

Monitoringplan Lauwersmeerdijk



Monitoringplan Lauwersmeerdijk

referentie	projectcode	status
GN207-2/14-011.063	GN207-1	definitief
projectleider	projectdirecteur	datum
ir. C.H. Clemens	ir. H.J.M.A. Mols	27 mei 2014

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	dr.ir. A.C. de Niet	

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
1.1. Algemeen	1
1.2. Doelstellingen monitoring Lauwersmeerdijk	1
1.3. Randvoorwaarden en uitgangspunten monitoringplan	1
1.4. Leeswijzer	1
2. BESCHRIJVING LOCATIE EN MEETCONFIGURATIE	3
2.1. Beschrijving locatie	3
2.2. Uitwerking meetconfiguratie	3
3. INFORMATIEBEHOEFTE, MEETDOELEN EN MONITORINGPERIODE	5
3.1. Informatiebehoefte	5
3.2. Meetdoelen	5
3.2.1. Onderzoek freatische lijn - waterspanningsmeters	5
3.2.2. Onderzoek asfaltbekleding	5
3.3. Monitoringperiode	5
4. MONITORING FREATISCHE LIJN	7
4.1. Voorbereiding	7
4.2. Aanleg meetnet	7
4.3. Oplevering meetnet	9
4.4. Monitoring na realisatie	11
4.5. Eerste analyse van meetresultaten	14
4.6. Doorkijk/visie op vervolg	15
4.7. Overige punten	15
5. MONITORING ASFALTBEKLEDING	17
5.1. Introductie	17
5.2. Asfaltmetingen met passieve mircogolf radiometrie	17
5.3. Aanpak nulmeting	18
5.4. Hoe werkt MIRA?	22
5.5. Resultaat	22
5.5.1. Vochtgehalte in asfalt	23
5.5.2. Asfaltdikte	25
5.5.3. Structuur variaties en holle ruimten	27
5.5.4. Asfalttemperatuur en opbollingen	32
5.5.5. Hoogtemodel	34
5.5.6. Beknopte visuele inspectie	35
5.6. Afstemming resultaat nulsituatie met de beheerpraktijk	36
5.6.1. Meetresultaten in relatie tot de doelen	36
5.6.2. De noodzaak van verschilbeelden	37
5.6.3. Hypothesen	37
5.7. Doorkijk/visie op vervolg	38
6. BEHEER EN VALIDATIE VAN DATA	41
6.1. Databeheer DDSC	41
6.2. Datakwaliteit	42
6.2.1. Uitvoering datavalidatie	42
6.2.2. Datavalidatie met De Dataprofeet	43
6.2.3. Site Acceptance Test (SAT) ten behoeve van oplevering apparatuur	43
6.3. Doorkijk/visie op vervolg	43

7. ORGANISATIE MONITORING, VISIE VERVOLG	45
7.1. Fase 1: monitoring (9 september 2013 - 9 september 2015)	45
7.2. Fase 2 - doorkijk vervolg: nadere analyse, aanvullen/wijzigen monitoring (>2015)	45
8. REFERENTIES	47
laatste bladzijde	47

BIJLAGEN	aantal blz.
I Impressie van de onderzoekslocatie	3
II Beoordeling meetconfiguratie van Alert Solutions BV	3
III Installatieplan AlertSolutions	12
IV Specificaties waterspanningsmeter ACE-250	3
V Installatierapport van Fugro Geoservices	33
VI Installatieplan Miramap	4
VII Resultaten boringen KOAC-NPC	11
VIII Notitie Datavalidatie Waterspanningsmeters	13
IX Overleg specialisten asfaltbekleding Lauwersmeerdijk Miramap	1
X Operationeel beheer monitoringsysteem	2

1. INLEIDING

1.1. Algemeen

Uit de derde veiligheidstoetsing van de primaire waterkeringen van Waterschap Noorderzijlvest is gebleken dat een derde van de dijken binnen het beheergebied niet voldoet aan de gestelde eisen [ref. 1.]. Diverse dijkvakken zijn afgekeurd op basis van verschillende faalmechanismen.

