen aanleiding kunnen geven, of van uitingen van processen en overige omstandigheden die voor het onderhoud van waterkeringen relevant zijn. Visuele en remote sensing inspectie vereisen derhalve dat men nagaat hoe de waargenomen verschijnselen in verband staan met het functioneren of het onderhoud van de waterkering, dan wel: welke verschijnselen aanwijzingen kunnen geven voor mogelijk falend functioneren. In de meeste gevallen is daarvoor inzicht nodig in de onderliggende processen en in de heersende toestand.

HEERSENDE TOESTAND

Wat betreft de heersende toestand: in het algemeen zijn de waterpeilen van het oppervlaktewater, alsmede de conditie van de taluds en dergelijke goed bekend. De sterkte- en vervormingeigenschappen, alsook de doorlatendheid voor water van de waterkering en de ondergrond zijn echter in veel situaties minder goed bekend, en soms zelfs bijna niet bekend. De opbouw van de waterkering en de ondergrond vertonen grote lokale verschillen en zijn van grote invloed op het functioneren van een waterkering. Informatie die inzicht geeft in de grondgesteldheid, is daarom van primair belang voor het duiden van waargenomen verschijnselen en voor het beoordelen van de kwaliteit van de waterkering.

Visuele inspectie en remote sensing geven echter weinig informatie over de opbouw van de waterkering en de ondergrond, tenzij de waarnemingen indirect uitsluitel geven. Denk bijvoorbeeld aan wellen die op doorlatende pakketten in de ondergrond wijzen, of aan zeer geringe vervorming bij een aangebrachte hoge belasting die wijst op stijf gedrag. Het is van groot belang de informatie over opbouw van kering en ondergrond op andere wijze te verkrijgen en beschikbaar te hebben. Dat kan via boringen en sonderingen, geologie, bodemkunde, historische geografie, geschiedenis van de kering en onderhoudsmaatregelen. Met informatie over de opbouw kan de informatie van visuele en remote sensing waarnemingen veel effectiever worden ingezet bij het beoordelen van een omstandigheid.

ONDERLIGGENDE PROCESSEN

Verschillende processen zijn werkzaam op verschillende tijdschalen. Ze veroorzaken gedurende hun voortgang omstandigheden waarvan sommige weer aanleiding geven tot het op gang komen van andere processen. Die kunnen van belang zijn in een keten die tot falen kan leiden. Deels komen deze processen reeds in de natuurlijke omgeving voor, deels zijn ze het gevolg van unieke, door mensen gemaakte constellaties.

In veel gevallen gaat het bij falen om een keten van gebeurtenissen. Een voorbeeld: door een klein scheurtje in een kadekruin stroomt al jarenlang water in een kade. Een geringe stijging van het boezempeil verhoogt de druk in de spleet. Die scheurt daardoor een beetje verder en komt in contact met andere spleten in de boezemkade. In korte tijd kan dan voldoende kracht voor het vormen van een grote scheur worden ontwikkeld. Als die scheur ontstaat, verliest de kade coherentie en schuift in korte tijd als geheel, waarna de resulterende waterstroom een gat erodeert.

Sommige processen die in verband met het falen van een waterkering een rol spelen, zijn eenvoudig aan het oppervlak waar te nemen. Maar omstandigheden en processen die dieper in de grond spelen en voor het falen vaak van doorslaggevend belang zijn, kunnen lang niet altijd aan het oppervlak rechtstreeks en eenvoudig waargenomen worden, laat staan de lokale invloeden en ruimtelijke variaties.

Hierna wordt aandacht besteed aan processen die aan het oppervlak waargenomen kunnen worden, waarvan vervormen van het grondlichaam en de verandering van vochttoestand de belangrijkste zijn. Vervormingen van het grondlichaam zijn uiting van veranderingen van het krachtenevenwicht. Ze worden door de mechanische eigenschappen van het grondlichaam en de ondergrond ervan beïnvloed.

4.5 WAARNEMEN

4.5.1 ALGEMEEN

Kennis over de opbouw van waterkering en ondergrond is, zoals gezegd, van groot belang voor een goede interpretatie van visuele en remote sensing waarnemingen. Metingen in de grond betreffen bijna altijd zeer lokale waarnemingen, waarvan sommige variatie in de tijd weergeven. Aan het oppervlak kunnen, zeker met remote sensing technieken, grotere oppervlakken tegelijk worden beschouwd. Dit biedt de mogelijkheid ruimtelijke variatiepatronen te herkennen en, afhankelijk van de opnamefrequentie, temporele variatie na te gaan.

Aan het oppervlak van een waterkering kunnen waarnemingen worden gedaan aan:

- grondoppervlak (vormen en aard);
- water (droge en natte plekken, uittredend water en open water);
- vegetatie (bovengrondse delen).

Waarnemingen aan het oppervlak kunnen worden uitgevoerd met visuele inspecties in het terrein en met behulp van remote sensing. Inspecties in het terrein kunnen een groot scala van aspecten van de waterkering tegelijk beslaan in soms groot detail. Hierbij merken we op dat voor veel van de waarneembare verschijnselen geen eenduidige beschrijving of beoordeling mogelijk is. De waarnemingen worden in belangrijke mate gestuurd door de achtergrond en de kennis van de waarnemer. Het waarnemen en rapporteren over scheuren en het interpreteren van scheurpatronen blijkt in dat opzicht erg lastig, zoals in het najaar van 2003 is gebleken.

Remote sensing waarnemingen betreffen slechts een beperkte, door de sensoren en overige hulpmiddelen bepaalde set verschijnselen. Het detail is in veel gevallen geringer dan dat van de terreinwaarnemingen. De remote sensing waarnemingen zijn echter zeer precies

omschreven en kunnen in bepaalde gevallen zodanig gecombineerd worden, dat eenduidige aanwijzingen voor bepaalde processen en omstandigheden volgen. De met remote sensing via LIDAR (Light Detection And Ranging, bijv. Fli-Map) haalbare nauwkeurigheid ten aanzien van vervorming over afstanden van meer dan enige meters is bijvoorbeeld beter dan dat van visuele terreinwaarnemingen, maar het waarnemen van scheurpatronen is met airborne technieken nog niet goed mogelijk. INSAR-metingen (Interferometrie m.b.v. SAR: Synthetic Aperture Radar) van vervorming zijn veel nauwkeuriger dan visuele waarnemingen en zijn breed inzetbaar.

4.5.2 INSPECTIE IN HET TERREIN

Aan het maaiveld kunnen zonder instrumentele hulpmiddelen worden waargenomen:

- globale vorm van het al dan niet begroeide of verharde grondoppervlak;
- structuur van het oppervlak, met name microreliëf en scheuren in het oppervlak;
- water (natte en droge plekken, uittredend water en open wateroppervlak);
- afwijkend gedrag bij betreden (bijvoorbeeld sterk verend);
- vegetatie, patronen, structuur, textuur en samenstelling;
- grondsoort aan het oppervlak.

Uit bovenstaande waarnemingen kan informatie worden verkregen over de waterhuishouding, bepaalde vervorming en over al dan niet lokale, weerstandsverhogende of ondermijnende factoren. In het kader van inspecties in verband met onderhoud zijn de algemeen geldende karakteristieken van belang, samen met veranderingen daarin onder normale omstandigheden. Voor het inspecteren tijdens 'early warning'-operaties zijn vooral veranderingen in de toestand van belang, zowel vervorming als verandering in de waterhuishouding.

Om vervormingen van een waterkering visueel (zonder specifieke hulpmiddelen) te kunnen waarnemen, zijn verschillende aspecten van belang, onder andere:

- bekendheid met de toestand voordat de eventuele vervorming optrad;
- vervorming die waargenomen kan worden op basis van hoogte (bij de kruin en de teen) en hellingveranderingen;
- vervorming van bepaalde elementen, zoals de oever van de teensloot;
- vervorming die waargenomen kan worden omdat er scheuren in een bepaald patroon zijn ontstaan;
- verticale vervorming die waargenomen wordt doordat aan weerszijden van de dagzoom van een schuif / breukvlak verzet ontstaat (verticale offset).

Om veranderingen van vochttoestand zonder specifieke hulpmiddelen waar te nemen, is het volgende van belang:

- bekendheid met oorspronkelijke toestand, dan wel indicaties daarover op basis van begroeiing vegetatie;
- waarnemen van vochtige of droge toestand, waarbij weersomstandigheden beschouwd moeten worden;
- discrepanties tussen aard van de begroeiing en de vastgestelde vochtigheidstoestand;
- ontstaan van plassen.

Het waarnemen van de vochttoestand aan en bij het oppervlak kan direct visueel, of door het voelen van vochtigheidsgraad. Aan de hand van de vegetatie kan de over langere tijd (jaren) heersende vochtigheid beoordeeld worden als de karakteristieke vegetatiecomponenten bekend zijn (vocht- of droogteminnende vegetatie).

4.5.3 REMOTE SENSING

Bij remote sensing voor waterkeringen gaat het vooral om remote waarnemingen vanaf air-borne platforms (vliegtuig). De laterale resolutie van de meeste waarnemingen vanaf satellieten is namelijk te gering ten opzichte van karakteristieke afmetingen van waterkeringen en de relevante componenten ervan (1 - 25 m). De meer regionale informatie uit satellietbeelden is uiteraard wel ondersteunend voor velerlei toepassingen.

Remote sensing met betrekking tot landgebruik en vochthuishouding betreft vooral zichtbaar-lichtfotografie en infrarood-opnamen (near en far) om inzicht te krijgen in temperatuur- en vegetatievariatie. SAR-beelden (radarbeelden, kunnen (ook bij geen zicht) aanvullende informatie verschaffen.

Remote sensing met betrekking tot vervorming van het grondoppervlak betreft vooral INSAR (Interferometrie m.b.v. SAR: Synthetic Aperture Radar). De methode moet worden toegepast vanaf een vliegtuig, dit vanwege de benodigde resolutie in de mate (cm-schaal) en plaats van vervorming ($< 1\text{-}3\text{ m}^2$). LIDAR-metingen, met laser (zoals Fli-Map), kunnen bijdragen aan de bepaling van de geometrie van de waterkeringen. Ze zijn in verband met vervorming aanvullend waar sprake is van grote vervorming (decimeter-schaal), waarvoor in de praktijk alleen die grote vervorming over langere tijdsperioden van belang is.

Het evalueren van de remote sensing metingen vergt gedegen inzicht in de omstandigheden en processen die bij het mogelijk falen van waterkeringen van belang zijn. Immers: er zijn slechts bepaalde specifieke verschijnselen en veranderingen zichtbaar, die op velerlei wijze gecombineerd kunnen worden, maar waarvan de relatie tot mogelijk falen zelden direct is.

4.6 WAARNEMEN VAN VERVORMING

4.6.1 ALGEMEEN

Vervormingen zijn algemeen voor grondlichamen die in contact staan met de atmosfeer en grond- en buitenwater. Regelmatige weers- en seizoensveranderingen veroorzaken veranderingen van centimeters. Bij veendijken en veenondergrond zelfs wel meer dan een decimeter. Systematische veranderingen van waterpeil en grondwaterpeil veroorzaken veranderingen van centimeters tot soms veel meer dan een decimeter. Deze veranderingen hebben echter alleen onder speciale omstandigheden directe relevantie voor het functioneren van de kering. Met name kan het veranderen van de grond- buitenwaterstand in bepaalde gevallen leiden tot te grote ondermijning van de sterkte of toename van belasting. Vervormingen van centimeters tot een paar decimeter zijn over afstanden van meerdere meters vaak lastig te zien of te herkennen, maar zijn instrumenteel goed vast te stellen. Hetzelfde geldt voor de systematische vervormingen die vaak optreden bij naderende calamiteiten in waterkeringen en die als indicator gebruikt zouden kunnen worden.

4.6.2 VISUELE TERREINWAARNEMINGEN

Zoals in subparagraaf 4.5.2 al is gesteld, zijn voor het visueel waarnemen van vervormingen van een waterkering zonder specifieke hulpmiddelen verschillende aspecten van belang, onder andere:

- bekendheid met de toestand voordat de eventuele vervorming optrad;

- vervorming die waargenomen kan worden op basis van hoogte (bij de kruin en de teen) en hellingveranderingen;
- vervorming van bepaalde elementen, zoals de oever van de teensloot;
- vervorming die waargenomen kan worden doordat scheuren in een bepaald patroon zijn ontstaan;
- verticale vervorming die waargenomen wordt doordat aan weerszijden van de dagzoom van een schuif / breukvlak verzet ontstaat (verticale offset).

Waar geen referentiepunten aanwezig zijn in de vorm van bebouwing, hekwerk of vast verankerde opgaande begroeiing, is vervorming van een grondlichaam slecht waar te nemen. Op basis van het waarnemen van hoekverdraaiing, aangevuld met zeer beperkte terreinveraring, lijkt het voorshands niet goed mogelijk een opbolling van 0.5 m van een 20 m lang talud te herkennen zonder referentiepunten. Een regelmatige lokale opbolling van 0.2 - 0.3 m kan pas worden waargenomen als deze zich over een afstand van minder dan ca. 10 m voordoet. Uit benaderende berekeningen aan vervormingen blijken waterkeringen reeds lokaal of geheel te zijn bezweken ruim voordat zulke vervormingen op de schaal van de waterkering optreden.

Indirect kunnen in aanwezigheid van een referentiebeeld aanwijzingen voor systematische vervorming worden verkregen uit:

- zichtlijnen langs bebouwing, harde constructies, hekwerk buiten de eventueel vervormde zone (waarbij dan een referentiebeeld noodzakelijk is);
- verplaatsing oever teensloot (waarvoor een referentiebeeld vaak nodig is);
- verplaatsing van de kruinlijn (waarvoor een referentiebeeld vaak nodig is);
- scheuren en breuken met een bepaald patroon op het talud, de kruin of bijvoorbeeld in de oever van de teensloot;
- scheuren en breuken met een verticaal verzet over een relevante afstand (dus geen effecten van hoefafdrukken, schapenpaadjes en dergelijke);
- stagnerend water bij de teen door het opbollen (upthrust) op enige afstand van de teen.

Opgemerkt wordt dat oppervlaktescheuren in cohesieve grond en veen gewoon zijn en 's zomers meerdere centimeters wijd kunnen zijn en dan ook over enige meters aangesloten kunnen zijn. Deze scheuren gaan vaak tot meer dan 1 m diep, maar zijn op grotere diepte veel minder wijd. Uit metingen blijken deze scheuren voorkeursrichtingen te hebben die met de helling van het talud samenhangen. Onder normale omstandigheden zijn scheuren parallel aan de kering minder uitgesproken, terwijl scheuren parallel aan de taludrichting vaak wijder zijn.

De met betrekking tot voor vervorming in relatie tot bezwijken relevante breukpatronen betreffen:

- breuken die over grotere afstand (sub-)parallel aan de dijk lopen (aanwijzing voor afschuiven, afglijden), eventueel met hellingafwaarts gerichte breuken bij de uiteinden van deze langsbreuken;
- breuken, vaak in zones of banden gegroepeerd, onder een hoek $> 45^\circ$ met de kruin (aanwijzing voor excessieve dwarsbelasting);
- breuken en scheuren die watervoerend zijn.

Waar dergelijke vervormingen optreden over afstanden groter dan de lengte van het talud, dan wel grote delen van het talud bestrijken, is het aannemelijk dat het gaat om relevante vervormingen ten aanzien van de stabiliteit.

4.6.3 INSTRUMENTELE TERREINWAARNEMINGEN OP EN IN DE GROND

Met conventioneel landmeten kan de oppervlaktevervorming zeer nauwkeurig worden vastgesteld, althans: indien het meetnet daarop is ingesteld. De meting betreft namelijk punten. Het vaststellen van relevante vervorming is daarom geheel afhankelijk van het inzicht bij het inrichten van de meetopstelling. De vervormingspatronen over het talud en kruin variëren bij naderend falen in de strekking van de kering meestal op 5 tot 20 m afstanden. Er is dus een dicht net van waarnemingen nodig om met deze techniek sterker deformerende secties te signaleren.

Glasvezelkabels, parallel gelegd aan de strekking van de kering, kunnen deformaties in het centimeter-decimeterbereik signaleren. De locatie van de bemeten sectie in het dwarsprofiel van de kering is van belang voor het duiden van het resultaat van de meting. Om de relevantie van de lokale verplaatsing van de kabel vast te stellen is nader onderzoek over de mate, aard en locatie van de vervorming nodig. De meting is permanent en kan daardoor een belangrijke signaleringsfunctie hebben, met name als er geen verhoogde waakzaamheid is (m.a.w. de ernst van de verschillende belastingsituaties “langdurige droogte” en “hoogwater” is niet als kritiek verondersteld).

Inclinometers geven de horizontale vervorming in een verticaal profiel voor een punt op de kering. Ze geven daarmee inzicht in de aard van de vervorming, hetgeen voor de analyse van groot belang is. Het zeer lokale karakter van de waarneming beperkt de toepasbaarheid ervan in het kader van monitoring tot het verschaffen van aanvullende informatie over bijvoorbeeld zeer verdachte locaties, dan wel het vaststellen van het patroon van regelmatig optredende vervormingen.

Met LIDAR (afstandsmeting met laser) kunnen vervormingspatronen zeer gedetailleerd vastgesteld worden. LIDAR-opstellingen op vaste punten op de grond worden alleen overwogen in het geval van lokale problemen, dit in verband met de kosten. LIDAR-metingen vanuit een vliegtuig of helikopter (onder andere Fli-Map) worden regelmatig uitgevoerd, onder meer in verband met beheer van waterkeringen. Ze bedekken grote arealen met hoge dichtheid (quasi-continu), maar met aanmerkelijk geringere nauwkeurigheid dan bij LIDAR-metingen.

Tot slot: in het algemeen kan worden gezegd dat bij analyses in het kader van early warning en calamiteitbeheersing het ruimtelijke patroon van vervormingen en het verloop ervan in de tijd ten minste zo belangrijk zijn als de vervormingen zelf.

4.6.4 REMOTE SENSING WAARNEMINGEN

LIDAR-metingen vanuit een vliegtuig of helikopter kunnen onder geschikte zichtomstandigheden vervormingen van waterkeringen met een grootte van ongeveer 1 decimeter waarnemen. Deze waarnemingen kunnen in het kader van onderhoud worden toegepast, maar ook om afwijkend gedrag op te sporen. Zo zijn bijvoorbeeld oude afschuivingen zichtbaar en verschillen in beweging langs de strekking op langere tijdschaal. Deze informatie kan samen met grondopbouwgegevens bijdragen aan het vaststellen van voor bepaalde

omstandigheden kwetsbare locaties. LIDAR-metingen vanuit de lucht zijn niet precies genoeg om direct bij te dragen aan early warning.

INSAR vanaf een vliegtuig is vanwege de resolutie in de mate (mm-cm schaal) en plaats van vervorming ($< 1\text{-}3\text{ m}^2$) veelbelovend voor toepassingen bij onderhoud en early warning van waterkeringen. INSAR is bovendien inzetbaar onder alle weersomstandigheden. Met INSAR zijn de oppervlaktevervormingen meetbaar met het detail, mate en plaats van vervorming over het talud, dat nodig is om eventueel naderend bezwijken vast te stellen. Ook kan met INSAR de vervorming in de tijd gevolgd worden, waardoor verschillen in mechanische eigenschappen van de kering en de ondergrond alsook verschillen in de aard van vervorming (bijvoorbeeld uitzakken versus wegzakken) kunnen worden opgespoord.

Met betrekking tot directe implicaties, zoals het handhaven van de kerende hoogte, zijn voor het onderhoud van waterkeringen metingen in de orde van nauwkeurigheid van centimeters voldoende over langere termijnen. Waarnemingen van de aard en geometrie, van de vervorming kunnen bijdragen aan het vaststellen van de oorzaken van de kruindaling, mits het ingemeten object voldoende dicht bemeten is en de nauwkeurigheid meer dan 1-3 centimeter bedraagt voor jaarlijks gemeten vervormingen. INSAR biedt de mogelijkheid deze vervormingen in het gewenste detail te meten.

Vervormingen zijn in het kader van early warning van belang in verband met het opsporen van zwakke plekken en het achterhalen van vervormingsmechanismen en processen op basis waarvan eventuele maatregelen getroffen kunnen worden. Uit benaderende berekeningen en uit spaarse praktijkwaarnemingen komt naar voren dat de betreffende vervormingen in de meeste gevallen minder dan 1 decimeter bedragen. Aangezien zulke vervormingen visueel nagenoeg niet zijn waar te nemen, zijn instrumentele metingen nodig. Met INSAR kunnen zulke vervormingen vastgesteld worden. Bovendien hebben INSAR-metingen het voordeel dat het ruimtelijke patroon van de vervormingen in detail te herkennen is, hetgeen de analyse van de optredende vervormingsprocessen ondersteunt.

4.7 SAMENGEVATTE BEVINDINGEN

Visuele en remote sensing waarnemingen om processen en mechanismen te achterhalen die het functioneren van een waterkering (kunnen) aantasten, hebben in de meeste gevallen pas betekenis als de faalprocessen en -mechanismen van een waterkering ten minste globaal bekend zijn. De meeste waarnemingen kunnen alleen in zo'n kader geëvalueerd worden. Naast deze waarnemingen is het altijd nodig ten minste enige informatie over de opbouw van de waterkering en de ondergrond ervan te hebben, samen met informatie over de grondwaterstijghoogten, om tot een adequate analyse te komen van de processen die gaande zijn. Pas wanneer falen onafwendbaar nabij is, kunnen visuele en remote sensing waarnemingen de relevante processen direct waarnemen. Voor elke evaluatie is het nodig gegevens over buitenwaterstanden beschikbaar te hebben.

Waarnemingen aan de vochttoestand (met name veranderingen daarin) en waarnemingen van vervormingen zijn voor het beoordelen van de standzekerheid van een waterkering van groot belang.

Ten aanzien van de vochttoestand en veranderingen daarin zijn vegetatie en watergehalte belangrijke indicatoren. Remote sensing infrarood, mits in voldoende detail (airborne), verschaft informatie over deze aspecten. Bovendien kan met thermisch infrarood de

temperatuur van oppervlaktewater bepaald worden, hetgeen nadere informatie geeft over bijvoorbeeld excessieve kwel. Terreinwaarnemingen zijn van belang om lokale verschijnselen vast te kunnen stellen, zoals uittredend water en plasvorming.

Directe visuele waarneming van relevante vervorming is erg lastig en vergt ten minste referenties in de vorm van zichtlijnen en dergelijke. Indicaties van vervormingen, zoals het ontstaan van plassen bij de teen en het ontstaan van scheuren in een bepaald patroon, zijn betrouwbaarder.

Instrumentele meting in het terrein van vervorming is meestal lokaal (kruinlijn of dwarsprofiel op willeurige locaties) en kan slechts indirect bijdragen aan early warning. Glasvezel meetsystemen kunnen een rol vervullen in een waarschuwingssysteem.

Het via remote sensing waarnemen van vervormingen is sedert enige tijd mogelijk. Met LIDAR kunnen grove vervormingen en vervormingspatronen in ruimtelijk detail worden vastgesteld. Deze informatie kan, samen met andere informatie, bijdragen aan het bepalen van zwakke schakels in het kader van onderhoud van de kering. Met airborne INSAR kunnen centimetervervormingen met een grote ruimtelijke resolutie (1-3 m²) onafhankelijk van de weersgesteldheid rechtstreeks worden bepaald, hetgeen voor analyses in het kader van early warning en voor onderhoudstrategie noodzakelijk is. In tabel 4.1 wordt een aantal visuele waarnemingen en de daarmee mogelijk gerelateerde schadeontwikkeling samengevat.

TABEL 4.1 VISUELE WAARNEMINGEN EN INDICATIES VOOR MOGELIJKE SCHADEONTWIKKELING

Visuele waarneming	Omstandigheden en processen die ermee samenhangen:	Aanwijzing voor:	Mogelijke schadegerelateerde mechanismen:
Plasvorming bij de teen	- vervorming teen - grondwaterstroming door waterkering - waterspanning in waterkering	- vervorming teen - verhoging waterspanningen	- instabiliteit waterkering
Tijdelijk water / zeer hoge vochtigheid op en in binnentalud zonder vochtminnende vegetatie	- grondwaterstroming door / onder dijklichaam - overloop / -slag - lekkage nutsvoorziening - lekkage waterloopafdichting (aantasting slijblaag)	- Recent (uren - weken) ontstane verandering waterhuishouding van de kering met name toename van waterspanningen - overloop / overslag	- taludinstabiliteit - uitspoeling grond - instabiliteit waterkering - taludinstabiliteit - oppervlakte erosie
Scheuren zonder verticaal verzet	- krimp grondlichaam - water transport infiltratie (indien verzadigd bij stijgend peil) - toename waterspanning in en onder het talud - verschuiven kruin / talud - toename (t-) rekspanning in grondlichaam	- Droogte omstandigheden - daling freatisch vlak - (t-) rekspanning - schuifspanning - verandering doorlatendheid	- lateraal verplaatsen waterkering - instabiliteit
Scheuren en breukvlakken met verticaal verzet	- differentiële krimp (nattere delen krimpen minder) - afschuiving	- verschillen in materiaal, daling freatisch vlak, afschuiving / instabiliteit, ontstaan van schuifspanningen, verandering doorlatendheid	- taludinstabiliteit - instabiliteit waterkering
Opbollen talud	- Verhoging waterspanning nabij het talud - lokale instabiliteit	- hoge waterspanningen in grondlichaam en verzadigde omstandigheden	- taludinstabiliteit - vervolginstabiliteit waterkering
Kruindaling	- compactie, afschuiven talud	- instabiliteit waterkering, samendrukbare ondergrond, toegenomen verticale belasting (in omgeving)	- taludinstabiliteit, afname waterkerende hoogte, toename infiltratie in binnentalud

BIJLAGE 1

PROEF MET INSPECTIETECHNIEK THERMISCH INFRAROOD

Artikel zoals verschenen in de speciale editie van Het WATERschap, dd. 21 nov. 2003)

Auteurs:

T. Vos

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

D. van der Roest

MAP Surveying

INLEIDING

Op 1 januari gingen 6 waterschappen over in 1 hoogheemraadschap: Hollands Noorderkwartier. Op 3 januari, 2 dagen na de fusiedatum, streden de 6 waterschappen als één Hoogheemraadschap al samen tegen de wateroverlast in het boezemsysteem. Kortom, een vliegende start.... misschien heeft dat bijgedragen aan de beslissing om mee te werken aan een test met een helikoptervlucht, juist over bepaalde waterkeringen waar het Hoogheemraadschap al veel inzicht in heeft.

Aan de onderzijde van de helikopter waren een GPS camera en Thermo scanning apparatuur gemonteerd.

PROBLEEMVELD

Sinds 15 miljoen Nederlanders het onderwerp dijken, naast voetbal, tot verjaardagsgesprek hebben verkozen, is de maatschappelijke druk om onze huidige werkwijzen verdedigbaar te kunnen uitleggen, groot. De huidige visuele inspectiemethode van het Hoogheemraadschap bestaat uit arbeidsintensieve wandelingen over de dijken door de objectbeheerders, dit in combinatie met metingen, boringen en sonderingen. De capaciteit wordt gelimiteerd door het benodigde kennis- en ervaringsniveau. Deze situatie vormt voldoende argument voor afweging van elk mogelijk kwalitatief en efficiënt alternatief. Daarnaast stamt onze laatste ervaring met infraroodmeting uit ca. 1995 (een F16 vlucht over de Markermeerdijk)

PROBLEEMSTELLING

We zoeken naar een snelle, kostefficiënte, kwalitatieve en selectieve meetmethode die de dijkbeheerder in staat stelt om duidelijke indicaties voor instabiliteit, scheuren en waterdoorvoer te verkrijgen.

AANPAK

Naast de ervaringen die het Hoogheemraadschap al opgedaan had met zowel 2D geo-electrische metingen, electro-magnetische metingen, geleidbaarheid in zout milieu en grond-radar, is in de afgelopen droogteperiode in ons beheersgebied op extern initiatief opnieuw getest met grondradar, maar ook met infraroodfotografie vanaf de grond. Dit verslag betreft een door MAP Surveying uitgevoerde helikoptervlucht over boezemkeringen en een primaire kering, met infraroodscanning in een synchroon werkende combinatie met GPS camera.

DE SELECTIE VAN ONDERZOEKSMATERIAAL

Voor de vlucht is een opgave gedaan van de Zuiderdijk van Drechterland, oftewel de primaire kering langs het Markermeer. Dit betreft een dijktraject in MER procedure ten behoeve van dijkversterking, waarvan conventionele meetgegevens ruim aanwezig zijn. Daarnaast zijn enkele dijktrajecten van de Schermerboezem gescand. Deze trajecten betroffen versterkingsprojecten in voorbereiding of een deel veenachtig zand/klei dijk waar in deze periode scheuren en lichte verbreding was opgetreden.

BESCHRIJVING VAN DE VLUCHT

De vlucht werd uitgevoerd met een kleine helikopter met daaraan gemonteerd een videocamera gecombineerd met GPS-informatie en een thermisch Infraroodcamera. De snelheid waarmee gevlogen werd was ongeveer 100km/uur op een hoogte tussen de 150 en 300 meter. Binnenin de cockpit kon op verschillende monitoren real time de kwaliteit van de binnenkomende beelden gecontroleerd worden. De gegevens werden vervolgens op tape opgeslagen en zijn na de vlucht direct beschikbaar voor beoordeling.

BESCHRIJVING VAN DE METING

Door de koppeling van de digitale videobeelden met een moving map beeld en de thermische infraroodbeelden heb je in een oogopslag alle relevante informatie bij elkaar. Het digitale videobeeld geeft een goed stilstaand beeld. Op 3 monitoren heb je het complete beeld voor iedereen zichtbaar zo vaak en zo lang als je wilt. De beoordelaars van de verschillende vakgebieden kunnen deze beelden dan alleen of gezamenlijk bekijken en erover discussiëren. Tevens bouw je op deze manier een gemakkelijk toegankelijke database op voor eventuele vergelijking met latere observaties. De thermisch Infrarood camera werd gebruikt om temperatuursverschillen op de dijk zichtbaar te maken. De veronderstelling was dat de dijk overdag door invloed van de zon opwarmt en kwelwater dat door de dijk sijpelt met een lagere, nagenoeg constante, temperatuur, niet. Dientengevolge zou de dijk een koude plek moeten laten zien.

DE EERSTE RESULTATEN

Binnen 2 dagen na de vlucht bleek het al mogelijk de kleurenbeelden te vertonen (dit kan eventueel ook direct na de vlucht), met een wisselende thermische bandbreedte, en synchroon met een video luchtopname. De nauwkeurigheid was opvallend; vanaf de vrij toegestane vlieghoogte van 150 m meter is zelfs een fietser herkenbaar in kleurafwijking en in fotobeeld. Fietspad, berm en steenzetting zijn helder afgebakend te herkennen. Ook een 10 m2 steenzetting met afwijkende temperatuur is herkenbaar. Daar waar temperatuur van sloot en talud hetzelfde zijn, is de grenslijn wel herkenbaar op het fotobeeld, maar vormt het uiteraard 1 kleurvlak op het thermisch beeld. We raakten licht verontrust bij het zien van een helderrode streep in een binnentalud van een boezemwaterkering. Dat betekent meerdere graden Celsius afgebakend verschil. Zou er dan toch. ?

DE CONFRONTATIE MET DE PRAKTIJKMENSEN, DE OBJECTBEHEERDERS.

Deze medewerkers stonden onder grote tijdsdruk op het moment van vrijgave van de beelden. Zij hebben een groot belang bij een systematisch alternatief voor de extra uren die zij de afgelopen tijd investeerden in hun vakgebied. Daardoor was de teleurstelling des te groter toen bleek dat kwetsbare plekken, die de praktijkmensen zelf kenden, niet duidelijk herkenbaar waren. De onrustbarende helderrode streep in een binnentalud bleek een strook kroosvuil te zijn, dat warmte lag uit te dampen.... Ook dieper in de dijk gelegen warmteverschillen, bijv. een transportleiding, komen niet te voorschijn in het thermoscan beeld.

De temperatuur in diepere lagen wordt niet weergegeven terwijl de temperatuur aan de oppervlakte nauwkeurig in beeld wordt gebracht. Dit houdt echter geen relatie met de problematiek waar we naar zoeken. Een lekwaterstroom die zodanig veel temperatuurverschil oplevert dat deze met dit systeem aan de oppervlakte herkend wordt, is in de veelheid van kleurverschillen niet significant herkenbaar. Onze conclusie is daarmee duidelijk; het vliegend inspecteren door middel van de meest recente methode van thermoscanning biedt ons op deze wijze geen substantiele bijdrage aan ons beheer- en inspectiewerk. Literatuur beschrijft echter welgeregistreerde afwijkingen. Dat, samen met de efficiencyvoordelen, nodigen uit tot vervolgonderzoek.

TOCH MEERWAARDE

Wat we al verwachten, kwam uit: de video opname gaf een haarscherp beeld van het object; de dijk. En daarmee is wel degelijk voordeel te halen. In 12 minuten wordt zo'n 20 kilometer dijk gevlogen, daarna is de video opname vrijwel direct beschikbaar voor vertoning. Dit vormt een schril contrast met een visuele inspectie van zo'n 15 kilometer per dag met 2 mensen, worstelend met meetlint, objectieve gegevensnotitie, maar ook met hekken, dammen en toegangswegen. Na een onverwachte calamiteit zoals Wilnis wil je als beheerder ook tussentijds een kwalitatief verantwoorde "quick scan" kunnen uitvoeren. Iedere pol gras is herkenbaar vanaf 80 (150 m) meter hoogte, en voor nog extra nauwkeurigheid werkt uitvergroting met een loep prima. Een opvallende afwezigheid van kroos in een verder groene sloot bleek na visuele controle "in het veld" wel degelijk een borrelende kwelstroom op te leveren ...

KOSTEN VERSUS MEERWAARDE

"Te duur" bestaat niet; het is oud management. De kostprijs van elke inspectiemethode dient afgewogen te worden tegen het gewenste kwaliteitsniveau en efficiencygraad. Als deze vliegmethode daarnaast gebruikt kan worden voor het automatisch aanmaken van de legger(de dijkgegevens conform de Keur), krijgt de afweging voor vliegend inspecteren, inclusief hoogtemeting, als toegevoegde waarde voor visuele inspectie meerwaarde.

Daarvoor is een vaststelling van de wettelijk vereiste, versus de gewenste, nauwkeurigheid voor de legger nodig.

Op deze wijze kunnen de nu nog gebruikelijke handmatige handelingen, tot een minimum worden beperkt.

Tot slot kan een bijdrage aan de actualisatie van gegevens in het boezemkeringen inventarisatie systeem BWN afgewogen worden. Dit door het Hoogheemraadschap verkozen systeem biedt ons inzicht in faalkans x gevolg= het risico.

Tot slot spelen de conversie kosten van de nu gebruikte software met ureninzet naar een jaarlijks geactualiseerd 3D lengteprofiel een rol, met afweging van meerwaarde van de huidige meetmethode.

BIJLAGE 2

KENNISDAG BIJZONDERE INSPECTIETECHNIEKEN: VERSLAG

Door B.J. van Weeren

MODERNE TECHNIEKEN DOEN INTREDE IN WATERKERINGBEHEER

Beheer, onderhoud en inspectie van waterkringen gaan de komende jaren mogelijk sterk veranderen door de komst van remote-sensingtechnieken. De mogelijkheden van optische glasvezels, infrarood, laser, satelliet, (grond)radar e.d. lijken veelbelovend. Hoog tijd om te onderzoeken of ze werkelijk de antwoorden kunnen geven op vragen van waterkeringbeheerders. Dat gebeurde op de door Rijkswaterstaat en STOWA georganiseerde kennisdag Waterkeringbeheer, dinsdag 9 maart 2004, in het Aviodrome in Lelystad.

De aanbieders van remote-sensingtechnieken op de kennismarkt in het Aviodrome wisten het zeker. Binnen afzienbare tijd doen moderne high-techmethoden hun intrede bij het inmeten, monitoren en inspecteren van dijken en kaden. Want laten we eerlijk zijn. Visuele inspectie is anno 2004 niet meer van deze tijd. En hebben de recente calamiteiten bij Wilnis, Terbregge en Stein het ook niet bewezen?! STOWA-voorzitter Jacques Leenen gaf tegengas. Volgens hem zijn nieuwe methoden een welkome aanvulling op visuele inspectie, maar kunnen ze die nooit vervangen. Hij pleitte voor professionalisering, standaardisering en certificering van inspectiemethoden. Bij het zoeken naar bruikbare ondersteunende technieken is het volgens noodzakelijk dat er een brug wordt geslagen tussen het praktische waterbeheer en de ontwikkelaars en aanbieders van nieuwe techniek. De waterkeringbeheerder moet daartoe 'de noden voor goed beheer duidelijk articuleren'. Het bedrijfsleven moet de techniek ontwikkelen die de antwoorden kunnen leveren.

NIET EENVOUDIG

Het goed formuleren van de vragen blijkt volgens onderzoeker Sander Bakkenist nog niet zo eenvoudig. Hij voerde in opdracht van Rijkswaterstaat een onderzoek uit naar de informatiebehoeften van waterkeringbeheerders. Vooral het nader specificeren van de vragen is lastig. Een voorbeeld: ieder waterkeringbeheerder wil weten wat de actuele coördinaten van een dijkprofiel zijn, en wat de hoogte van de stortberm, de grondsamenstelling en het soort bekleding is. Maar in welke orde-grootte, met welke nauwkeurigheid en hoe frequent? Dat laatste is behoorlijk lastig te bepalen, aldus Bakkenist. Maar het zijn wel de vragen die moeten worden beantwoord, om de aanbieders de gelegenheid te geven met een op maat gesneden techniek te komen.

TECHNIEKEN

Tijdens de dag waren er een groot aantal presentaties over diverse technieken. Een methode die in toenemende mate wordt toegepast is het inmeten van dijkprofielen met behulp van laser (laseraltimetrie). Het in kaart brengen gebeurt volgens een van de aanbieders zeer nauwkeurig en tegen lage kosten. Mogelijk doet glasvezel binnenkort zijn intrede als sensorinstrument in het waterkeringbeheer. Via het uitlezen van een lichtpuls in een glas-

vezelkabel, kunnen volgens de aanbieder snel en nauwkeurig zettingen en verzakkingen in ene dijklichaam constateren en ook het vochtgehalte monitoren.

Een veelbelovende toepassing lijkt thermisch infrarood, waarmee gemeten temperatuurverschillen indicatoren zijn voor allerlei processen die zich afspelen in het dijklichaam. Een andere methode daarvoor is de grondradar. Met behulp van het uitzenden en opvangen van elektromagnetische golven worden afwijkende patronen in de ondergrond zichtbaar, zoals verschillen in bodemsamenstelling. Grondradar geeft volgens de aanbieder ook een indicatie over de vochtuithouding en de scheurdichtheid van een dijklichaam.

Een andere radartoepassing is SAR (synthetisch apertuur radar), waarmee opnamen van het aardoppervlak kunnen worden gemaakt. Door de combinatie van twee metingen op twee verschillende tijdstippen kan nauwkeurig de tussentijds opgetreden deformaties worden bepaald.

LASTIG

Uit de presentaties kwam duidelijk naar voren dat er geen middel tegen alle kwalen is. Je zult altijd uitkomen op een combinatie van technieken. Bovendien kunnen weersomstandigheden en licht/donker verstoringen werken op de waarnemingen. Dat maakt het interpreteren van de verkregen informatie - toch al niet eenvoudig - extra lastig. En de interpretatie zullen de waterkeringbeheerders te allen tijde zelf moeten blijven doen.

Hoofdinspecteur-ingenieur Wijnand Broeders van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde (RWS) gaf de aanbieders van nieuwe technieken nog wat huiswerk mee. De technieken moeten volgens hem aantoonbaar risico-reducerend moeten zijn. Ze moeten de grootste risico's kunnen opsporen, zodat waterkeringbeheerders kunnen ingrijpen voordat zich een calamiteit voordoet. De methoden moeten ook een duidelijke relatie kunnen leggen tussen het waargenomen gedrag en mogelijke bezwijkmechanismen. En de technieken moeten 'slim' zijn. Dat wil zeggen: maximale risico-reductie tegen minimale inspanning, zowel toepasbaar in het dagelijks beheer als bij calamiteiten.

De voorzitter van de Unie van Waterschappen Sybe Schaap stak de waterkeringbeheerders aan het eind van de dag een hart onder de riem. Nederland is na de recente calamiteiten niet ineens onveilig en het beheer was en is goed geregeld, benadrukte hij. Hij bepleitte het handhaven van visuele inspecties vanwege de broodnodige ervaringskennis die daarmee aanwezig blijft. Vul dit aan met nieuwe technieken, tref zonodig maatregelen en wees niet bang daar geld in te steken, voegde hij daaraan toe. En wees bestand tegen lieden die eerst jammeren dat je je werk niet goed doet, en vervolgens mopperen dat het te veel geld kost.

BIJLAGE 3

KENNISDAG BIJZONDERE INSPECTIETECHNIEKEN: EVALUATIE

Door: W. Zomer en S. Bakkenist (Infram)

INLEIDING

Deze beschrijving van de kennisdag betreft een algemene impressie en een technische inhoudelijke evaluatie van de verschillende inspectietechnieken, mede gebaseerd op de uitwerking van de cases door verschillende aanwezige beheerders van waterkeringen.