Onderhavig monitoringplan heeft betrekking op de Lauwersmeerdijk waar recent herstelmaatregelen zijn uitgevoerd met staalslakken (traject KM 85,7-86,4). Een impressie van de locatie is opgenomen als bijlage I. Dit monitoringplan beschrijft de monitoring van de Lauwersmeerdijk, specifiek: het monitoren van het effect van de toegepaste staalslakken op de freatische lijn en het onderzoeken van de kwaliteit van het asfalt. Het beschrijft de invulling van de periode tot 2 jaar na realisatie van het meetsysteem (d.d. 9 september 2013).

1.2. Doelstellingen monitoring Lauwersmeerdijk

De monitoringaanpak voor de Lauwersmeerdijk kent de volgende onderverdeling:

- ter plaatse en direct grenzend aan de uitgevoerde herstelmaatregel met staalslakken is een monitoringsysteem met waterspanningsmeters aangelegd. Het doel van de monitoring is met waterspanningsmeters te bepalen of een verschil ontstaat in het verloop van de freatische lijn in de tijd ter plaatse van deze staalslakken in vergelijking met de omgeving (zonder staalslakken). Met deze metingen kan het verloop en een eventueel structureel effect van de slakken op de waterhuishouding in de dijk worden waargenomen;
- op het traject binnen de raaien met waterspanningsmeters wordt een nulmeting uitgevoerd van de asfaltbekleding. Doel van deze nulmeting is inzicht te krijgen in de kwaliteit van het asfalt.

1.3. Randvoorwaarden en uitgangspunten monitoringplan

Voor het monitoringplan zijn de volgende uitgangspunten en randvoorwaarden gehanteerd:

- uitgangspunt voor de beschreven aanpak is het verslag van het overleg op 17 april 2013 aangevuld met het plan van aanpak [ref. 3] en opdracht [ref. 4];
- informatie gebruikt voor het opstellen van dit monitoringplan is vermeld in de referentielijst.

1.4. Leeswijzer

Het monitoringplan is als volgt opgebouwd:

- hoofdstuk 1 - inleiding;
- hoofdstuk 2 - beschrijving locatie en meetconfiguratie;
- hoofdstuk 3 - informatiebehoefte, meetdoelen en monitoringperiode;
- hoofdstuk 4 - monitoring freatische lijn;
- hoofdstuk 5 - monitoring asfaltbekleding;
- hoofdstuk 6 - beheer en validatie van data;
- hoofdstuk 7 - organisatie monitoring, visie vervolg.

2. BESCHRIJVING LOCATIE EN MEETCONFIGURATIE

2.1. Beschrijving locatie

De Lauwersmeerdijk is een primaire waterkering met Lauwersmeer als direct achterliggend gebied. De Lauwersmeerdijk is een zeedijk, die het land scheidt van het Lauwersmeer. Daarmee heeft het de functie boezemkade. Ook beperkt de Lauwersmeerdijk, bij een eventuele doorbraak van de voorliggende primaire dijk, de schade. De Lauwersmeerdijk wordt geclassificeerd als een regionale waterkering [ref. 5].

Onderhavig monitoringplan heeft betrekking op de Lauwersmeerdijk waar recent herstelmaatregelen zijn uitgevoerd met staalslakken (traject KM 85,7-86,4). Een impressie van de locatie is opgenomen als bijlage I.

2.2. Uitwerking meetconfiguratie

Ten behoeve van onderhavig monitoringplan is het beschikbare grondonderzoek doorgenomen [ref. 6] en is gekeken of het onderzoek voldoende gedetailleerd is uitgevoerd. Op basis van dit grondonderzoek is een beoordeling van de meetconfiguratie opgesteld.

De beoordeling van de meetconfiguratie is opgenomen in bijlage II.

3. INFORMATIEBEHOEFTE, MEETDOELEN EN MONITORINGPERIODE

3.1. Informatiebehoefte

De monitoring dient een antwoord te geven op de volgende vragen [ref. 3.]:

- met welke technieken kan het geotechnisch gedrag van de Lauwersmeerdijk in kaart worden gebracht;
- welk effect hebben de staalslakken op de freatische lijn;
- wat is de kwaliteit van het asfaltdek.

3.2. Meetdoelen

3.2.1. Onderzoek freatische lijn - waterspanningsmeters

De uit te voeren monitoring heeft tot doel het vaststellen van eventuele verandering in doorlatendheid van de toegepaste afdichting door het monitoren van de stijghoogte ter plaatse van de Lauwersmeerdijk.

3.2.2. Onderzoek asfaltbekleding

De uit te voeren monitoring heeft tot doel het bewaken van de veiligheid tot verbeterwerkzaamheden zijn uitgevoerd in combinatie met het leveren van aanvullende informatie over de opbouw van het asfalt/de dijk ten behoeve van de beoogde verbeterwerkzaamheden.

3.3. Monitoringperiode

De monitoring wordt uitgevoerd tot 2 jaar na realisatie van het meetsysteem (d.d. 9 september 2013). De einddatum betreft 9 september 2015 in het kader van het Livedijk XL project.

4. MONITORING FREATISCHE LIJN

In opdracht van Stichting IJkdijk heeft Alert Solutions in september 2013 een sensor systeem met waterspanningsmeters geleverd en geïnstalleerd in de Lauwersmeerdijk ter monitoring van de freatische lijn. De uitvoering van installatie is gestart op maandag 2 september 2013 en afgerond op vrijdag 6 september 2013.

De installatie van de sensoren, plaatsing van de schutkokers en aansluiting van de sensoren op de ModemLoggers is uitgevoerd door Fugro Geoservices BV.

4.1. Voorbereiding

Installatieplan en sonderingen

Voorafgaand aan installatie van de waterspanningsmeters is een plan opgesteld met daarin voorgenomen installatiediepten van de sensoren. Dit plan is definitief opgesteld en verspreid onder de titel 'InstallatiePlan_ASBV_LMD_v04_def' (zie bijlage III).

Als onderdeel van de definitieve vaststelling van de plaatsingslocaties zijn op 5 augustus 2013 door Fugro Geoservices op locaties KM 85-0 en KM 87-0 twee diepe sonderingen met dissipatietest uitgevoerd (locaties nabij de sloot in het achterland). Voor KM 86-0 was deze informatie reeds beschikbaar. Op basis van deze informatie is tot een gewenste plaatsingsdiepte van NAP -2,0 m voor alle sensoren gekomen. Daarbij het uitgangspunt om wanneer klei wordt aangetroffen op NAP -2,0 m – door te boren om de waterspanningsmeter in de zandlaag direct onder het klei te plaatsen.

Het type waterspanningsmeter dat is toegepast is een MEMS gebaseerde drukopnemer van Alert Solutions (type ACE-250, zie bijlage IV), welke de druk ten opzichte van vacuüm registreert. De drukkamer in combinatie met een hydrofiel filterelement is zo gepositioneerd dat de waterdruk wordt gemeten. Het is een absolute druk opnemer, welke drukmeting om tot waarneming van waterspanning te komen, gecorrigeerd dient te worden voor luchtdruk. In bijlage IV zijn de specificaties van de waterspanningsmeter ACE-250 opgenomen.

Lab test van waterspanningsmeters

Als onderdeel van de voorbereiding op installatie heeft eveneens een uitgebreide labtest op de sensoren plaats gevonden. Deze test is in samenwerking met Witteveen+Bos opgezet en uitgevoerd op kantoor bij Alert Solutions, Delft. Witteveen+Bos heeft de resultaten in de notitie 'Verslag FAT' vastgelegd. Uit de test is naar voren gekomen dat alle in te zetten instrumenten binnen 2 cm nauwkeurig de hoogte van een waterkolom kunnen vaststellen.

4.2. Aanleg meetnet

Conform installatieplanning zijn in de week van 2 september 2013 in totaal 12 waterspanningsmeters geplaatst, op iedere dwarsraai (bij KM 85, 86 en 87) 4 stuks. De waterspanningsmeters hebben een meetbereik van 0 – 2500 mbar.

Bij definitieve installatie is in overleg tussen Witteveen+Bos en Alert Solutions en onder uitvoering van Fugro GeoServices op de volgende punten afgeweken van dan wel aangevuld op het installatieplan:

- locatie KM 87-0-1 was nog niet bepaald in het installatieplan. Op 2 september is deze in samenspraak met Witteveen+Bos alsnog bepaald en ingemeten;
- bij locatie KM 87-0-1 bleek bij NAP +/- 2,0 m een kleilaag aanwezig. In onderling overleg en in aansluiting op de afspraken vastgelegd in het installatieplan is besloten de sensor hier onder de aanwezige kleilaag te plaatsen (op NAP +/- 4,08 m);
- verder zijn alle waterspanningsmeters op gewenste diepte geïnstalleerd, met op een aantal locaties kleine afwijkingen in de uitvoering als gevolg van lokale grondomstandigheden.