1. ALGEMENE IMPRESSIE VAN DE DAG

De dag begon met de openingstoespraak van Jacques Leenen van STOWA waarin hij de ontwikkelingen van de afgelopen tijd aan de orde stelde en de rol van de kennisdag toelichte. Daarna lichtte Sander Bakkenist van INFRAM het onderzoek Informatiebehoefteinventarisatie Waterkeringbeheer / dijkdeformatie uitgevoerd in opdracht van de Meetkundige Dienst toe. Hierna heeft Gerard Kruse van GeoDelft een presentatie gehouden over faalmechanismen van dijken en op welke wijze deze zich openbaren. Vervolgens is het dagprogramma toegelicht en zijn de presentaties en de informatiemarkt van start gegaan. Er zijn in de ochtend diverse presentaties gegeven door instituten die ingingen op de huidige ontwikkelingen in meetapparatuur en dergelijke. In de pauze zijn een aantal lunchpresentaties verzorgd die zich minder op de techniek richten, maar meer op andere relevante zaken zoals de verwerking van de verkregen gegevens en het combineren van verschillende technieken. In de middag zijn door diverse bedrijven presentaties gegeven over de toepasbaarheid van technieken binnen het waterkeringbeheer. Na deze presentaties zijn door dhr. Broeders en dhr. Schaap korte lezingen gehouden over de bestuurlijke en politieke context van de Kennisdag. Ter afsluiting van de dag is een case uitgevoerd door een aantal groepen. Onder de inzendingen is een helicoptervlucht verloot.

2. TECHNISCHE INHOUDELIJKE EVALUATIE

A. CASES

Doordat de cases als afsluiter van het programma stonden gepland, zijn er minder cases uitgevoerd dan op werd gehoopt. Groepen die wel de cases hebben uitgevoerd, zijn tot creatieve resultaten gekomen. Een korte samenvatting:

- Voor statische informatie wordt voorgesteld om middels traditionele methoden (grond onderzoek) en RS-technieken een basis te leggen;
- Hierna kan middels verschillende technieken het dynamische deel worden ingewonnen;
- Visuele inspectie blijven, zoals verwacht, een belangrijke rol spelen.
- Multi-inzetbare techniekpakketten lijken aan te slaan bij de waterkeringbeheerder;
- De levertijd speelt een belangrijke rol;
- Combinatie van technieken (van globaal naar gedetailleerd) wordt als een van de opties aangedragen;
- Combinaties van verschillende technieken met hetzelfde soort meetdoelen wordt geopperd;

- Combineren van inspectievluchten met andere partijen / andere overheden wordt voorgesteld;

B. REACTIES (MIDDELS EVALUATIEFORMULIEREN OF ANDERSZINS)

Er zijn evaluatieformulieren ontvangen waarin de waterkeringbeheerder antwoord heeft gegeven op de vragen die daarin zijn gesteld. Per vraag is een samenvatting van de antwoorden opgenomen van de antwoorden. De antwoorden van de aanbieders (A:) en vragers (V:) zijn opgenomen per vraag.

Is het aanbod op de markt voldoende toegespitst op de vraag waarmee u als waterkeringbeheerder kampt?

V: Ja zeker! Er zijn veel hoopgevende technieken die gecombineerd met visuele inspecties toepasbaar lijken.

Gedeeltelijk.

Er zijn nog vraagtekens die niet kunnen worden beantwoord. Goed aanwezig, met name voor inspecties.

Is de vraagstelling op de markt voldoende toegespitst op wat u heeft te bieden als aanbieder?

A: Ja, ze waren gericht en onderstegen het belang van het samentrekken van technieken in een totaalpakket.

Gedeeltelijk aangezien de focus niet ligt op de verwerking van gegevens.

Ruim voldoende.

Welke onduidelijkheden bestaan over de inspectietechnieken in relatie tot de gestelde informatiebehoefte?

V: De totale kosten zijn nog onzeker. Conversiekosten naar het systeem van het waterschap (Intwis, etc.) spelen een grote rol.

Onduidelijk wat nu werkelijk kan en wat niet en in welke mate het iets levert.

Vaak nog beperkte ervaring.

A: Geen onduidelijkheden. Deze dag heeft veel opgehelderd!

Hoe dienen de gegevens weergegeven en gekoppeld te worden?

Hoe karakteriseert u de afstemming tussen markt en klant?

V: Communicatie met technici is lastig, al lukte het wel.

Vaak toegespitst op specifieke situatie.

Voldoende.

Moet nog groeien, er heerst nog scepsis vanuit de waterkeringbeheerder.

A: Er bestaat nog een leemte tussen de techniek met implementatie en concrete toepassing.

Waar ziet u verbeterpunten in de benadering door de markt van u als waterkeringbeheerder en op welke wijze karakteriseert u deze?

V: Aan bidders gaan samenwerken met elkaar: het probleem zit hem in managerial goals. Hier ligt een rol voor STOWA.

Geen.

Er wordt inventief gedacht, maar de producten zijn nog niet allemaal uitgekristaliseerd.

Afstemming van dezelfde informatiebehoefte met verschillende aanbieders (samenwerking).

A: Afstemming met marktpartijen onderling verbeteren. Momenteel presenteert ieder zich apart.

Meer samenwerking tussen leveranciers om zodoende totaaloplossingen te kunnen bieden.
Kennisoverdracht met betrekking tot de mogelijkheden van de technieken.

Waar ziet u leemtes of problemen in de operationele toepassing van de techniek?

V: De vertaalslag tussen inwinnen en concluderen: simpel uitleggen wat er gebeurt.

Men verkeerd nog in een ontwikkelingsfase.

Inspectiemethode diepere ondergrond.

A: Kennis van technieken bij de waterkeringbeheerder en de effecten en kosten en baten van de inzet van de technieken.

Samenwerking tussen verschillende overheden onderling.

Technieken komen veelal uit andere toepassingsgebieden. Soms ontbreken relevante referenties.

Op welke wijze wilt u hierover afstemming bereiken met de techniek aanbieder?

V: STOWA kan een rol vervullen in: training, pilots, communicatie, rapportage;

Proefprojecten, praktijkvoorbeelden.

A: Creëren van pilotprojecten.

Via relaties die de problematiek kennen.

Als vervolg op de kennisdag wordt als optie de organisatie van een pilotproject veelvuldig geopperd.

BIJLAGE 4

SAMENVATTING ONDERZOEKSRESULTATEN “INVENTARISATIE INFORMATIEBEHOEFTE WATERKERINGBEHEER / DIJKDEFORMATIE”

RIJKSWATERSTAAT, MEETKUNDIGE DIENST
(TEGENWOORDIG: ADVIESDIENST VOOR GEO-INFORMATIE EN ICT).

1. VRAAGARTICULATIE EN INFORMATIEBEHOEFTE

De vraag naar informatie over de toestand van de waterkering wordt onderscheiden in twee situaties:

1. Informatiebehoefte tijdens regulier beheer;
2. Informatiebehoefte tijdens calamiteiten.

Het verschil tussen beide punten is dat de informatie die benodigd is in tijden van calamiteiten vaak snel geleverd moet worden in vergelijking met de informatiebehoefte tijdens regulier beheer.

2. INFORMATIEVRAAG

De geïnventariseerde informatievraag is als volgt onderverdeeld:

- Dagelijks beheer van waterkeringen;
 - a. Profiel en opbouw;
 - b. Bekledingen;
 - c. Wegen;
- Calamiteiten;
- Vergunning en handhaving;
- Natuurontwikkeling;
- Toetsing op veiligheid.

In het navolgende wordt per vermeld punt een tabel weergegeven waarin de informatievraag en de vereiste aspecten hiervan zijn vermeld.

3. INSPECTIEPARAMETERS PROFIEL EN OPBOUW VAN WATERKERINGEN

3.a. Inspectieparameters profiel en opbouw

Met betrekking tot het profiel en de opbouw van waterkeringen zijn de volgende inspectieparameters van belang:

- het profiel van de waterkering (de kruinhoogte en de taluds van de waterkering) [1];
- zettingen en verzakkingen [1];
- de hoogte van de stortberm;
- de samenstelling van de grond en de opbouw van grondlagen;
- grondwaterstanden in de waterkering;
- de opbouw van de vooroever;

- de aanwezigheid van niet-waterkerende objecten.

Voor duinen zijn de volgende inspectieparameters vermeld met betrekking tot het profiel en de opbouw:

- hoeveelheid zand aanwezig in de duinen [1];
- kwaliteit van het aanwezige helmgras (en de aanwezigheid van andere soorten vegetatie) [1];
- achterloopsheid van de duinen¹;
- aanwezigheid van stuifgaten;
- erosie van de kustlijn (vooroever);
- standzekerheid van de strandhoofden.

Tabellen 1 en 2 geven de inspectieparameters en aspecten hiervan voor respectievelijk het profiel en de duinen weer.

TABEL 1 INSPECTIEPARAMETERS PROFIEL EN OPBOUW VAN WATERKERINGEN EN ASPECTEN HIERVAN

Inspectieparameter	Significante eenheid	Nauwkeurigheid	Inspectiefrequentie ¹	Ruimtelijke spreiding	Toelichting
Profiel van de waterkering (inclusief kruinhoogte)	in centimeters	Z-coördinaat: $\pm 0-5$; X- en Y-coördinaat: 0 - 10 cm.	Standaard: 5 jaarlijks; bij nieuwe waterkeringen of waterkeringen gevoelig voor zetting: jaarlijks tot elke paar maanden.	Zeer divers. Van 10 - 500 m.	Hoogte, breedte, lengte.
Plaatsvinden van zettingen en verzakkingen	in millimeters en in centimeters	Z-coördinaat: $\pm 0-5$; X- en Y-coördinaat: 0 - 10 cm.	Standaard: 5 jaarlijks; bij nieuwe waterkeringen of waterkeringen gevoelig voor zetting: jaarlijks tot elke paar maanden.	Afhankelijk van de ondergrond. Verschil in zettingen moeten duidelijk worden: 20 - 100 m.	Verschil in hoogte door de tijd.
Hoogte stortberm voor de waterkering	In decimeters	Z-coördinaat: $\pm 10 - 20$ cm.	Standaard: jaarlijks, afhankelijk van de situatie later of eerder.	Elke 100 m. Soms dichterbij tot 50 m (bij bijzonderheden).	De lage betrouwbaarheid wordt geaccepteerd omdat door de hoeveelheid op verschillende hoogte aanwezige stortstenen groot is.
Samenstelling grond / opbouw grondlagen	in centimeters	Afwijking van laboratorium analyses.	Eenmalig bij aanleg.	Gebiedsdekkend.	De in het laboratorium gebruikte foutmarges worden geaccepteerd.
Grondwaterstanden in de kering	in centimeters	$\pm 5-10$ cm	Afhankelijk van het gebied. Soms meerdere malen per dag voor een aantal dagen (getijde). Bij hoogwater.	Afhankelijk van de ondergrond en van het doel.	De grondwaterstand wordt als indicatief gezien. Vaak middels peilbuizen.
Opbouw vooroever	in tientallen m ³	$\pm 5-10$ cm	Jaarlijks in het kader van kustmetingen en na storm	10 - 100 m langs de kust. Elke meter in het dwarsprofiel haaks op de kust	Verloop van de vooroever.
Aanwezigheid niet-waterkerende objecten	Onbekend	Moet aanwezige objecten weergeven.	2 tot 4 keer per jaar.	Gebiedsdekkend: alle objecten	Huizen, bomen, tuinen, hekken, etc. Werkelijke situatie dient bekend te zijn. Veranderingen hierin zijn wenselijk om te monitoren en in te grijpen als deze illegaal zijn (handhaving).

¹ Met achterloopsheid van een duinenrij wordt het volgende bedoeld: wanneer, bij meerdere duinenrijen, de eerste duinenrij deels bezwijkt doordat een storm een gat heeft geslagen, kan het water tussen de eerste en tweede rij instromen. De duinenrij is achterloops.

TABEL 2 INSPECTIEPARAMETERS DUINEN EN ASPECTEN HIERVAN

Inspectieparameter	Significante eenheid	Nauwkeurigheid	Inspectiefrequentie ¹	Ruimtelijke spreiding	Toelichting
Holle ruimtes en geulvorming onder stenen	in centimeters	Verzakking vanaf 2 cm.	Variërend van twee wekelijks tot jaarlijks. Na iedere calamiteit.	Gebieds-dekkend	Holle ruimte onder de stenen ondermijnen de bekleding. Erosie vindt plaats onder de stenen waardoor het dijklichaam wordt ondermijnd. Wens: vanaf 2 cm diepte waarnemen. Wordt vaak duidelijk door het meezakken van het basalt. Dit gebeurt echter niet altijd.
Verzakken, kammen en afschuiven bekleding	in centimeters	± 0 - 5 cm.	Variërend van twee wekelijks tot jaarlijks tot vijfjaarlijks. Na iedere calamiteit.	Gebieds-dekkend	Verzakken, kammen en afschuiven zijn vaak met het oog waar te nemen. Behalve als het erg langzaam gaat.
Ontbreken van zetstenen	in centimeters	X-, Y- en Z-coördinaten: ± 0 - 5 / 10 cm. Elke steen.	Variërend van twee wekelijks tot jaarlijks. Na iedere calamiteit.	Gebieds-dekkend	Stenen die uit de glooiing zijn verwijderd. Elke steen dient gedetecteerd te worden, aangezien anders snel meerdere stenen weg kunnen slaan.
Aanwezigheid van houtopslag en andere vegetatie	Aanwezigheid hiervan.	Aanwezigheid hiervan.	Variërend van twee wekelijks tot jaarlijks. Na iedere calamiteit.	Gebieds-dekkend	Aanwezigheid is vaak voldoende om te verwijderen. Houtopslag kan bekledingen ondermijnen en voor erosie zorgen bij hoogwater.
Tonronde bekleding	in centimeters	± 0 - 5 cm.	Variërend van twee wekelijks tot jaarlijks. Na iedere calamiteit.	Gebieds-dekkend	De vorm van de bekleding (bol). Staat in verband met verzakken, kammen en afschuiven van de bekleding.
Bekledingsvlakken	Exacte grens van het ene naar het andere vlak.	Exacte grens (lastig als verschillende zuillengtes elkaar afwisselen).	Eenmalige meting.	Gebieds-dekkend	De grens tussen bekledingsvlakken.

3.b. Inspectieparameters bekledingen

Met betrekking tot stenen bekledingen zijn de volgende inspectieparameters van belang:

- ontbreken van stenen;
- holle ruimtes en geulvorming onder de stenen;
- verzakken, omhoog gedrukte stenen, kammen en afschuiven van de bekleding;
- aanwezigheid van houtopslag en andere vegetatie;
- bekledingsvlakken;
- tonronde van de bekleding.

Met betrekking tot asfaltbekledingen zijn de volgende inspectieparameters van belang:

- scheurvorming en rafeling;
- gaten onder de bekleding;
- stripping;
- dikte;
- stijfheid.

Met betrekking tot grasbekledingen zijn de volgende inspectieparameters van belang:

- gesloten grasmat, kale plekken;

- kwaliteit grasmat (b.v. (hoogwater-) schade, polvorming, ongezond gras, vertrappen door vee, berijden met voertuigen, vandalisme);
- soortenrijkdom;
- aanwezigheid onder andere mollen, konijnen, muskus- en beverratten (holen en gaten);
- doorworteling;
- beweiding;
- scheuren.

Tabellen 3, 4 en 5 geven de inspectieparameters en aspecten hiervan voor respectievelijk stenen bekledingen, asfalt bekledingen en grasbekledingen weer.

TABEL 3 INSPECTIEPARAMETERS STENEN BEKLEDING EN ASPECTEN HIERVAN

Inspectieparameter	Significante eenheid	Nauwkeurigheid	Inspectiefrequentie ¹	Ruimtelijke spreiding	Toelichting
Holle ruimtes en geulvorming onder stenen	in centimeters	Verzakking vanaf 2 cm.	Variërend van twee wekelijks tot jaarlijks. Na iedere calamiteit.	Gebieds-dekkend	Holle ruimte onder de stenen ondermijnen de bekleding. Erosie vindt plaats onder de stenen waardoor het dijklichaam wordt ondermijnd. Wens: vanaf 2 cm diepte waarnemen. Wordt vaak duidelijk door het meezakken van het basalt. Dit gebeurt echter niet altijd.
Verzakken, kammen en afschuiven bekleding	in centimeters	± 0 - 5 cm.	Variërend van twee wekelijks tot jaarlijks tot vijfjaarlijks. Na iedere calamiteit.	Gebiedsdekkend	Verzakken, kammen en afschuiven zijn vaak met het oog waar te nemen. Behalve als het erg langzaam gaat.
Ontbreken van zetstenen	in centimeters	X-, Y- en Z-coördinaten: ± 0 - 5 / 10 cm. Elke steen.	Variërend van twee wekelijks tot jaarlijks. Na iedere calamiteit.	Gebiedsdekkend	Stenen die uit de glooiing zijn verwijderd. Elke steen dient gedetecteerd te worden, aangezien anders snel meerdere stenen weg kunnen slaan.
Aanwezigheid van houtopslag en andere vegetatie	Aanwezigheid hiervan.	Aanwezigheid hiervan.	Variërend van twee wekelijks tot jaarlijks. Na iedere calamiteit.	Gebiedsdekkend	Aanwezigheid is vaak voldoende om te verwijderen. Houtopslag kan bekledingen ondermijnen en voor erosie zorgen bij hoogwater.
Tonronde bekleding	in centimeters	± 0 - 5 cm.	Variërend van twee wekelijks tot jaarlijks. Na iedere calamiteit.	Gebiedsdekkend	De vorm van de bekleding (bol). Staat in verband met verzakken, kammen en afschuiven van de bekleding.
Bekledingsvlakken	Exacte grens van het ene naar het andere vlak.	Exacte grens (lastig als verschillende zuillengtes elkaar afwisselen).	Eenmalige meting.	Gebiedsdekkend	De grens tussen bekledingsvlakken.

TABEL 4 INSPECTIEPARAMETERS ASFALTBEKLEDING EN ASPECTEN HIERVAN

Inspectieparameter	Significante eenheid	Nauwkeurigheid	Inspectiefrequentie ²	Ruimtelijke spreiding	Toelichting
Dikte	In centimeters.	Onbekend	Variërend van dagelijks tot (meer)maandelijks.	Puntmeting-en. Willekeurig verspreid.	De dikte bepaalt onder andere de sterkte van de asfaltlaag. De puntmetingen worden verspreid over de bekleding. Er is geen vaste verdeling voor het aantal puntmetingen.
Scheurvorming en rafeling	Diepte, lengte en breedte scheur: in centimeters ?	Onbekend	Variërend van elke paar maanden tot jaarlijks.	Alle scheuren en rafels.	Door scheurvorming en rafeling kan erosie optreden en kunnen er gaten onder de bekleding komen. Deze gaten worden snel duidelijk omdat het asfalt meezakt. Plantengroei kan in scheuren voorkomen.
Gaten onder de bekleding	In centimeters.	Onbekend	Variërend van elke paar maanden tot jaarlijks. Na hoogwater.	Gebiedsdekkend	Door gaten onder de bekleding verzakt het asfalt en kan scheurvorming optreden. Gaten worden meestal vrij snel duidelijk omdat het asfalt meezakt. Wens: waarnemen vanaf diepte van 2 cm.
Stripping (afbrokkelen bovenste laag. Dikte wordt dunner)	In centimeters.	Onbekend	Veelal vijfjaarlijks.	Gebiedsdekkend	Het proces dat de bovenste laag van het asfalt loslaat.
Stijfheid	Zoals wordt vereist in laboratorium metingen	Zoals wordt vereist in laboratorium metingen	Veelal vijfjaarlijks in het kader van de LTV.	Puntmeting-en. Willekeurig verspreid.	De stijfheid geeft aan in hoeverre de asfalt laag golfklappen kan opvangen. De puntmetingen worden verspreid over de bekleding. Er is geen vaste verdeling voor het aantal puntmetingen.