In het installatierapport van Fugro Geoservices zijn de installatiediepten vastgelegd, zijn per locatie de boorstaten gegeven en zijn de twee diepe sonderingen opgenomen (zie bijlage V).

De installatie van de ondiepe waterspanningsmeters is handmatig uitgevoerd. Hiervoor is een boorgat gezet waarna de waterspanningsmeter is afgehangen en omstort met een grindkoffer. Vervolgens is het boorgat opgevuld met bentoniet en op aantal locaties tevens met lokaal uitgewonnen grond. De diepe plaatsingen zijn uitgevoerd met een mini boorrups, waarbij verder dezelfde werkwijze is gehanteerd als bij handmatige plaatsing.

Per raai is een schutkoker geplaatst. In de schutkoker is de waterspanningsmeter aangesloten op de ModemLogger. De schutkokers zijn van het materiaal PVC zodat de dataverzending onbelemmerd kan plaats vinden. De ModemLoggers leggen de meetdata op een lokale SD kaart vast en verzenden deze eveneens via modem. De ModemLoggers bevatten een accu buffer die voldoende moet zijn om onder normale omstandigheden 2 jaar te kunnen functioneren.

Hieronder foto's van de activiteiten en afwerking in het veld (afbeelding 4.1 en 4.2).

Afbeelding 4.1. Inzet mini boorrups voor de diepe plaatsingen van waterspanningsmeters in buitentalud van de dijk



Afbeelding 4.2. Plaatsing van schutkokers met ModemLoggers voor automatische monitoring van de Lauwersmeerdijk



4.3. Oplevering meetnet

Alle beoogde sensorlocaties voor plaatsing zijn in het terrein conform installatieplan en in overleg met Fugro bepaald en vervolgens door Fugro ingemeten. Direct na plaatsing zijn voor alle sensoren de definitieve plaatsingsdiepten vastgelegd. Deze zijn opgenomen in tabel 4.1.

Tabel 4.1. Plaatsingsgegevens sensoren

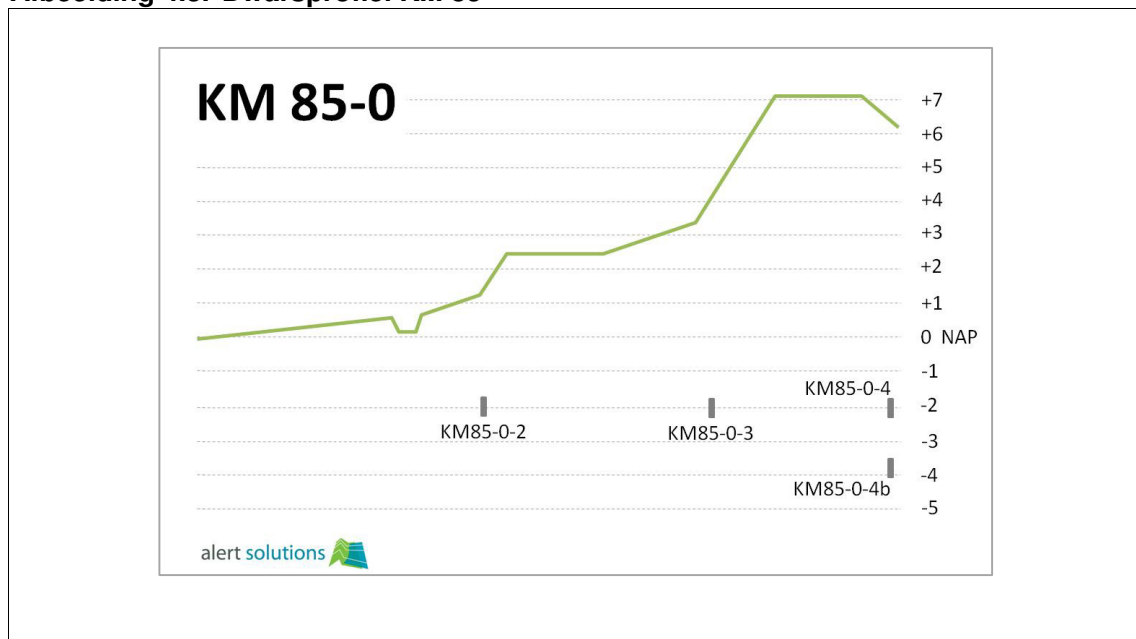
raai	ID-modem-logger	ID WSM	X	Y	Z (in mNAP)	sensor-diepte (in mNAP)
KM85-0						
85-02	24	463	213893,048	602896,086	1,806	-2,00
85-03	25	464	213900,912	602910,753	3,353	-2,00
85-04	26	465	213910,818	602930,921	6,591	-2,00
8504b	27	466	213910,000	602931,400	6,591	-3,81
KM86-0						
86-01	28	467	213002,079	603349,403	0,015	-2,08
86-02	29	468	213018,590	603379,025	1,474	-2,00
86-03	30	469	213026,137	603395,435	3,126	-2,20
86-04	31	442	213035,523	603415,229	6,427	-2,07
KM87-0						
87-01	32	471	212076,688	603428,428	0,225	-4,08
87-02	33	472	212067,191	603483,845	0,926	-2,60
87-03	34	440	212061,879	603506,427	3,199	-2,09
87-04	35	441	212055,751	603531,954	6,254	-2,00