TABEL 5 INSPECTIEPARAMETERS GRASBEKLEDING EN ASPECTEN HIERVAN

Kwaliteit grasmat (b.v. (hoogwater) schade, polvorming, ongezond gras)	Onbekend. Zie toelichting.	Lastig te concretiseren. Wordt uitgevoerd door experts. Monitoren het hele areaal en doen steekproeven.	Variërend van elke paar maanden tot jaarlijks. Na hoogwater.	Gebiedsdekkend	Verstikking door lang hoogwater. Pollen in het gras die kale plekken rondom de pol veroorzaken. Gezondheid en vitaliteit van het gras.
Soortenrijkdom	Onbekend. Zie toelichting.	Lastig te concretiseren. Wordt uitgevoerd door experts. Monitoren het hele areaal en doen steekproeven.	Veelal vijfjaarlijks.	Gebiedsdekkend	Verschiedende soorten kruiden en grassen aanwezig in de grasmat. De significante eenheid
Aanwezigheid o.a. mollen, konijnen, muskus- en beverratten	Onbekend. Zie toelichting.	Onbekend. Zie toelichting.	Variërend van dagelijks tot (meer)maandelijks.	Gebiedsdekkend	Deze knaagdieren graven in de grasmat. Bij hoogwater erodeert een deel weg. Schade is het gevolg. De significante eenheid en nauwkeurigheid is niet te omschrijven, omdat de aanwezigheid hiervan al waargenomen dient te worden.
Doorworteling	Veel dikke en dunne wortels in bovenste grondlaag (zie LTV)	Volgens methode LTV.	Wanneer het noodzakelijk is om de doorworteling te bepalen, gebeurt dit vijfjaarlijks in het kader van de LTV.	Bovenste 20 cm van de grasmat, 4 steekproeven in vakken van 5-5 meter (gehele dijk in deze vakken indelen)	Geeft sterkte en veerkracht aan de grasmat. Mate van voorkomen van dunne en dikke wortels in de laag van maaiveld tot 0,15 m-mv (zie LTV).
Beweiding	Type beweiding (schapen, koeien, etc.)	Niet te concretiseren. Type beweiding.	Wekelijks tot (meer)maandelijks	Gebiedsdekkend	Runderen veroorzaken schade aan de grasmat. Schapen niet. Ook in het kader van handhaving is dit belangrijk.

3.C. INSPECTIEPARAMETERS WEGEN

De inspectieparameters van (asfalt)wegen kunnen worden gecombineerd met (asfalt)bekledingen op waterkeringen. Uit tabel 6 zijn voor asfaltbeton de volgende inspectieparameters overgenomen:

- rafeling asfaltbeton en zeer open asfaltbeton (ZOAB);
- dwarsonvlakheid;
- oneffenheden;
- scheurvorming.
- Voor elementverhardingen zijn de volgende inspectieparameters gedestilleerd:
- dwarsonvlakheid;
- oneffenheden.
- Voor cementbeton zijn de volgende inspectieparameters geformuleerd:
- oneffenheden;
- scheurvorming;
- voegvulling.

TABEL 6 SCHADEBEELDEN EN INSPECTIEPARAMETERS WEGEN [CROW, WEGBEHEER, MAART 2001]

Verhardings- kenmerk	Schade	ERNST			Beschrijving	Bijzonderheden bij beoordeling
		L	M	E		
Asfaltbeton						
Textuur	Rafeling asfaltbeton en oppervlakbehandeling (%)	-	20 - 50	≥ 50	% van de maatgevende m ² verloopt schade	Niet: in kantstrook / lichte rafeling / verdwijnen strooklaag Alleen: bij steenfractie > 2 mm
	Rafeling ZGA8 (%)	5 - 10	10 - 20	≥ 20		Niet: in kantstrook
Vlakheid	Dwarsonvlakheid (m/100 m)	10 - 20	20 - 30	≥ 30	mm hoogteverschil	Niet: samen met langscheuren / kantstrook Alleen: indien langer dan 5 m en aanéengesloten In beide sporen: 1 x beoordelen (max. 100 m per 100 m) Rijbaan op grens twee inspectiestroken: 2 x beoordelen
	Oneffenheden (st/100 m)	5 - 15	15 - 30	≥ 30	mm hoogteverschil	Alleen indien < 5 m ² Bij fietspaden: lichte schade beoordelen als matige Ook a.g.v. DS, DL en BW (alleen bij hinder en gevaar)
Samenhang	Scheurvorming (m/100 m)	ja	nee	nee	gevulde scheuren alleen in lengterichting hoogteverschil > 10 m in langs- en dwarsrichting verbonden scheuren	Niet: in kantstrook / walscheuren Bij twijfel locatie: toedelen aan meest rechte inspectiestrook Ook ellips- en cirkelvorm en reflectiescheuren
		ja nee nee nee	nee ja ja nee	nee nvt ja ja		
Elementen						
Vlakheid	Dwarsonvlakheid (m/100 m)	10 - 25	25 - 40	≥ 40	mm hoogteverschil	Niet: in kantstrook Alleen: indien langer dan 5 m en aanéengesloten In beide sporen: 1 x beoordelen (max. 100 m per 100 m) Rijbaan op grens twee inspectiestroken: 2 x beoordelen
	Oneffenheden (st/100 m)	5 - 15	15 - 30	≥ 30	mm hoogteverschil	Alleen indien < 5 m ² Bij fietspaden: lichte schade beoordelen als matige Ook a.g.v. DS, DL en BW (alleen bij hinder en gevaar)
Cementbeton						
Vlakheid	Oneffenheden (st/100 m)	5 - 10	10 - 15	≥ 15	mm hoogteverschil	Alleen indien lengte < plaatlengte (5 à 6 m) Bij fietspaden: lichte schade beoordelen als matige Ook a.g.v. scheurvorming, DV, LV, BG, AK en BW (hinder en gevaar)
Samenhang	Scheurvorming (plaat/100 m)	< 3	3 - 10	≥ 10	mm scheurwijdte mm hoogteverschil mm afbrokkeling gevulde scheuren	Langs- en/of dwarscheuren Hoogteverschillen beoordelen als oneffenheden Bij twijfel locatie: toedelen aan meest rechte inspectiestrook
		< 5 nee ja	5 - 10 < 50 nee	≥ 10 ≥ 50 nee		
Waterdicht- heid	Voegvulling (m)	-	deels ja nee	geheel geheel ja	verlies hechting noodzaak vervanging plaatselijke uitstulping ontbreekt	

4. INSPECTIEPARAMETERS TIJDENS EN NA CALAMITEITEN

Bij calamiteiten wordt geïnspecteerd op de volgende parameters:

- optreden van kwel tijdens langdurig hoogwater (i.v.m. verzadiging waterkeringen);
- optreden van acute schade aan dijken met eventueel doorbraak tot gevolg;
- overslagdebiet.
- Na een calamiteit is er vooral een grote behoefte aan:
- gebiedsdekkende actuele informatie over schade aan de waterkeringen;
- gebiedsdekkende informatie over gevolgschade over het gebied.

Tabel 7 geeft de inspectieparameters en aspecten hiervan voor respectievelijk stenen bekle-
dingen, asfalt bekleidingen en grasbekledingen weer.

TABEL 7

INFORMATIEBEHOEFTE TIJDENS EN NA CALAMITEITEN

Informatiebehoefte	Levertijd	Toelichting
Tijdens de calamiteit		
Optreden van kwel tijdens langdurig hoogwater	Zo snel mogelijk na opdracht (in uren, niet in dagen)	De informatie dient gebiedsdekkend (alle plaatsen waar kwel optreedt) te zijn en dagelijks te meten zijn. Geeft een indicatie voor optredende verzadiging van de waterkering.
Optreden van acute schade aan dijken (met eventueel doorbraak tot nevaln)	Zo snel mogelijk na opdracht (in uren, niet in dagen)	Deze informatie is nodig om het tijdig evacueren van mensen mogelijk te maken.
Overslaggebied	Onbekend	Onbekend
Na de calamiteit		
Gebiedsdekkende actuele informatie over schade aan waterkeringen	Zo snel mogelijk na opdracht (in uren, niet in dagen)	Nodig om zo snel mogelijk met de reparatie van de waterkering te kunnen beginnen.
Gebiedsdekkende informatie over gevolgschade over het gebied.	Zo snel mogelijk na opdracht (in uren, niet in dagen)	Nodig bij de bepaling van het totaal schade bedrag. De overheid kan met een wederopbouw hier dan rekening mee houden.

5. INSPECTIEPARAMETERS VOOR HANDHAVING

Met betrekking tot het profiel en de opbouw van waterkeringen zijn de volgende inspectieparameters van belang:

- aanwezigheid, locatie en aard van kabels en leidingen;
- verandering in, op of aan de waterkering (met betrekking tot het handhavingsinstrument). Hieronder vallen onder andere:
 - monitoren van werkzaamheden/vergunningen;
 - ontdekken van illegale activiteiten aan de waterkering;
 - monitoren van waterkeringvreemde elementen.

Tabel 8 geeft de inspectieparameters en aspecten hiervan voor respectievelijk het profiel en de duinen weer.

TABEL 8

INSPECTIEPARAMETERS HANDHAVING EN VERGUNNINGEN EN ASPECTEN HIERVAN

Inspectieparameter	Significante eenheid	Nauwkeurigheid	Inspectiefrequentie 1	Ruimtelijke spreiding	Toelichting
Aanwezigheid, locatie en aard van kabels en leidingen	Onbekend. De exacte locatie dient bekend te zijn.	Onbekend. De exacte locatie dient bekend te zijn.	Eenmalig. Dan bijhouden van de informatie in een GIS.	Gebieds-dekkend	De ligging van kabels en leidingen is van groot belang voor de veiligheid van de waterkering, vooral ook tijdens calamiteiten.
Veranderingen in, op of aan de waterkering.	Onbekend. De exacte locatie dient bekend te zijn.	Onbekend. De exacte locatie dient bekend te zijn.	Bijvoorbeeld halfjaarlijks.	Gebieds-dekkend	Er worden werken op en aan waterkeringen uitgevoerd waarvoor geen vergunning is aangevraagd of kan worden gegeven. Wanneer periodiek gebiedsdekkend informatie kan worden verstrekt over veranderingen op en aan de waterkering is dit zeer wenselijk.

6. NATUURONTWIKKELING

In de vraaggesprekken is herhaaldelijk de ontwikkeling van natuur en ecologische samenstelling van waterkeringen en uiterwaarden naar voren gekomen. Vooral waterkering-beheerders langs de rivieren hechten grote waarde aan de ontwikkeling van natuurgericht beheer. Hierbij letten zij op de ontwikkeling van stroomdalflora. Vragen die hierbij gesteld worden zijn:

- welke soorten komen voor?
- vormen deze geen bedreiging voor de waterkering?

- hoe ontwikkelt de natuur zich in de uiterwaarden van een rivier?

Aangezien het inventariseren van de soortenrijkdom een onderdeel is van het beheer van het groene deel van de waterkering (d.w.z. de grasmat) is het aspect natuur en ontwikkeling hiervan op deze manier in paragraaf 2.3.2 opgenomen, onder de categorie *grasmatten*.

7. TOETSING OP VEILIGHEID

De LTV geeft aan op welke wijze de waterkeringbeheerder waterkeringen dient te toetsen op veiligheid en is gericht op een uniforme maatstaf voor de beoordeling van de kwaliteit van de keringen, die dienen ter bescherming tegen overstromingen van het dijkkringgebied als geheel, en voor de presentatie hiervan [1]. Aspecten waar de waterkeringbeheerder op toetst zijn voor een deel reeds vermeld in de voorgaande paragrafen en spelen een grote rol in het dagelijks beheer van de waterkering. Er dient te worden opgemerkt dat met de LTV alleen de functie waterkeren van een waterkering wordt getoetst en geen nevenfuncties. De structuur van toetsen is zo opgebouwd dat men met eenvoudige rekenregels begint en meer geavanceerde berekeningen uitvoert wanneer dit gewenst is.

BIJLAGE 5

PRESENTATIE: INFORMATIEBEHOEFTE WATERKERINGSBEHEERDERS

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Informatiebehoefte waterkeringbeheerders

door Wouter Zomer en Sander Bakkenist

13-1-2005 RWS AGI, INFRAM BV

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Inhoud

- Aanleiding
- Resultaten vraaggesprekken
- Leemten in informatiebeeld
- Discussie en vragen

13-1-2005 2

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Aanleiding

- Uitvoering studie in opdracht van Rijkswaterstaat, adviesdienst Geo-informatie & ICT
- Operationalisering monitoring weringen met RS technieken
- Definieren van informatie keten
- Innovatie start met helder stellen van informatievraag!
- Informatie cyclus – vraag dan aanbod

13-1-2005 3

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Aanpak

- Van vraag naar aanbod
- Gericht op operationalisering
- Faciliterende rol
- Realisatie middels risicodragende consortia
- Afbakening gezocht: kansrijk aandachtsgebied geselecteerd

13-1-2005 4

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Informatiecyclus

13-1-2005 5

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Informatieketen definiëren

13-1-2005 Bron: AGI 6

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Fase I: Wat is de vraag?

- Informatie behoefte
 - Beheer
 - Beleid
 - Dagelijks onderhoud
 - 5-jaarlijkse toetsing
 - Vergunningverlening
 - ...

12-1-2005 7

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Selectie aandachtsgebieden

- Kaartje met 3 gebieden
 - Meren
 - Kust
 - Rivieren

12-1-2005 8

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Algemeen

- Meerdere beheerders in zelfde domein: Rijkswaterstaat, water- en hoogheemraadschappen, provincie
- Kust, meren, rivieren
- 13 vraaggesprekken
- Snelle antwoorden, moeizame specificatie
- Een overzicht met oog voor detail...

12-1-2005 9

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Categoriën

- Geometrie & profiel van waterkeringen
- Bekledingen
- Wegen
- Handhaving
- Calamiteiten
- Selectie van inspectieparameters

12-1-2005 10

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Geometrie & profiel van waterkeringen

- Hoogte en profiel (x-, y- en z-coördinaten) en veranderingen hierin (verzakkingen, zettingen)
- Hoogte van de stortberm
- Samenstelling grond
- Grondwaterniveau

12-1-2005 11

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Inspectieparameter	Orde grootte	Nauwkeurigheid	Inspectiefrequentie	Ruimtelijke spreiding
Veranderingen van zettingen en verzakkingen	in centimeters	X, Y, Z-coördinaat: ± 0-5-10 cm.	Standaard: 5 jaarlijks; bij nieuwe waterkeringen of waterkeringen gevoelig voor zetting: jaarlijks tot elke paar maanden.	afh. Omvang (vocht in zettingen meenemen) 20 - 100 m elke 100 m, soms dichterbij tot 50 m
Hoogte stortberm voor de waterkering	in dm	Z-coördinaat ± 10 - 20 cm.	Standaard: jaarlijks, afhankelijk van de situatie later of eerder.	
Samenstelling grond	in centimeters	Afwijking van laboratorium analyses.	Eensmalig bij aanleg.	Grondb-diktheid
Grondwaterstanden in de kering	in centimeters	± 5-10 cm	afh. Getijd, soms meerdere malen per dag voor korte duur (getijde); bij hoogwater (dijken rivieren)	Onbekend

12-1-2005 12

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Geometrie & profiel van waterkeringen

- Hoeveelheid zand in duin
- Kwaliteit van het heilgras
- Achterloopsheid van duinen
- Aanwezigheid van stuifgaten
- Erosie van kustlijn
- Standzekerheid strandhoofden

12-1-2005 13

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Bekleding

- Ontbreken van zetstenen
- Holle ruimtes en geulvorming
- Verzakken, kammen, en afschuiven
- Houtopslag
- Bekledingsvlakken
- Kwaliteit vegetatie, soort vegetatie, ecologische ontwikkeling.

12-1-2005 14

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Grasbekledingen

Inspectieparameter	Orde grootte	Nauwkeurigheid	Inspectie-frequentie	Ruimtelijke spreiding
Grasmaat (in v. (hoogte) en breedte)	In procenten (beeldkwaliteit) grootte	± 10% nauwkeurig	Variërend van elke paar maanden tot jaarlijks. Na hoogwater	Gebieds-dekkend
Grasmaat (in v. (hoogte) en breedte) (afhankelijk van de vorming van gras)	Afhankelijk van de vorming van gras (afhankelijk van de vorming van gras)	Vorstal door opwatering	Variërend van elke paar maanden tot jaarlijks. Na hoogwater	Gebieds-dekkend
Grasmaat (in v. (hoogte) en breedte) (afhankelijk van de vorming van gras)	Afhankelijk van de vorming van gras (afhankelijk van de vorming van gras)	Vorstal door opwatering	Variërend van elke paar maanden tot jaarlijks. Na hoogwater	Gebieds-dekkend
Grasmaat (in v. (hoogte) en breedte) (afhankelijk van de vorming van gras)	Afhankelijk van de vorming van gras (afhankelijk van de vorming van gras)	Vorstal door opwatering	Variërend van elke paar maanden tot jaarlijks. Na hoogwater	Gebieds-dekkend
Grasmaat (in v. (hoogte) en breedte) (afhankelijk van de vorming van gras)	Afhankelijk van de vorming van gras (afhankelijk van de vorming van gras)	Vorstal door opwatering	Variërend van elke paar maanden tot jaarlijks. Na hoogwater	Gebieds-dekkend
Grasmaat (in v. (hoogte) en breedte) (afhankelijk van de vorming van gras)	Afhankelijk van de vorming van gras (afhankelijk van de vorming van gras)	Vorstal door opwatering	Variërend van elke paar maanden tot jaarlijks. Na hoogwater	Gebieds-dekkend

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Stenen bekledingen

Inspectieparameter	Orde grootte	Nauwkeurigheid	Inspectie-frequentie	Ruimtelijke spreiding
Hole ruimtes en golvorming onder stenen	In centimeters	± 2% opmerkingen	Variërend van twee wekelijks tot jaarlijks. Na waters calamiteit	Gebieds-dekkend
Verzakken, kanten en afsluven bekleding	In centimeters	± 0 - 5 cm	Variërend van twee wekelijks tot jaarlijks tot vijfjaarlijks. Na waters calamiteit	Gebieds-dekkend
Bekledingstekken	Geens van het ene naar het andere vlak	Niet te zien als verschillende lengte potten	Eenmalige meting (voor b.v. TV)	Gebieds-dekkend
Tondrons bekleding	In centimeters	± 0 - 5 cm	Variërend van twee wekelijks tot jaarlijks. Na waters calamiteit	Gebieds-dekkend

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Asfalt bekledingen

Inspectieparameter	Orde grootte	Nauwkeurigheid	Inspectie-frequentie	Ruimtelijke spreiding
Scheurvorming en rafeling	Visueel. Breedte en diepte scheur, tevens lengte scheur	-	Variërend van elke paar maanden tot jaarlijks. Na hoogwater	Gebieds-dekkend
Gaten onder de bekleding	Coördinaten asfalt, visueel, de ja niet	-	Variërend van elke paar maanden tot jaarlijks. Na hoogwater	Gebieds-dekkend
Slipping	In dikte	-	Vorstal vijfjaarlijks	Gebieds-dekkend
Dikte	in	-	Variërend van dagelijks tot meermaandelijks	Puntmetingen
Stijfheid	Lafmeting	-	Vorstal vijfjaarlijks in het kader van de LTV	Puntmetingen

- Remote Sensing en Waterkeringbeheer
- ### Handhaving
- Handhaven
 - Monitoren illegale activiteiten
 - Aanwezigheid en aard van kabels en leidingen
- 12-1-2005 18

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Calamiteiten

Informatiebehoefte	Levertijd	Toelichting
Vóór de calamiteit		
Optreden van heel kleine langdurig hoogwater	Zo snel mogelijk na opdracht (in uren, niet in dagen)	De informatie dient gebiedsdekkend te zijn en dagelijks te meten zijn. Geeft een indicatie voor optredende schade aan de waterkeringen
Optreden van acute schade aan dijken (met eventueel doorbraak tot water)	Zo snel mogelijk na opdracht (in uren, niet in dagen)	Deze informatie is nodig om het tijdig evacueren van mensen mogelijk te maken.
Overstapgedeelte	Zo snel mogelijk	Belangrijk voor anticiperen op calamiteiten (doorbraak, etc.)
Na de calamiteit		
Gebiedsdekkende actuele informatie over schade aan waterkeringen	Zo snel mogelijk na opdracht (in uren, niet in dagen)	Nodig om zo snel mogelijk met de reparatie van de waterkering te kunnen beginnen.
Gebiedsdekkende informatie over schade aan dijken	Zo snel mogelijk na opdracht (in uren, niet in dagen)	Nodig bij de bepaling van het totale schade bedrag. De overheid kan met een waterschapsbestuur hier dan rekening mee houden.

- Remote Sensing en Waterkeringbeheer
- ### Hoe verder...
- De meeste inspectieparameters zijn meetbaar geformuleerd
 - Definieren van business case(s)
 - Screening op haalbaarheid
 - Operationaliseren van informatie-keten middels risicodragende consortia
 - Ondersteuning innovatie middels BSIK voorstel "Integratie RS & Geo-Informatie"
 - Samenwerking Geomatics Business Park
- 12-1-2005 20

Remote Sensing en Waterkeringbeheer

Vragen?

12-1-2005 21

BIJLAGE 6

PRESENTATIES OVER ENKELE TECHNIEKEN

BIJLAGE 6.1
PRESENTATIES OVER ENKELE TECHNIEN

GLASVEZEL – SENSORTECHNOLOGIE: ENKELE MOGELIJKHEDEN VOOR MONITORING VAN DIJKEN

GLASVEZEL-SENSORTECHNOLOGIE
ENKELE MOGELIJKHEDEN
VOOR MONITORING VAN DIJKEN

Lezing tijdens
**Kennisdag Stichting
Toegepast Onderzoek Waterbeheer**

Baan R&D is v. Ingenieursbureau Coördinatie
Wachtvismen
H. M.J. van der Meer Eer. Ing.
Ing. L.Z. van de Belt
www.baanr&d.nl
e-mail: info@baanr&d.nl

Gemeentewerken Gemeente Rulloden
Ingenieursbureau
H. J.H. Bauman
R.J. van der Walde
www.gw.rulloden.nl
e-mail: glasvezel@gw.rulloden.nl

SAMENWERKINGSVERBAND
Glasvezel, Meet- en Testtechniek

SAMENWERKING

GLASVEZEL MONITORINGSSYSTEMEN VOOR:

- Ondergrondse Leidingssystemen
 - Kademuizen
 - Grondwallen
 - Veenstijlen

TOEPASSING VAN GLASVEZEL

Communicatie

Sensortechnologie

OPBOUW VAN EEN OPTISCHE GLASVEZEL

0,125 mm

LICHTLEIDENDE KEREN (KWAARTSGLAS)

GLASDRIE RONDOM DE KEREN
WAAKGLAS

REFLECTERENDE LAGEN (CLADDING)

Voordelen:

- Ongevoelig voor elektrische instraling
- Intrinsiek veilige werking
- Galvanische scheiding met meetobject
- Corrosiebestendig (zeewater)
- Gering Gewicht
- Kleine Diameter

TRANSPORT CAPACITEIT
VAN COAX KABELS, BIJ GLASVEZEL

180 x 108 COAX KABELS
(AFMETING PAKKET: 20x2 m)

1 GLASVEZEL
(DIAMETER 125 µm)

**EEN SUCCESVOLLE TOEPASSING VAN GLASVEZELSENDOEREN
METING WIELKwaliteit EN ASLAST VAN TREINEN**

ONGEVOELIG VOOR
ELECTRISCHE
STORINGEN!

Directie Sensor

DEFECT OP HET LOOPWEG IS = VLAKE PLANT

Amplitude

Wiel

ACTIVITEITEN BAAS R&D BINNEN HET EUROPESE "FOOTPRINT" PROGRAMMA

IMPRESSION OF A FOOTPRINT MEASURING STATION
 (LINK-ADDITIONAL, SENSOR TO A 50 TONN, 1500 VOLT MEASURING STATION)

DETECTIE VAN VERVALLEN
 (DETECTION OF FALLS)

DETECTIE VAN VERVALLEN
 (DETECTION OF FALLS)

DETECTIE VAN VERVALLEN
 (DETECTION OF FALLS)

DETECTIE VAN VERVALLEN
 (DETECTION OF FALLS)

DETECTIE VAN VERVALLEN
 (DETECTION OF FALLS)

MONITORING VAN TRANSPORTLEIDINGEN
 (DETECTIE VAN VERVALLEN, AANSLUITINGEN, SCHAKEL 200)

MONITORING VAN TRANSPORTLEIDINGEN
 (DETECTIE VAN VERVALLEN, AANSLUITINGEN, SCHAKEL 200)

MONITORING VAN TRANSPORTLEIDINGEN
 (DETECTIE VAN VERVALLEN, AANSLUITINGEN, SCHAKEL 200)

BEZWIJKMECHANISME VAN VEENKADEN
 (mogelijke monitoringstechniek)

BEZWIJKMECHANISME	GLASVEZELSENSOR PRINCIPE
• Deformatie veendijk	• Leidingmonitoring
• Afspraak organisch materiaal	• Kademuur deformatie
• Uitdroging	• Geo-Grid belasting
	• Detectie Methaan
	• OptoShield
	• Detectie Vochtgehalte
	• Intelligente Opto-Power Cable

MONITORING VAN KADEMUREN
 (VOOR VEENKADEN, DETECTIE VAN DEFORMATIE, OPLOSSING)

MONITORING VAN KADEMUREN
 (VOOR VEENKADEN, DETECTIE VAN DEFORMATIE, OPLOSSING)

MONITORING VAN KADEMUREN
 (VOOR VEENKADEN, DETECTIE VAN DEFORMATIE, OPLOSSING)

OPTOSHIELD: BEWAKEN OP LEKKAGE
 (VOOR VERVALLEN, DETECTIE VAN METSTROOM)

OPTOSHIELD: BEWAKEN OP LEKKAGE
 (VOOR VERVALLEN, DETECTIE VAN METSTROOM)

OPTOSHIELD: BEWAKEN OP LEKKAGE
 (VOOR VERVALLEN, DETECTIE VAN METSTROOM)

GLASVEZELVOCHTSENSOR IN 10 KV KABEL
 (VOOR VERVALLEN, DETECTIE VAN VOCHTINHOUD)

GLASVEZELVOCHTSENSOR IN 10 KV KABEL
 (VOOR VERVALLEN, DETECTIE VAN VOCHTINHOUD)

GLASVEZELVOCHTSENSOR IN 10 KV KABEL
 (VOOR VERVALLEN, DETECTIE VAN VOCHTINHOUD)

BEWAAKING OP DEFORMATIE VAN EEN DIJK
 (MET BEHULP VAN EEN GLASVEZEL DEFORMATIE-SENSOR
 (Bepaalwijze uitbreiding, monitoring digitaal november 2005))

BEWAAKING OP DEFORMATIE VAN EEN DIJK
 (MET BEHULP VAN EEN GLASVEZEL DEFORMATIE-SENSOR
 (Bepaalwijze uitbreiding, monitoring digitaal november 2005))

BEWAAKING OP DEFORMATIE VAN EEN DIJK
 (MET BEHULP VAN EEN GLASVEZEL DEFORMATIE-SENSOR
 (Bepaalwijze uitbreiding, monitoring digitaal november 2005))

BEWAAKING OP VOCHTPROFIEL IN EEN DIJK
 (MET BEHULP VAN EEN GLASVEZEL VOCHT-SENSOR
 (Bepaalwijze uitbreiding, monitoring digitaal november 2005))

BEWAAKING OP VOCHTPROFIEL IN EEN DIJK
 (MET BEHULP VAN EEN GLASVEZEL VOCHT-SENSOR
 (Bepaalwijze uitbreiding, monitoring digitaal november 2005))

BEWAAKING OP VOCHTPROFIEL IN EEN DIJK
 (MET BEHULP VAN EEN GLASVEZEL VOCHT-SENSOR
 (Bepaalwijze uitbreiding, monitoring digitaal november 2005))



BIJLAGE 6.2
PRESENTATIES OVER ENKELE TECHNIKEN

LASER ALTIMETRIE EN WATERKERINGEN

LASER ALTIMETRIE EN WATERKERINGEN

INTRODUCTIE
 WATHE, WAAROM
 TOEPASSINGEN
 PROJECTEN
 SOFTWARE
 SAMENVATTING

Pieter Franken Fugro-Inpark

LIDAR

Light Detection And Ranging

- Geo-gerefererde hoogten;
- Hoge dichtheid;
- Hoge snelheid;
- Lage opname kosten;
- Lage verwerkingskosten;

Fugro-Inpark

TECHNIEK

- Zeer smalle bundel infrarood straling
- Tijdsverschil tussen moment van uitzenden en moment van ontvangst is een maat voor de afstand
- Nauwkeurigheid +/- 5 cm op harde ondergrond.

•1 milliseconde = 150 km
 •100 microseconden = 15 km
 •10 microseconden = 1.5 km
 •1 microseconden = 150 m
 •1 nanoseconde = 0.15 m

Fugro-Inpark

LASER METINGEN

Fugro-Inpark

NA FILTEREN
 LASER DATA
 REALITEIT

Fugro-Inpark

Vergelijking meettechnieken

Terrestrisch

- discrete punten / niet dekkend
- toegangsbeperkingen
- lange doorlooptijd

Fotogrammetrie

- problemen nauwkeurigheid
- relatief lange doorlooptijd
- paspunten in terrein

Laseraltimetrie

- korte doorlooptijd
- directe XYZ bepaling terrein en objecten
- snelle productie hoogtebestanden

Fugro-Inpark

Voordelen

Laser altimetrie t.o.v. alternatieve methoden

- Hoge snelheid van inwinning
- Minder weersafhankelijk
- Flexibele operaties
- Direct 3D coördinaten (X,Y,Z) van terrein en objecten
- Hoge nauwkeurigheid
- Hoge punt dichtheid
- Gesynchroniseerde video's
- Luchtfoto's



Fugro-Inpark

INFORMATIE VRAAG WATERSCHAPPEN

Ligging

- Hoogte
- Vorm
- Continu hoogtemodel

Inventarisatie

- Kerende en niet kerende objecten
- Bekledingsvakken
- Schade (afkalving)

Overig

- Informatie voor vergunning verlening en handhaving
- Groen beheer

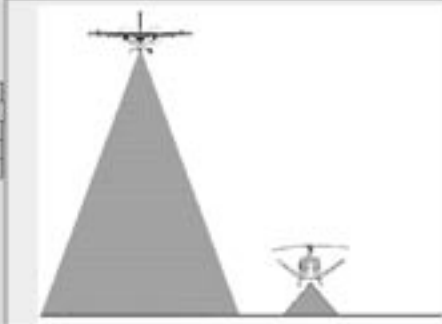
Fugro-Inpark

INFORMATIE VRAAG WATERSCHAPPEN

- Hoge punt dichtheid
- Hoge nauwkeurigheid
- Foto's en video
- Intensiteit metingen
- Dubbel lasersysteem

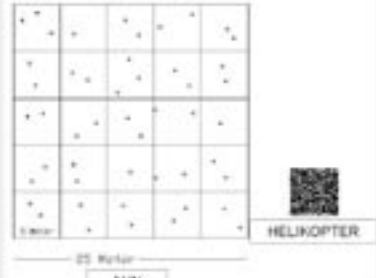
Fugro-Inpark

LASER ALTIMETRIE



Fugro-Inpark

Vergelijking Punt dichtheid



Fugro-Inpark

VIDEO BEELDEN



Fugro-Inpark



furuno

Ortho gerectificeerde beelden

- Geo-referentie met positie en stand van de camera;
- Correctie voor omvaling, lens distorsie;
- Ortho-rectificatie m.b.v. laserdatta

PUNTOCHTHEID
NAUWKEURIGHEID
FOTO EN VIDEO
INTENSITEIT
DUBBEL LASER

Fugro-Inpark

furuno

Beeld Mozaiek

- Opvolgende beelden worden omgezet naar een mozaiek

PUNTOCHTHEID
NAUWKEURIGHEID
FOTO EN VIDEO
INTENSITEIT
DUBBEL LASER

Fugro-Inpark

furuno

Hoogte en intensiteitgegevens

PUNTOCHTHEID
NAUWKEURIGHEID
FOTO EN VIDEO
INTENSITEIT
DUBBEL LASER

Fugro-Inpark

furuno

Dubbel Laser Systeem

PUNTOCHTHEID
NAUWKEURIGHEID
FOTO EN VIDEO
INTENSITEIT
DUBBEL LASER

Fugro-Inpark

furuno

Ruwe Gegevens

Fugro-Inpark

furuno

Karteren met hoogtegegevens

Fugro-Inpark

furuno

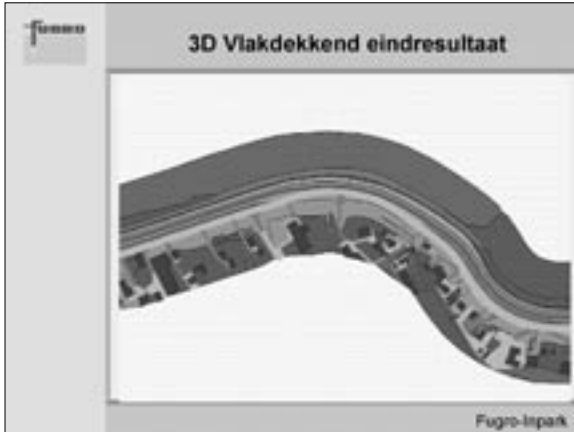
Karteren met intensiteitgegevens

Fugro-Inpark

furuno

Kontrolle met fotobeiden

Fugro-Inpark



Koppellen aan andere inspectiemethoden

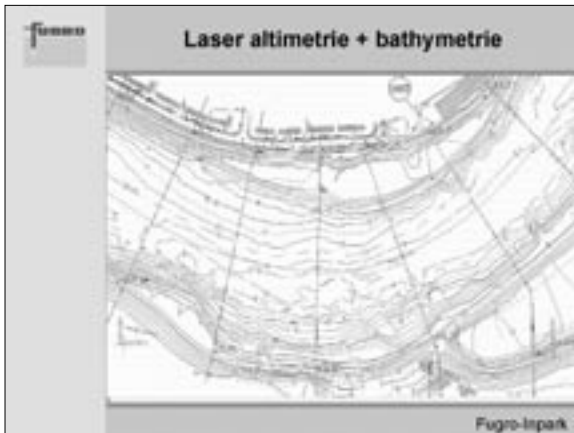
Destructieve

- Geotechnisch onderzoek
- Geohydrologisch onderzoek

Niet-destructief

- infrarood
- bathymetrisch onderzoek
- radar onderzoek
- geo-elektrisch onderzoek
- elektromagnetisch onderzoek
- geofysisch onderzoek
- visuele inspecties

Fugro-Inpark



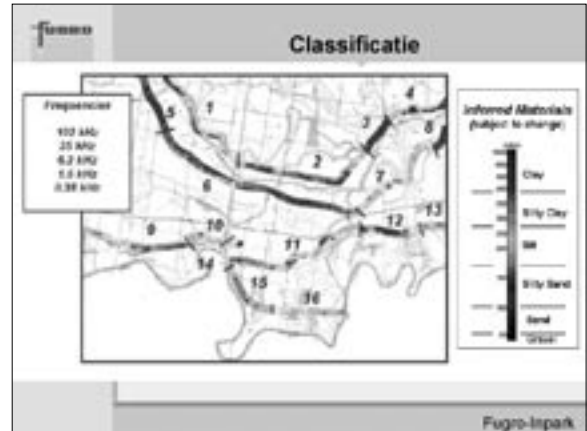
Dijkenonderzoek Rio Grande Valley

Doel: Opgraven van zwakke / instabiele dijtrappen

Methodiek:

- Grootschalig meetprogramma (435 km-lijn) vanuit de lucht en op de grond
- Niet-destructief (EM en video) en destructief (veranderingen en EC)
- Data-analyse met GIS

Fugro-Inpark



Condition Factors	Weight	Value	Score
Performance History (under flood stages) *	3		
Construction History (original or repaired) *	3		
Visual inspection apparent condition (no site observations) *	3		
Material type (sand (silted) transitioning to clay (silt)) (from EM, borings, soil maps)	3		
Topographic irregularity (swags, erosion) (from LIDAR)	3		
Potential slope stability (satiated type, relative to flow)	3		
Man-made intrusions (utilities, bridges, pump stations, etc.)	3		
Geology (old stream beds, river deposits)	3		
Proximity of borrow area (size, depth, distance, side of levee)	2		
Anomalies (unexplained radial conductivity "spots")	2		

* Input provided by BWC

Total Score

Weighted Score

Legend

- Poor (0-5)
- Marginal (6-10)
- Satisfactory (11-15)
- Good (16-18)

Fugro-Inpark

BIJLAGE 6.3
PRESENTATIES OVER ENKELE TECHNIEN

SATELLIETBEELDEN IN INSPECTIE EN HANDHAVING WATERKERINGEN



SAT1

Nog een voorbeeld van mutatiesignalering, maar nu met meer detail

- Beeld 2000 groen
- Beeld 2002 rood

NEO Amsterdam **GeoCensus**

SAT1

Strandertien
Auto's, Tuinberstrating
Dakkapel
Boomkap

NEO Amsterdam **GeoCensus**

SAT1

Een nieuwe dakkapel en drie oude

NEO Amsterdam **GeoCensus**

SAT1

Gekapte boom

NEO Amsterdam **GeoCensus**

SAT1

Is het niet vergezocht om met een satelliet naar Nederland te kijken?

Ja, het is 700 km ver, maar die hoogte maakt ook dat de opnamen nauwelijks vertekenen.

Doordat een satelliet regelmatig in dezelfde positie terugkeert zijn de opnamen bij uitstek geschikt om veranderingen te constateren en in kaart te brengen.

NEO Amsterdam **GeoCensus**

SAT1

NEO Amsterdam **GeoCensus**

SAT1

Satellietopnamen (optisch/passief)

- De zon is de lichtbron dus:
- Geen opnamen als er wolken zijn
- 5 getallen per pixel (per kleur/golflengte T getal)
- 0.45 - 0.52 µm Blauw
- 0.52 - 0.60 µm Groen
- 0.63 - 0.69 µm Rood
- 0.76 - 0.90 µm NIR
- 0.45 - 0.90 µm Panchromatisch
- Combinatie Rood + Groen + Blauw = Kleurenbeeld
- NIR bevat informatie over vegetatie: false-colour

NEO Amsterdam **GeoCensus**

SAT1

SATELLIETEN VOOR SAT1

	Orbview-3	Ikonos	Quickbird
Pixelgrootte	1.0 meter Z/W 4.0 m kleur	0.8/1.0 meter Z/W 3.2 m kleur	0.60/0.8 meter Z/W 2.40 m kleur
Terugkeer	4 dagen	3 dagen	5 dagen
Eigenaar	Orimage	Space Imaging	Digital Globe Inc.

NEO Amsterdam **GeoCensus**

SAT 1 specificaties

Satellietopnamen van Nederland met pixels van 1 x 1 meter op de grond of kleiner met technische specificaties

- Meerdere satellieten
- Opnamen in 5 golfbanden
- Data in 11 bit (2048 grijsniveaus)
- Ingepast in RD met een afwijking van minder dan 2m
- Opnamehoek is kleiner dan 26°
- Grote reedbare vlakken
- Centralisatie via internet
- **Grondstof voor ruimtelijke beheersinformatie**

Afhankelijk van SAT1 zijn bijvoorbeeld:

Haarlem	Rijkswaterstaat	Den Helder
Nieuwegein	Ouderschoten	Hattingen
Tytsjerktrabou	Amersfoort	Hoogezand
Middelburg	Halmond	Vogelslag
Schiphol	Lidderkerk	Alkmaar
	Doverden	Jacobswaarde

NEO aanpak GeoCensus

MUTATIESIGNALERING

1^o jaar: Verschillen tussen kaart en beeld

2^o jaar en later: Tussen beeld en beeld a.h.v. de objecten die we sinds jaar 1 'kennen'

Van:

- Specifieke infrastructuur: *waterkeringen, monumenten, leidingen, stadsgezichten, soc./recre.-voorzieningen*
- GBK Inhoud: *bebouwing, watergangen, wegen, erfafscheidingen,*
- *Bepanting / natuur, rivierloop, enz.*

NEO aanpak GeoCensus

Watergangen

NEO aanpak GeoCensus

Wegen

NEO aanpak GeoCensus

Bebouwing 1

Een overlay tussen een SAT1 beeld en een GBK geeft in een oogopslag weer waar veranderingen hebben plaatsgevonden

NEO aanpak GeoCensus

Bedrijfssterrein

NEO aanpak GeoCensus

Bebouwing 2

NEO aanpak GeoCensus

SAT1

Afhankelijk van SAT1 zijn bijvoorbeeld:

Haarlem	Rijkswaterstaat	Den Helder
Nieuwegein	Ouderschoten	Hattingen
Tytsjerktrabou	Amersfoort	Hoogezand
Middelburg	Halmond	Vogelslag
Schiphol	Lidderkerk	Alkmaar
	Doverden	Jacobswaarde

NEO aanpak GeoCensus



- ### GARANTIES
- In een 1^o jaar worden alle objecten groter dan 10-15 m² die niet op de kaart staan gesignaleerd
 - Bij volgende opnamen worden alle mutaties gesignaleerd groter dan 4-6 m² en in belijning, (erfafscheiding, oever, weginrichting, enz.) ook wanneer de lijn smaler is dan 0,5 meter
 - U heeft de zekerheid dat wanneer geen mutaties worden aangegeven, er ook echt niets aan het oppervlak of aan de vorm is gewijzigd
 - Er worden veel meer mutaties gevonden dan met veldwerk of anderszins
 - We automatiseren de werkprocessen steeds verder waardoor de signalering sneller en goedkoper wordt!
 - U heeft uw opname, ingepast in RD, binnen 7 werkdagen na de opname in huis

CONTANTE WAARDE

- U heeft het overzicht en u bepaalt hoe u verder gaat:
 - geen onbeheersbaar/illusie proces van inwinning
 - U stelt uw prioriteiten vanuit het overzicht en houdt de zekerheid dat u uw budget optimaal besteedt
- U bespaart tijd en geld in het opstellen van specificaties, in het verwerken van signalen en in het uitvoeren van veldwerk
- U vermindert de vaste kosten van monitoring en handhaving en verhoogt de kwaliteit
- Niet eenvoudig te onderzoeken, maar bij 'vervangin' steeds besparingen van meer dan 50%

SAT1

NEO aanpak

GeoCensus aanpak

BIJLAGE 6.4
PRESENTATIES OVER ENKELE TECHNIEKEN

PATROON EN ANOMALIE HERKENNING DOOR COMBINATIE VAN VERSCHILLENDE AIR-BORNE REMOTE SENSING TECHNIEKEN

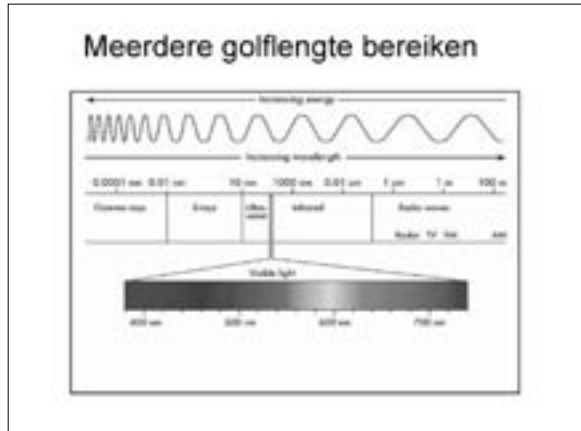
Slim kijken naar Dijken

Patroon en anomalie herkenning door combinatie van verschillende air-borne Remote Sensing technieken



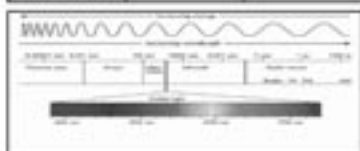
Doel

- Het indelen van het projectgebied in zones met gelijksoortig gedrag (respons-patronen)
- Het plaatsen van deze patronen in de reële fysische context
- Het kalibreren van deze patronen zodat een betrouwbare onderlegger ontstaat voor risico-kartering, planning van onderhoud, beheer, gebiedsinrichting, etc.

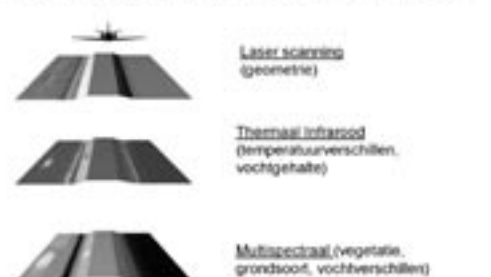


Type straling en type sensor

	Emissie	Reflectie
Passieve sensoren	•Thermaal infrarood (ook 's nachts)	Zonlicht: •Zichtbaar licht •Infrarood •Ultraviolet
Actieve sensoren		•Lidar (laser licht)



Gebruikelijke (air-borne) sensoren



Meettechniek

- Spatiële en temporale resolutie
detailniveau (pixel grootte) en tijdsinterval
- Relatieve nauwkeurigheid
probleem en proces onderscheidend vermogen, welke problemen en processen kunnen op dezelfde plaats en tijd onderscheiden worden
- Absolute nauwkeurigheid
wat is de validiteit van de methode, e.g. hoe betrouwbaar, hoe representatief

Tijdstip en duur meting (tijdvenster)

- Meetcondities (bewolking, belichting, stand van de zon, mate van aanstraling, etc.), ook afhankelijk van techniek/type sensor
- Gebruikmaking van optimale contrastcondities (uitvergroten van verschillen)
- Minimalisatie 'stoorbronnen' (neerslag, bemesting, etc.)
- Richtlijnen en verordeningen

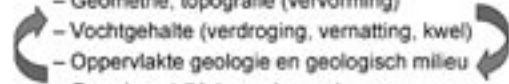
Beeldverwerking

- Enhancement (contrast verbetering) per bandbreedte
- Geo-referencing (Differential GPS kalibratie)



Referencing

- Koppeling naar onderliggende fysische parameters en processen:
 - Geometrie, topografie (vervorming)
 - Vochtgehalte (verdroging, vematting, kwel)
 - Oppervlakte geologie en geologisch milieu
 - Grondsoort (klei, zand, veen)
 - Vegetatie (vegetatiestress, type vegetatie)



Patroon en anomalie herkenning

- Het creëren van informatie door het slim kijken in ruimte (spatiële analyse) en tijd (multi-temporele analyse)
- Het creëren van informatie door het slim combineren van metingen binnen meerdere golflengte bereiken (multi-spectrale analyse - stapelen)

Kalibratie en implementatie

- Verificatie directe output/confirmatie van geconstateerde anomalieën
 - Afwijkingen in gedrag van dijk in omgeving en in tijd
- Link naar inspectieparameters
 - Zoeken naar causale verbanden – GIS en praktijk kalibratie
- Afgeleide toepassingsvelden
 - Betrouwbare ondergrond t.b.v. risicokartering, beheer & onderhoud, planning, etc.

Bewezen techniek (componenten) Opzet proefproject

- Combinatie van technieken veelbelovend (multi-spectrale spatiële multi-temporele analyse)
- Effect-analyse (bruikbaarheid eindresultaat)
- Kosten-baten analyse



Geo-Slope



BIJLAGE 6.5
PRESENTATIES OVER ENKELE TECHNIEKEN

TRACER, GRONDRADAR EN CABLESCAN

Tracer

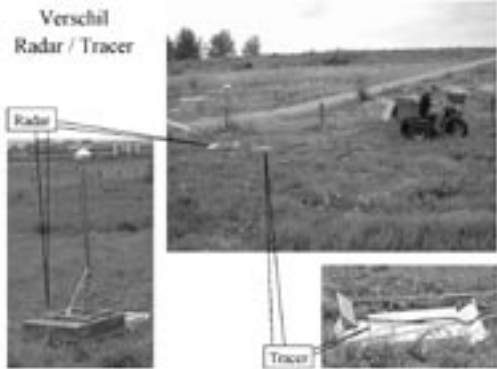
- Kabels en Leidingen in dijken





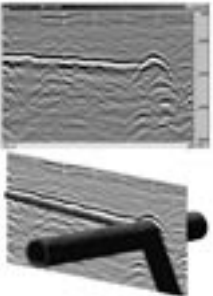
Conceptgroep: Dirk van der Boven 020 - 372 21 00

**Vershil
Radar / Tracer**




GrondRadar

Actief uitbreiden en ontvangen van elektro-magnetische golven

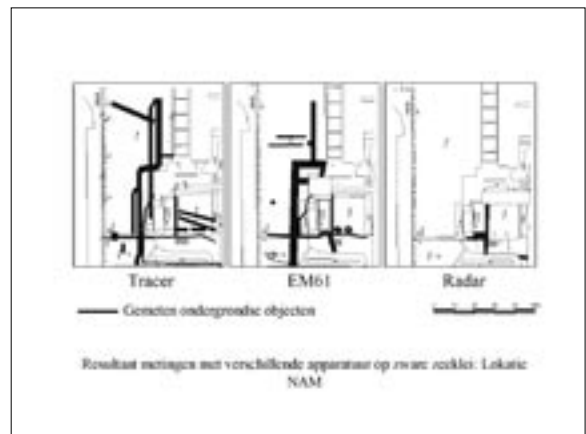
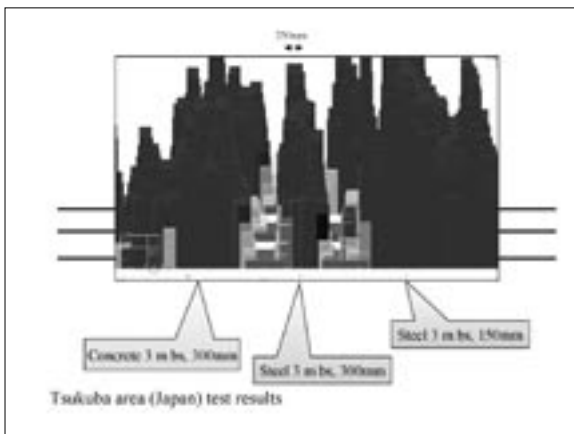


"Makkelijk hulpmiddel, net als een schep, (maar dan met een ventje dat beel
wel kan graven)"

Tracer
Passief meten van
relatieve voltage verschillen



"Gaet verder door waar grondradar het al lang last heeft, t en waar het
grafische doof hoerpalen is"



Tracer EM61 Radar

— Gemeten ondergrondse objecten

Tracer resultaten bevestigd door NAM

Resultaat metingen met verschillende apparatuur op zware zekklei. Lokatie NAM

CableScan

- Opsporen van kabels en leidingen dmv Grondradar, EM-Tracer en bestaande gegevens (Klie-melding)
- Toepasbaar op spoor, dijken, wegen en onverhard terrein
- Toepasbaar in landelijk, stedelijk gebied
- Kartering in x, y en z, Rijksdriehoek en NAP

"Zien we alles?," "Niet alleen sommige lagere waarden zijn afleesbaar"

Oplevering

- Oplevering lokaal (dmv pikketten, asfaltnagels, verf of krijt)
- Oplevering dmv rapport incl. kaarten in RD of lokaal grid

"Ervaring leert dat asfaltnagels gecombineerd met een kaart het veiligste is"

Sterktes CableScan

- Niet-destructief
- Door combinatie technieken hoog scoringspercentage
- Grondsoort onafhankelijk
- Resultaten in Rijksdriehoek (x,y) en NAP mogelijk
- Snel grote oppervlakten of lange lijnen
- Vlakdekkend of continue profielen

"Negen van de tien bekende vermoede kabels vinden we", "100 % kan alleen de oncrasme"

Zwaktes CableScan

- Geen tekstlabel aan signaal
- Bij stapeling kabels onderste kabels lastig te traceren
- Geen 100% zekerheid
- Radar werkt niet overal even goed (geen diepte informatie)

"De X/Y positie bijna altijd. Z meestal en vaak vinden we wat extra"

Voorbeeldprojecten

- Opsporen 30 km persleiding te Rijnland
- Testlocaties Dalfsen en Woerden / Bodegraven
- Opsporen fundaties/puin vliegveld Leeuwarden (zware klei)
- Opsporen 50kV kabel Waaldijk Lent
- Opsporen drinkwaterleiding in de zware rivierklei op 8 m -mv onder Betuwelijn/A15
- Onderzoek 50 kV kabel 2.5km Centrum Nijmegen

"Klie-kaarten geven noodzakelijke ondersteuning, daarom ook bekende objecten ingruven"

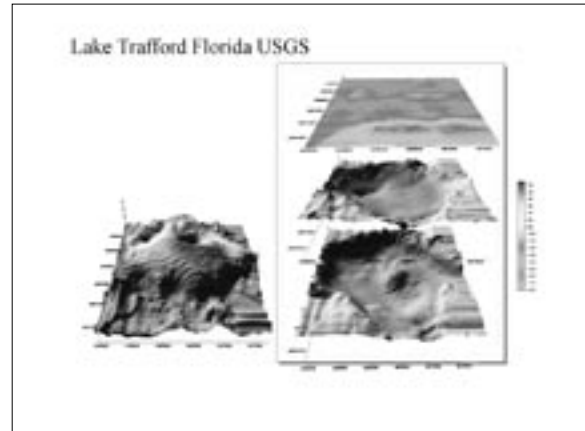
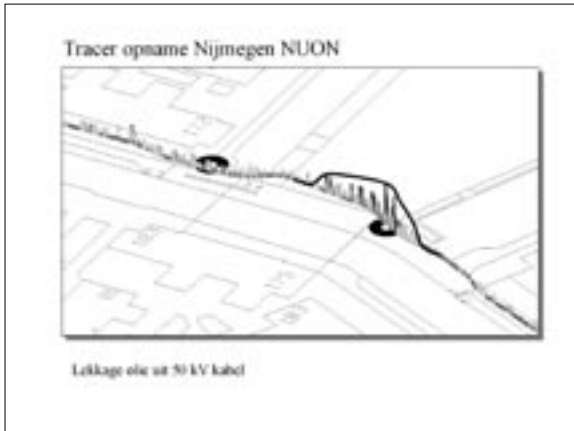
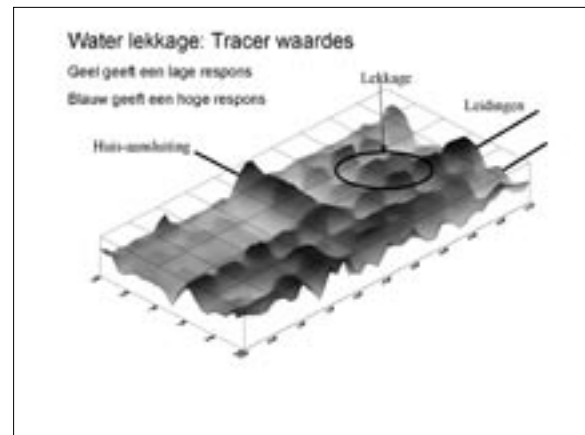
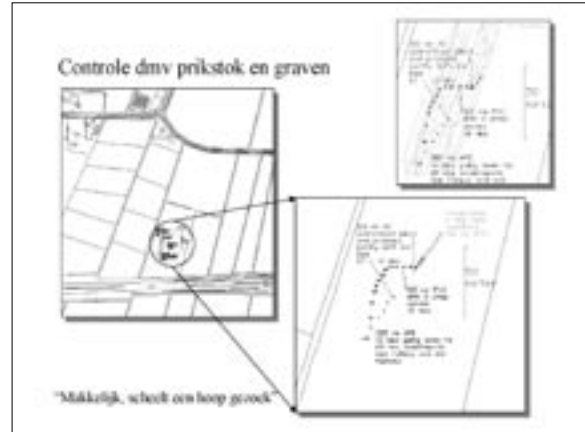
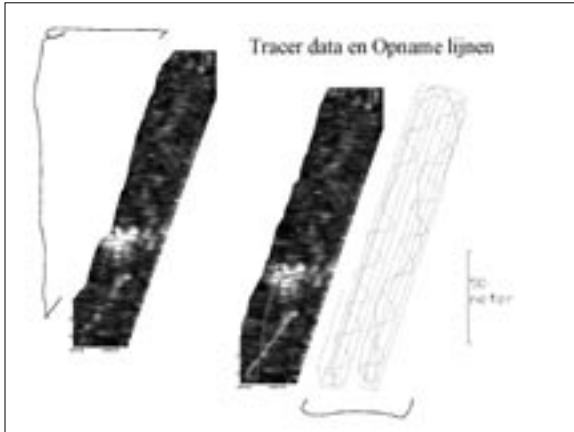
Meteren: kaart bestaande situatie (Bren Vicens)

Onderzoekgebied

"Waar moest-ie liggen?"

Zoek gebied (zeer zware rivierklei min 4-6 m dik): graven en prikken volgens de kaart gaf geen resultaat

"Goede vette blauwe klei"



BIJLAGE 6.6
PRESENTATIES OVER ENKELE TECHNIKEN

DEFORMATIE METINGEN MET INTERFEROMETRISCHE SAR



Overzicht presentatie

- Wat kun je ermee?
- Wat is een Synthetische Apertuur Radar?
- Deformatie meten met SAR (interferometrie).
- Hoever zijn we met de techniek?
- De ontwikkeling van de benodigde techniek.

TNO-FEL, woensdag 13 januari 2004 3

Wat kun je met SAR?

- Hoge resolutie beelden maken van het aardoppervlak t.b.v.
 - Lokalisatie, beddingsvlakken
 - Veranderingen in bedekking (houtopslag e.d.)
 - Veranderingdetectie (denk aan ontbrekende zettaten)
 - Scheurvorming in asfalt, veranderingdetectie hiervan
- Meten van verzakking op verharde taluds, op niet verharde taluds (binnen een kort tijdsbestek) en op reflectoren.
 - Verzakking en zetting meten (verandering van het profiel). Nauwkeurigheid 0,5-1 cm.
 - Meten van snelle deformatie t.b.v. inschakling bouwrijpingsrisico. Nauwkeurigheid 0,5-1 cm.
 - Meten van de dynamiek van een waterkering (informatie over de ondergrond en stabiliteit).
 - Vorming van holle ruimten (en verzakking van bovenliggende steen).

TNO-FEL, woensdag 13 januari 2004 4

Wat doet een Synthetische Apertuur Radar?

- Maakt plaatjes van het aardoppervlak vanaf een vliegtuig (of satelliet).
- Gebruikt hiervoor radar straling (e.m. golflengte is ca. 3 cm).
- Onafhankelijk van weer (bewolking) en licht (dag en nacht te gebruiken).



TNO-FEL, woensdag 13 januari 2004 5

PHARUS synthetische apertuur radar

- Ontwikkeld door Defensie en civiele overheden.
- Operationeel van 1996-2002.
- Gebruikt in ca. 50 vluchten.
- Bedoeld voor experimenteel gebruik.




PHARUS SAR beeld van het TNO-FEL laboratorium en omgeving

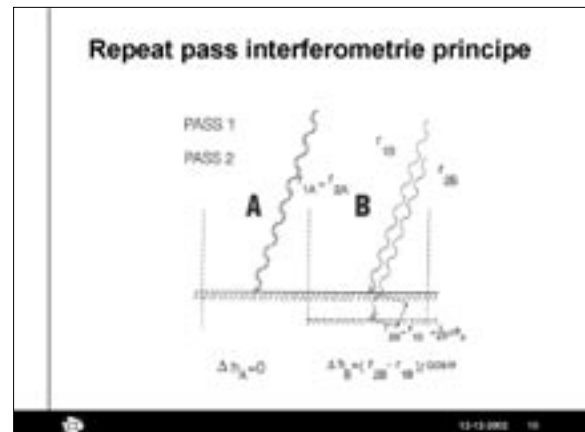
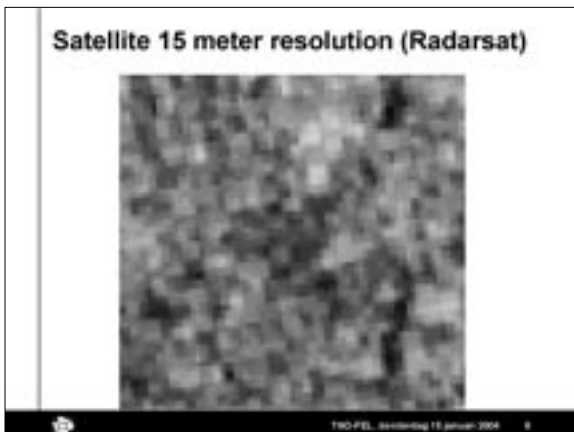
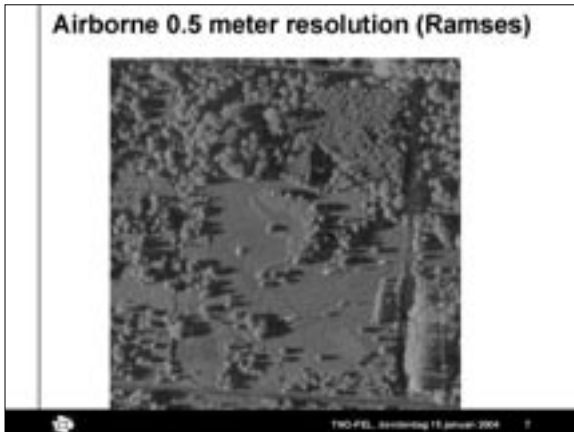
03-13-0002 6

De opvolger van PHARUS wordt MiniSar (in ontwikkeling).

- Veel hogere resolutie dan PHARUS (30-50 cm).
- Klein en lichtgewicht, geschikt voor kleine en goedkope vliegtuigen.
- Bedoeld voor operationeel gebruik.
- Beter geschikt voor deformatie metingen.



TNO-FEL, woensdag 13 januari 2004 7



- Hoe ver zijn we met de techniek?**
- Techniek is niet operationeel voor dijkdeformatie.
 - Op een schaal van 1 (idee) tot 9 (commercieel beschikbaar) zitten we op niveau 4 (principe is op realistische wijze aangetoond).
 - Techniek moet eerst verder worden ontwikkeld (duur ca. 2 jaar).
 - Operationele toepassing moet worden ontwikkeld (duur ca. 2 jaar)
 - Naar verwachting operationeel vanaf 2008 (afhankelijk van de financiering van benodigd onderzoek en marktvraag)
- TNO-FEL, verspreiding 15 januari 2004 12

- Samenvatting en conclusie**
- SAR is een hoge resolutie afbeeldende techniek, gebaseerd op radar straling.
 - Werkt onafhankelijk van weers- en lichtcondities.
 - Hoge resolutie SAR opnamen kunnen voor diverse doeleinden worden gebruikt.
 - Deformatiemeting met SAR is een speciale meetmethode waarmee lokale verzakkingen groter dan enkele mm's tot cm's gemeten kunnen worden.
 - Deformatiemeting kan goed worden gebruikt voor onderhouds- en crisis monitoring van waterkeringen.
 - De techniek is nog niet uitontwikkeld.
 - Bij voldoende investeringsbereidheid is operationeel gebruik mogelijk vanaf 2008.
- TNO-FEL, verspreiding 15 januari 2004 13

- Tijdplaatje**
- **2004-2005:**
 - Ontwikkeling hoge resolutie SAR demonstrator
 - Ontwikkeling deformatie meettechniek en meetmethode (met data van het PHARUS SAR systeem).
 - **2005-2006**
 - Ontwikkeling van de operationele deformatie en SAR toepassing.
 - Ontwikkeling van het eerste prototype SAR systeem.
 - **2007**
 - Testen t.b.v. toepassingsontwikkeling
 - Vervolg operationalisering van de techniek.
 - **2008 e.v.**
 - Commercialisering van de techniek.
- TNO-FEL, verspreiding 15 januari 2004 14

BIJLAGE 6.7
PRESENTATIES OVER ENKELE TECHNIKEN

THERMISCH INFRAROOD EN WATERKERINGEN

ARCADIS
Infrastructuur, gebouwen, mobiliteit, communisatie

Thermisch Infrarood en waterkeringen

Opbouw van de presentatie

- Basis
- Interpretatie
- Toepassingen
- Resolutie en snelheid
- Aandachtspunten
- Voor- en nadelen

ARCADIS

Welke informatie kan thermisch infrarood (TIR) verzamelen?

- Temperatuurverschillen

Op basis van temperatuurverschillen:

1. Hydrologische afwijkingen
 - Relatief warm of koud bodewater
 - Verschillen in vochttoestand (droogte)
2. Hobbelen
3. Scheuren

ARCADIS

data' (Combination with other observations and data), 'Van grond naar fil' (From ground to film), and 'Aanvullende waarnemingen / onderzoek' (Additional observations / research). The ARCADIS logo is at the bottom left."/>

Interpretatie van de waarnemingen

- Referentiebeelden
- Combinatie met andere waarnemingen en [data](#)
- Van grond naar fil
- Aanvullende waarnemingen / onderzoek

ARCADIS

Voorbeeldtoepassingen

1. Reguliere inspectie
 - Verifiëren van de bestaande situatie
2. Preventief voor extreme weersverwachtingen
 - Droogte / natte periodes
3. Inspectie tijdens extreme situaties (droogte)
 - Extreme waterstanden
 - Kanalen / bodemwater
 - Verhoogd bodemvochtgehalte detecteren

ARCADIS

Resolutie en snelheid

- Snelheid:
 - Kiv bakken
 - Standaard waarnemingen, 1/2 schiedniveau van Nederland
- Vlieghoogte:
 - Theoretische afstandsverhouding van de vlieghoogte, tot circa 100m
 - x 100 km/h

ARCADIS

Aandachtspunten

- Interpretatie waarnemingen
- Combinatie met andersoortige waarnemingen en dataverwerking
- Bij TIR opnamen kunnen (voortgaande) omstandigheden en weersomstandies invloed hebben

Voordelen:

- Gerichtte inzetten van djiinspecties bij hoogwaterstanden en droogtesituaties
- Informatie verkrijgen over de vochttoestand van de bodem
- Satellietinformatie is tot 7 jaar terug beschikbaar

ARCADIS

Nadelen

- Thermisch infrarood en directe toepassing bij rijken is nog geen "proven technology"
- dataverwerking

ARCADIS

Vragen?

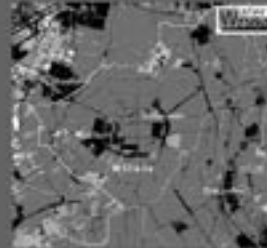
ARCADIS

Satellietbeeld Wilnis



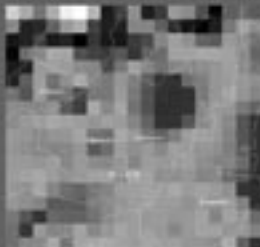
ARCADIS

Wilnis: landgebruik



ARCADIS

Wilnis: cumulatieve verdampingstekort vanaf week 1 t/m week 34 in 2003

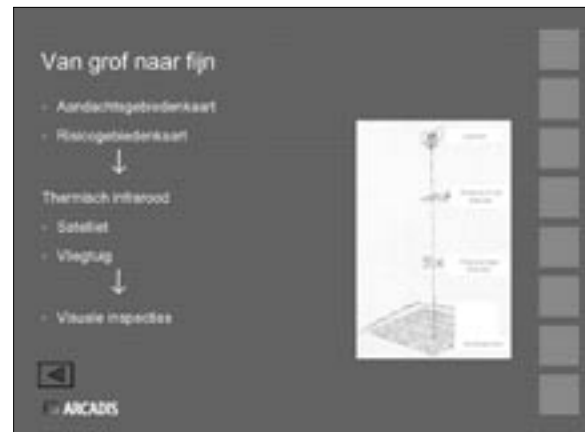


ARCADIS

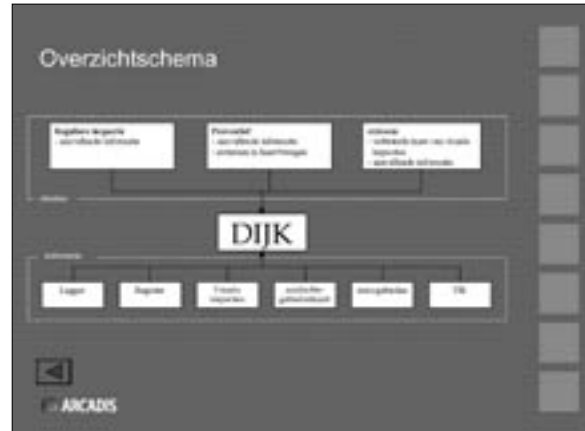
Wilnis: verdampingstekort per week



ARCADIS



- ### Bestaande informatie
- Legger (incl. bekende bodemopbouw)
 - Register (incl. aanwezige geometrie)
 - Visuele inspectie
 - Aandachtgebiedenkaart
 - Bodemkaart
 - Landgebruikkaart
 - Risicogebieden
- ARCADIS



BIJLAGE 6.8
PRESENTATIES OVER ENKELE TECHNIEKEN


PREVENTIEF BEHEER




Preventief beheer
Ook voor waterkering?

Patrick Schelstraete MSc.
Computer Associates



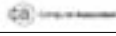

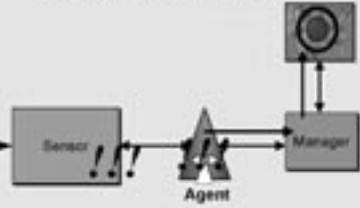
Introductie

- Wie zijn wij?
- Wat doet CA met non-IT componenten
 - Geldautomaten
 - Americas Cup Jachten
 - Vending Machines
 - Zendmasten
 - Formule-1 race auto's
 - Auto vloot verhuur maatschappij
 - ...
- Reason 



Process

- Unicenter agent krijgt signalen van een remote sensor





Voorbeeld van preventief beheer



Voordelen

- Real-time Visualisatie
- Automatisch herstel van problemen
- Alarmering
- Historische gegevens
- Koppeling met bestaande systemen



Conclusie

Preventief beheer is ook van toepassing op de waterkering!



BIJLAGE 7

OVERZICHT VAN TECHNIEKEN

BIJLAGE 7.1

OVERZICHT VAN TECHNIEKEN

DIJKEN: ZWAKKE INDICATOREN

Faalme- chanisme	Zwakteindicatoren constructie	Inspectietechniek	Toepassing en eigenschappen	Wijze van meten					Mogelijke leveranciers	Operationeel?	Schaalniveau				
				Draagbaar	Meetwagen	Helikopter	Vliegtuig	Satelliet			Landelijk	Regionaal	Lokaal	Ex-situ	In-situ
Overloop	Lokale verlaging / verzakking (v/d kruin)	Laser altimetrie, laserscanning, LIDAR	Hoogte metingen. Bundel infraroodlicht wordt uitgezonden en weerkaatst en opgevangen. Verschil in het tijdstip van terugkomst van de bundel levert hoogteinformatie op.						Fugro-Inpark, Terra Imaging, Oranjewoud, Eurosense, DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC, Qinetiq Survey	Ja					
		Röntgen	Grondwaterstanden, bodemvocht, bodemopbouw, scheuren, vervorming. Verschillende sensoren meten middels röntgen straling.						Awenyddion / SpiderTech Security	Ja (?)					
		3d-GPS	hoogte metingen middels GPS worden omgezet tot DTM.						Geocensus, ???	Ja.					
		Glasvezelkabel	Glasvezelkabels worden in de dijk aangelegd om verzakkingen en dergelijke aan te tonen middels vervorming in de kabel.						Gemeentewerken Rotterdam / baas R&D.	Ja					
		Radar interferometrie	Verschil in hoogte over een bepaalde periode. Radar wordt uitgezonden en weerkaatst en opgevangen. Verschil in het tijdstip van terugkomst levert verschil in hoogte op ten opzichte van eerder verrichte metingen op. Voor andere faalmechanismen kan deze tec						TNO-FEL	Nee. TNO-FEL ontwikkelt. Verwachting: operationeel in 2008.					
	Dwarsscheuren in de kruin (in combinatie met verlaging / verzakking)	Laser altimetrie, laser scanning, LIDAR	zie eerder. Mits de scheuren groot genoeg zijn, worden deze gedetecteerd.						Fugro-Inpark, Terra Imaging, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC, Qinetiq Survey	Ja. Zie ook röntgen van Awenyddion.					
		Röntgen	Grondwaterstanden, bodemvocht, bodemopbouw, scheuren, vervorming. Verschillende sensoren meten middels röntgen straling.						Awenyddion / SpiderTech Security	Ja (?)					
		Glasvezelkabel	zie eerder.						Gemeentewerken Rotterdam / baas R&D.	Ja					

Faalme- chanisme	Zwakteindicatoren constructie	Inspectietechniek	Toepassing en eigenschappen	Wijze van meten					Mogelijke leveranciers	Operationeel?	Schaalniveau				
				Draagbaar	Meetwagen	Helikopter	Vliegtuig	Satelliet			Landelijk	Regionaal	Lokaal	Ex-situ	In-situ
		Zichtbaar licht fotogrametrie	Veranderingen die visueel kunnen worden waargenomen. Er worden opnamen gemaakt die visueel worden beoordeeld. Indien scheuren groot genoeg zijn, worden deze gedetecteerd.						Fugro-Inpark, Terra Imaging, GBP / Ecoflight, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC, Qinetiq Survey	Ja					
	Grootschalige verlaging van de kruin (vaak als gevolg van klink en zetting),	Laser atlimetrie, laser scanning, LIDAR	zie eerder.						Fugro-Inpark, Terra Imaging, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC	Ja. Zie ook röntgen van Awenyddion.					
		Röntgen	Grondwaterstanden, bodemvocht, bodemopbouw, scheuren, vervorming. Verschillende sensoren meten middels röntgen straling.						Awenyddion / SpiderTech Security	Ja (?)					
		Glasvezelkabel	zie eerder.						Gemeentewerken Rotterdam / baas R&D.	Ja					
Overslag	Lokale verlaging v/d kruin, dwarsscheuren in de kruin	Laser atlimetrie, laser scanning, LIDAR, zichtbaar licht fotogrametrie	zie eerder.						Fugro-Inpark, Terra Imaging, NEO / Geocensus, GBP / Ecoflight, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC, Qinetiq Survey	Ja. Zie ook röntgen van Awenyddion.					
		Röntgen	Grondwaterstanden, bodemvocht, bodemopbouw, scheuren, vervorming. Verschillende sensoren meten middels röntgen straling.						Awenyddion / SpiderTech Security	Ja (?)					
		Glasvezelkabel	zie eerder.						Gemeentewerken Rotterdam / baas R&D.						
	Grootschalige verlaging van de kruin als gevolg van klink en zetting	Laser atlimetrie, laser scanning, LIDAR, zichtbaar licht fotogrametrie	zie eerder.						Fugro-Inpark, Terra Imaging, NEO, GBP / Ecoflight, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC, Qinetiq Survey	Ja.					

Faalme- chanisme	Zwakteindicatoren constructie	Inspectietechniek	Toepassing en eigenschappen	Wijze van meten					Mogelijke leveranciers	Operationeel?	Schaalniveau				
				Draagbaar	Meetwagen	Helikopter	Vliegtuig	Satelliet			Landelijk	Regionaal	Lokaal	Ex-situ	In-situ
		Glasvezelkabel	zie eerder.						Gemeentewerken Rotterdam / baas R&D.	Ja.					
	Niet waterkerende objecten	Zichbaar licht fotogrametrie	Veranderingen die visueel kunnen worden waargenomen. Er worden opnamen gemaakt die visueel worden beoordeeld. Afhankelijk van de type waarneming (satelliet of vliegtuig) kunnen verschillende detailniveaus worden behaald.						NEO, Ecoflight, Fugro-Inpark, Terra Imaging, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC	Ja					
	Kabels en leidingen	Grondradar (in combinatie met EM-tracer)	Middels grondradar (in combinatie met EM-tracers) kunnen kabels en leidingen worden gedetecteerd.						T&A Survey, Arcadis, Fugro	Ja					
Macro-instab. binnenzijde	Steil talud aan de binnenzijde	Laser altimetrie, laserscanning, LIDAR	zie eerder.						Fugro-Inpark, Terra Imaging, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC, Qinetiq Survey	Ja					
	Bodemopbouw	Grondradar (in combinatie met EM-tracer)	Opbouw middels grondradar. De bodemopbouw geeft informatie over de mogelijk voorkomende faalmechanismen zoals zetting, oprijving, preferente stroombanen, etc.						MAP Surveying / Grontmij, Arcadis, Fugro, T&A Survey, Oranjewoud	Ja.					
		Oppervlaktegolf metingen	In de ondiepe ondergrond worden oppervlakte golfmetingen uitgevoerd middels seismische golven.						TNO-NITG (ConsoliTest), FUGRO.	Ja.					
		Röntgen	Grondwaterstanden, bodemvocht, bodemopbouw, scheuren, vervorming. Verschillende sensoren meten middels röntgen straling.						Awenyddion / SpiderTech Security	Ja (?)					
		Boringen en sonderingen	Opbouw middels boringen en sonderingen. De bodemopbouw geeft informatie over de mogelijk voorkomende faalmechanismen zoals zetting, oprijving, preferente stroombanen, etc.						T&A Survey, Fugro, Grontmij, Royal Haskoning, TAUW, etc. etc. etc.	Ja.					
	Grondwaterstand en grondwaterstroming	Röntgen	Grondwaterstanden, bodemvocht, bodemopbouw, scheuren, vervorming. Verschillende sensoren meten middels röntgen straling.						Awenyddion / SpiderTech Security	Ja (?)					
Grondwatertemperatuur metingen.		Grondwaterstroming. Door middel van verschillen in watertemperatuur wordt achterhaald of waterkeringen waterdicht zijn of lekken (kwel).						GTC, Dicus / GO systemelektronik.	Ja						

Faalmechanisme	Zwakteindicatoren constructie	Inspectietechniek	Toepassing en eigenschappen	Wijze van meten					Mogelijke leveranciers	Operationeel?	Schaalniveau					
				Draagbaar	Meetwagen	Helikopter	Vliegtuig	Satelliet			Landelijk	Regionaal	Lokaal	Ex-situ	In-situ	
		Peilbuizen	Grondwaterstand monitoring. Middels handmatige of geautomatiseerde methode grondwaterstanden monitoren in grondlichamen.						Axiom Archeotech, Fugro, DHV, Oranjewoud, Arcadis, etc.	Ja						
		Onbekend.	Vochtregisterende sensoren.						WUR / HiTechnologies / Inter Act	Nee. Onderzoek wordt uitgevoerd.						
		Glasvezelkabel	Glasvezelkabels worden in de dijk aangelegd om vochtgehalten aan te tonen en temperatuur te bemeten (zowel natte als droge plaatsen in de waterkering).						Gemeentewerken Rotterdam / baas R&D, GTC (temperatuur, incl. T-sonderingen)	Ja						
Micro-instab. binnenzijde	Gangensels, gaten in toplaag	Zichtbaar licht fotogrametrie	Afgeleid aan de schade die de gravers hebben veroorzaakt kunnen gangen worden gedetecteerd.						GBP / Ecoflight							
	Grondwaterstand	Zie macro-instab. Bi.z.														

De wijze van meten is alleen ingevuld wanneer het ex-situ (van buitenaf) metingen betreft. In-situ metingen worden immers in het dijklichaam uitgevoerd. Indien meerdere technieken in de kolom "inspectietechnieken" zijn vermeld die niet in combinatie met elkaar worden gebruikt, is de kolom "wijze van meten" niet ingevuld.

BIJLAGE 7.2

OVERZICHT VAN TECHNIEKEN

DIJKEN: BEZWIJKINDICATOREN

Faalmecha-nisme	Beziijkingsindicatoren constructie	Inspectietechniek	Toepassing en eigenschappen	Wijze van meten					Mogelijke leveranciers	Operationeel?	Schaalniveau				
				Draagbaar	Meestwagen	Helikopter	Vliegtuig	Satelliet			Landelijk	Regionaal	Lokaal	Ex-situ	In-situ
overloop	Erosie van het binnentalud,	Zichtbaar licht fotogrametrie	Erosie detectie middels luchtfoto's. Indien deze groot genoeg zijn, kunnen stroomgeultjes worden gedetecteerd.						GBP / Ecoflight / Synoptics, Oranjewoud, Fugro-Inpark	Ja					
		Nabij infrarood fotogrametrie	Erosie afgeleid door het ontbreken van begroeiing (gras).						GBP / Ecoflight / Synoptics	Ja					
	Beschadiging van de grasbekleding	Nabij infrarood fotogrametrie (in combinatie met) zichtbaar licht fotogrametrie	Het achterhalen van beschadigingen en zwakkeplekken in grasbekledingen. De mate van reflectie van nabij infrarode lichtstralen geeft een indicatie van de kwaliteit van gras. Al dan niet in combinatie met zichtbaar licht foto's kunnen zwakke plekken worden						GBP / Ecoflight / Synoptics	Ja					
		Zichtbaar licht fotogrametrie	Opsporen van zwakke plekken in een grasbekleding die visueel waargenomen kunnen worden. Middels "gewone" foto's kunnen zwakke plekken (kaal, geel, etc.) worden gedetecteerd.						GBP / Ecoflight / Synoptics, Fugro(-Inpark), Oranjewoud, Terra Imaging, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC	Ja					
	Beschadiging van de asfaltbekleding	Grondradar in combinatie met valgewicht-deflectiemeter.	De grondradar zendt elektromagnetische golven in de ondergrond. Bij laagscheiding wordt een deel gereflecteerd. De dikte van de bekleding wordt bekend.						Netherlands Pavement Consultants.	Ja.					
	Scholvorming binnentalud als gevolg van verzadiging binnentalud	Nabij infrarood fotogrametrie	Het opsporen van scholvorming door plekken te detecteren waar door scholvorming grasbekledingen zijn verzakt en op deze manier de ondergrond bloot komt te liggen.						GBP / Ecoflight / Synoptics	Ja					
Zichtbaar licht fotogrametrie		Wanneer scholvorming tot scheuren leidt en deze visueel zijn waar te nemen kunnen zichtbaar licht foto's worden gemaakt om deze te detecteren.						Fugro-Inpark, Terra Imaging, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC, GBP / Ecoflight	Ja						

		Laser-altimetrie, laser scanning, LIDAR	Hoogte metingen. Bundel infraroodlicht wordt uitgezonden en weerkaatst en opgevangen. Verschil in het tijdstip van terugkomst van de bundel levert hoogteinformatie op. Op deze wijze kunnen, indien voldoende van afmeting, scholvormingen (verzakkingen) worden					Fugro-Inpark, Terra Imaging, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC, Terra Imaging, Qinetiq Survey	Ja						
overslag	Erosie van de toplaag op kruin en bi.t., concentratie van wegstromend water	Zie overloop.													
	Verzadiging bi.t. waardoor afschuiving, langsscheuren in de kruin, vervorming bij de teen van het bi.t.	Röntgen	Grondwaterstanden, bodemvocht, bodemopbouw, scheuren, vervorming. Verschillende sensoren meten middels röntgen straling.					Awenyddion	Ja (?)						
		Glasvezelkabel	Glasvezelkabels worden in de dijk aangelegd om vochtgehaltes of temperaturen te meten (zowel natte als droge plaatsen in de waterkering).					Gemeentewerken Rotterdam / baas R&D, GTC (temperatuur, incl. T-sonderingen)	Ja						
		Onbekend.	Vochtregisterende sensoren.					WUR / HiTechnologies / Inter Act	Nee. Onderzoek wordt uitgevoerd.						
		Grondradar (in combinatie met EM-tracer)	De grondradar kan natte en droge plekken detecteren in het dijklichaam.					MAP Surveying / Grontmij, Arcadis, Fugro.	Ja.						
		Peilbuizen	Grondwaterstand monitoring. Middels handmatige of geautomatiseerde methode grondwaterstanden monitoren in grondlichamen.					Axiom Archeotech, Fugro, DHV, Oranjewoud, Arcadis, etc.	Ja						
	Afschuiven, verzakking als gevolg van verzadiging talud.	Glasvezelkabel	Glasvezelkabels worden in de dijk aangelegd om verzakkingen en dergelijke aan te tonen middels vervorming in de kabel.					Gemeentewerken Rotterdam / baas R&D.	Ja						
		Röntgen	Grondwaterstanden, bodemvocht, bodemopbouw, scheuren, vervorming. Verschillende sensoren meten middels röntgen straling.					Awenyddion	Ja (?)						
		Laser-altimetrie, laser scanning, LIDAR						Fugro-Inpark, Terra Imaging, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC, Qinetiq Survey	Ja						

macro-instab. bi.z.	Scheurvorming op de kruin (al dan niet in combinatie met verzakkingen)	Laser altimetrie, laser scanning, LIDAR	Verzakkingen worden gedetecteerd als verschil in hoogte ten opzichte van een referentiesituatie.					Fugro-Inpark, Terra Imaging, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC, Qinetiq Survey	Ja. Zie ook röntgen van Awenyddion.					
		Glasvezelkabel						Gemeentewerken Rotterdam / baas R&D.	Ja					
		Zichtbaar licht fotogrametrie	Veranderingen die visueel kunnen worden waargenomen. Er worden opnamen gemaakt die visueel worden beoordeeld. Indien scheuren groot genoeg zijn, worden deze gedetecteerd.					Fugro-Inpark, Terra Imaging, GBP / Ecoflight, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC	Ja					
		Kantelen van de kruin	Zie schreeuvorming van de kruin.											
		Opbolling bij de teen van het bi.t.	Zie schreeuvorming van de kruin.	Indien de opbolling voldoende groot is om waargenomen te kunnen worden kunnen de technieken worden toegepast.						Ja.				
		Dichtdrukken van de sloot bij de teen van het bi.t.	Satelliet opnamen	Middels satelliet opnamen worden verschillende opnamen van verschillende perioden met elkaar vergeleken. Mutaties worden gedetecteerd.					NEO / Geocensus	Ja				
micro-instab. bi.z.	Uittreden van water op het bi.t.													
			Zichtbaar licht fotogrametrie	Middels mutatie detectie met behulp van foto's gemaakt uit bijvoorbeeld vliegtuigen of helikopters.					Fugro-Inpark, Terra Imaging, GBP / Ecoflight, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC	Ja				
			Laser in combinatie met camera	Laser en camera maken van een terrein opnamen. Deze worden gecombineerd en mutatie detectie kan plaatsvinden.					Terra Imaging	Ja.				
		Thermisch infrarood	Het uittredend kwelwater heeft een andere temperatuur dan de omgeving. Middels thermisch infrarood kan dit worden gedetecteerd.				?	Arcadis	Ja.					
		Glasvezelkabel	Glasvezelkabels worden in de dijk aangelegd om temperaturen te meten (zowel natte als droge plaatsen in de waterkering).					Gemeentewerken Rotterdam / baas R&D, GTC (temperatuur, incl. T-sonderingen)	Ja.					

Verkleuring slootwater	Zichtbaar licht fotogrametrie							Onbekend.					
Verandering van de vegetatie	Nabij infrarood licht (al dan niet in combinatie met zichtbaar licht).	Door verschillen in absorptie en reflectie eigenschappen van planten kunnen verschillende soorten gewassen worden onderscheiden. Veranderingen kunnen worden gedetecteerd op langere termijn.						GBP / Ecoflight / Synoptics	Ja				
	Laser in combinatie met camera	Laser en camera maken van een terrein opnamen. Deze worden gecombineerd en vegetatie en verschillen hierin kunnen worden gedetecteerd.						Terra Imaging	Ja.				
Vorming glijcirkel zie macro-instab.	Laser-altimetrie, laser scanning, LIDAR							Fugro-Inpark, Terra Imaging, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC, Qinetiq Survey	Ja				

BIJLAGE 7.3

OVERZICHT VAN TECHNIEKEN

KUNSTWERKEN: ZWAKTE INDICATOREN

	Schade aan de constructie	Afhankelijk van type schade: zichtbaar licht fotogrammetrie.	Veranderingen die visueel kunnen worden waargenomen. Er worden opnamen gemaakt die visueel worden beoordeeld. Indien de schade groot genoeg is, wordt deze gedetecteerd.							Fugro-Inpark, Terra Imaging, GBP / Ecoflight, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC	Ja						
instabiliteit v/d sluitingswerken	Constructiemateriaal in relatie tot leeftijd	n.v.t.															
	Staat van onderhoud	Afhankelijk van type inspectieparameter: visueel: zichtbaar licht fotogrammetrie.	Veranderingen die visueel kunnen worden waargenomen. Er worden opnamen gemaakt die visueel worden beoordeeld. Indien de schade groot genoeg is, wordt deze gedetecteerd.							Fugro-Inpark, Terra Imaging, GBP / Ecoflight, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC	Ja						
	Corrosie/rot en scheuren in het sluitingswerk	n.v.t.															
	Schade aan de constructie	n.v.t.															

De wijze van meten is alleen ingevuld wanneer het ex-situ (van buitenaf) metingen betreft. In-situ metingen worden immers in het kunstwerk uitgevoerd. Indien meerdere technieken in de kolom "inspectietechnieken" zijn vermeld die niet in combinatie met elkaar worden gebruikt, is de kolom "wijze van meten" niet ingevuld.

BIJLAGE 7.4

OVERZICHT VAN TECHNIEKEN

KUNSTWERKEN: BEZWIJK INDICATOREN

	Problemen met de sluitingsmiddelen	n.v.t.	Problemen zijn bijvoorbeeld: deuren sluiten niet, scharnieren kraken en piepen. Deze mankementen worden het best middels traditionele inspectiemethoden geïnspecteerd.															
	Optredend kwel / hoog vochtgehalte door bijvoorbeeld lekke kwelerschermen.	Thermisch infrarood	Het uittreidend kwelwater heeft een andere temperatuur dan de omgeving. Middels thermisch infrarood kan dit worden gedetecteerd.						Arcadis	Ja								
		Röntgen	Grondwaterstanden, bodemvocht, bodemopbouw, scheuren, vervorming. Verschillende sensoren meten middels röntgen straling.						Awenyddion / SpiderTech Security	Ja (?)								
		Glasvezelkabel	Glasvezelkabels worden in de dijk aangelegd om vochtgehalten aan te tonen en temperatuur te bemeten (zowel natte als droge plaatsen in de waterkering).						Gemeentewerken Rotterdam / baas R&D, GTC (temperatuur, incl. T-sonderingen)	Ja								
		Onbekend.	Vochtregisterende sensoren.						WUR / HiTechnologies / Inter Act	Nee. Onderzoek wordt uitgevoerd.								
	Breken van aangrenzende constructies (beschoeiing e.d.)	Zichtbaar licht fotogrammetrie	Alleen toepasbaar indien de veranderingen dermate groot zijn dat ze ook daadwerkelijk waargenomen kunnen worden.						Fugro-Inpark, Terra Imaging, GBP / Ecoflight, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC	Ja, mits de onder toepassing vermelde voorwaarde geldt.								
instabiliteit v/d sluitingswerken	Bezijken sluitingswerk	Glasvezelkabel	De glasvezel kabel kan in een sluitingswerk worden aangebracht. Of dit mogelijk is, dient te worden onderzocht.						Gemeentewerken Rotterdam / baas R&D.	Onbekend.								
		Zichtbaar licht fotogrammetrie	Indien de scheuren groot genoeg zijn kan met zichtbaar licht gemonitord en geïnspecteerd worden. Dit dient dan ter lokaliseren van de scheuren.						Fugro-Inpark, Terra Imaging, GBP / Ecoflight, Oranjewoud, Eurosense / DHV, Hansa Luftbild / Royal Haskoning / ITC	Ja, mits de onder toepassing vermelde voorwaarde geldt.								
	Kraken bij sluiten en openen	n.v.t.	Deze worden tijdens het dagelijks gebruik en bij dagelijkse inspecties geïnventariseerd.															
	Water stroomt door het sluitingswerk	n.v.t.	Deze worden tijdens het dagelijks gebruik en bij dagelijkse inspecties geïnventariseerd.															
	Optredend kwel	Thermisch infrarood	Het uittreidend kwelwater heeft een andere temperatuur dan de omgeving. Middels thermisch infrarood kan dit worden gedetecteerd.							Arcadis	Ja							
Röntgen		Grondwaterstanden, bodemvocht, bodemopbouw, scheuren, vervorming. Verschillende sensoren meten middels röntgen straling.							Awenyddion / SpiderTech Security	Ja								
Glasvezelkabel		Glasvezelkabels worden in de dijk aangelegd om vochtgehalten aan te tonen (zowel natte als droge plaatsen in de waterkering).							Gemeentewerken Rotterdam / baas R&D.	Ja								
Onbekend.		Vochtregisterende sensoren.							WUR / HiTechnologies / Inter Act	Nee. Onderzoek wordt uitgevoerd.								

De wijze van meten is alleen ingevuld wanneer het ex-situ (van buitenaf) metingen betreft. In-situ metingen worden immers in het kunstwerk uitgevoerd. Indien meerdere technieken in de kolom "inspectietechnieken" zijn vermeld die niet in combinatie met elkaar worden gebruikt, is de kolom "wijze van meten" niet ingevuld.

BIJLAGE 8

INTERPRETATIE VAN OBSERVATIES

Inspectie van waterkeringen

Vervorming waterkeringen functioneren en ondergrond

GeoDelft

GeoDelft

Waarnemen betreft:
De waterkering:
Functioneren en vorm

Falen van het primaire functioneren

- Oppervlakte aantasting (ontgronding)
- Vervorming / verplaatsing grondlichaam

Verhoging van de mogelijkheid van vervormen en aantasten (onderhoudgericht)

STOWA kennisdag, Waarnemingsplan en eerste aanpak

GeoDelft

Wat wordt waargenomen? en wat wordt daarbij gezocht? o.a.s. afhankelijk van de insichten van de waarnemer

Scherp: dringt zomer droogte voor verder

Scherp: HELP

Scherp: wateraanwinning door toename water

STOWA kennisdag, Waarnemingsplan en eerste aanpak

GeoDelft

Plaatsen van waarnemingen:
Begrijpen van het systeem (in hoofdlijnen) om te weten:

- waar moet op gelet worden
- wat gezien kan worden

Weten waar op te letten
 In hoofdlijnen:

- Belasting
 - water
 - geometrie
 - opbouw grondlichaam
- Sterkte / vervorming
 - grondopbouw en geometrie
 - water in de grond

STOWA kennisdag, Waarnemingsplan en eerste aanpak

GeoDelft

Voor het begrijpen van waarnemingen i.a.v. ondergrond en falen gaat het om:

Ondergrond:
Processen bijbehorende verschijnselen

- ±Vervorming (spanning, rek)
- ±Waterspanning (afvalken)
- ±Waterbeweging (ontgronding, verhang)

Waar
 Hoeveel
 Hoe snel

STOWA kennisdag, Waarnemingsplan en eerste aanpak

GeoDelft

Opmerkingen bij de **Processen en verschijnselen**

- Het gaat vaak om combinaties van processen parallel en sequentieel
- Processen en combinaties zijn afhankelijk van de opbouw van waterkering (i.a. bepaalde details zoals weglending en kantenspalen) en ondergrond

Voor methodische waarnemingsplannen is o.a. van belang

- Wat verschijnt waar?
- Wanneer loopt het uit de hand?

STOWA kennisdag, Waarnemingsplan en eerste aanpak

GeoDelft

verandering waterhuizingen

De kaden liggen er al meer dan 150 – 200 jaar. De voorkeuze ontstond uit praktische overwegingen in de tijd. Alle processen leiden tot afname van het kadeprofiel en tussen 10 tot 20 cm per eeuw worden de oeverwaaier afgevoerd in de kadde met beschikbaarheid voor en rond.

STOWA kennisdag, Waterkeringplannen en terreinvering

GeoDelft

verandering waterhuizingen

In deze presentatie gaat het met name om:
Waarnemingen gericht op vervorming

By waarnemingen ingevuld wordt in op vervorming gericht. Uitbreiden en vergroten van de meting van kadeprofiel, bodem of water. groter dan 2 die vervorming waarnemen, geringere vervorming waarnemen door slingerende beweging (invalen).

Schouwen en aanpakken worden opgenomen in de meting, ingevuld en, wanneer te veel groter dan 4 cm zijn. Het meten van systemen in schouwenpatronen is erg lastig en vergt schouwen om met deze waarnemingen te weten te komen dat het water te schouwen.

Ondergrond is veel veranderd naar te weten. (Waarnemingen worden in de kadde in de bodem, volgt met met deze waarnemingen)

STOWA kennisdag, Waterkeringplannen en terreinvering

GeoDelft

verandering waterhuizingen

Gebruik van gedetailleerde informatie over vervorming

- Vervormingsprofielen wijzen op de aard van de mechanismen
- Vervorming, mate en aard, geeft indicatie mechanische eigenschappen kering en ondergrond
- Vervormingsgedrag voor verschillende omstandigheden leren kennen
 - tijdschaal
 - ruimteschaal

STOWA kennisdag, Waterkeringplannen en terreinvering

GeoDelft

verandering waterhuizingen

Vervormingen Onderhoud

Deze afbeeldingen zijn lokale voor vervorming. Bodem direct na slijping heeft enkele verspreidingen die lokale na lang water.

STOWA kennisdag, Waterkeringplannen en terreinvering

GeoDelft

verandering waterhuizingen

Verandering grond (water-)gebruik
 (Leidt naar tot aanpak van kadeprofiel en tot schouwen in de kadde)

STOWA kennisdag, Waterkeringplannen en terreinvering

GeoDelft

verandering waterhuizingen

Vervorming rivierdijk tijdens hoogwater

Mate en patroon afhankelijk van:

- Ondergrond
- dijkopbouw
- belasting

STOWA kennisdag, Waterkeringplannen en terreinvering

GeoDelft

verandering waterhuizingen

Vervormingspatroon mechanische belasting

Vervormingen:
 -Centimeters
 -Patroon afhankelijk type ondergrond
 -Indicatie iedertijd laten

STOWA kennisdag, Waterkeringplannen en terreinvering

GeoDelft

verandering waterhuizingen

Vervormingspatroon door werking van de grond

- Effecten watergehalteveranderingen (verlies vegetatie, struiken, waterstandverandering, droge zomer + 1 die in de bodem (binnenkant verlaagt))
- Lange termijn klink (waarschijnlijk: onder 1 cm/jaar)

STOWA kennisdag, Waterkeringplannen en terreinvering

GeoDelft

verandering van toestand

Gebruik van series nauwkeurige vervormingsmetingen

- **Onderhoud**
 - kruinhoogte
 - lokaal uitzakken / opbollen
- **"Early warning"**
 - mate van vervorming
 - patroon vervorming teen
- **Indicatie mechanische eigenschappen ondergrond**

STOWA kennisdag: Waaktoestandplan en vervorming

GeoDelft

verandering van toestand

Remote sensing toepassing: Toestand en verandering van toestand

- **Vorm / vervorming** (interferentie, InSAR vanaf vliegtuig)
- **Water in de grond en oppervlak** (ru, afwaard en SAR)
- **Grondgebruik** (opname satellieten)

In samenhang met, aanvullend op:

- Terrein waarnemingen / metingen
- Begrip van de processen

STOWA kennisdag: Waaktoestandplan en vervorming

GeoDelft

verandering van toestand

Toepassingsvelden gedetailleerde Vervormingsmetingen:

- **Beslissingsondersteunende informatie bij dreigende calamiteiten**
 - responstijd meting: enige uren
- **Optimaliseren onderhoud en onderhoudsstrategie**
 - minder afhankelijk lokale kennis
 - systematisch overzicht

STOWA kennisdag: Waaktoestandplan en vervorming

BIJLAGE 9

FOTO IMPRESSIE KENNISDAG

FOTOIMPRESSIE VAN DE KENNISDAG



FOTO 1 J.M.J. LEENEN - DIRECTEUR STOWA



FOTO 2 W. BROEDERS - HOOFDINGENIEUR-DIRECTEUR RWS DWV



FOTO 3 S. SCHAAP - VOORZITTER UVW



FOTO 4 ONTVANGST DOOR DE STOWA



FOTO 5 EEN GOEDE OPKOMST MET CA. 150 WATERKERINGBEHEERders

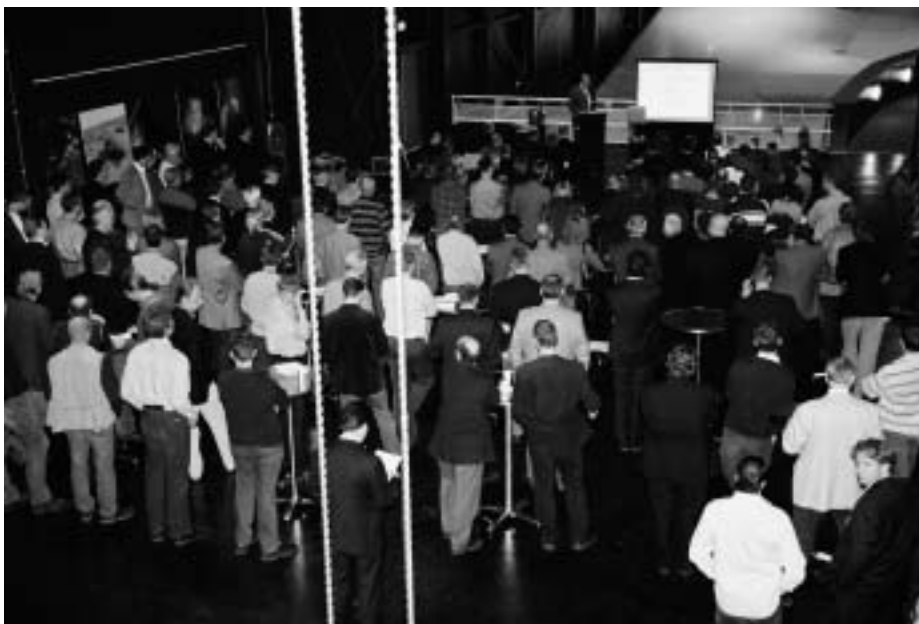


FOTO 6 PLENAIRE PRESENTATIES OVER ENKELE TECHNIEKEN



FOTO 7 OVERZICHT VAN DE KENNISMARKT



FOTO 8 OVERZICHT VAN DE KENNISMARKT



FOTO 9 OVERZICHT VAN DE KENNISMARKT

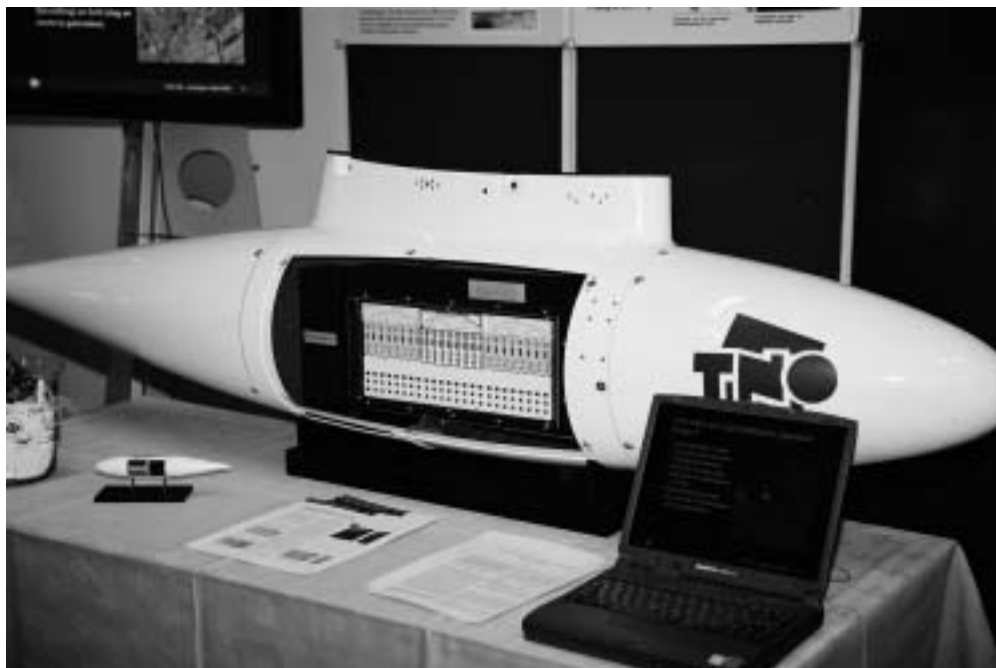


FOTO 10 OVERZICHT VAN DE KENNISMARKT



FOTO 11 RONDVLUCHT MET DE HELIKOPTER VOOR ENKELE PRIJSWINNAARS



FOTO 12 BELANGSTELLING VAN DE MEDIA: RADIO 1 JOURNAAL