Ten aanzien van de nauwkeurigheid van inmeting heeft Fugro Geoservices het volgende afgegeven:

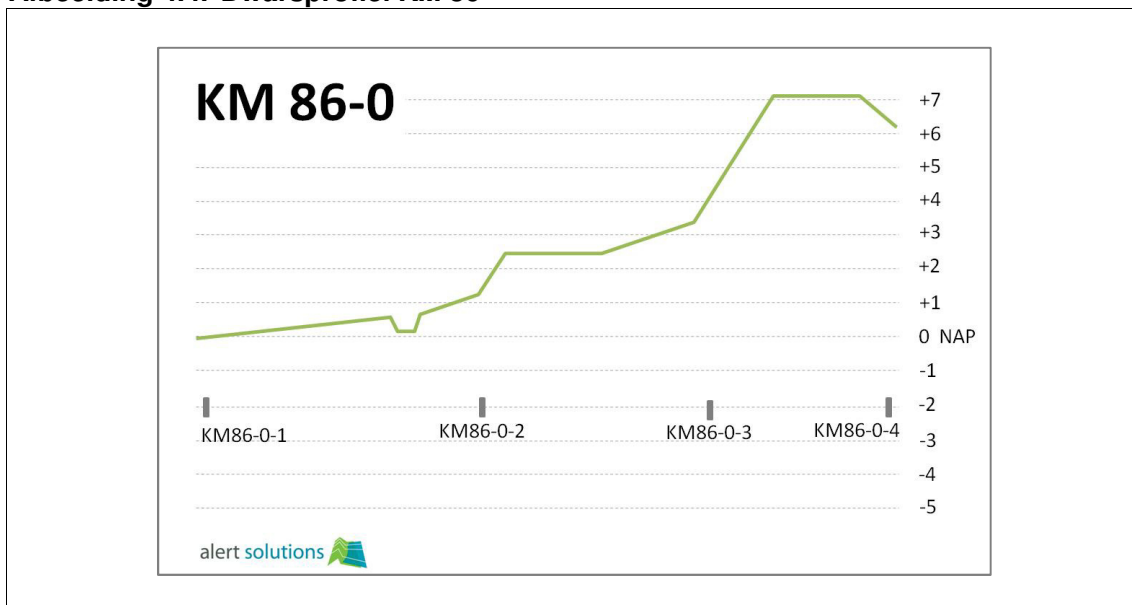
- de hoogte en de coördinaten van de meetlocaties zijn bepaald in NAP en RD:
 - de maximale afwijking van de meting van de x/y-coördinaten bedraagt 10 cm;
 - de maximale afwijking van de meting van de z-hoogte bedraagt 5 cm;
- de maximale afwijking in de plaatsingshoogte van de waterspanningssensoren bedraagt circa 7 cm, dit in verband met de gekozen plaatsingstechniek conform het installatieplan. De maximale afwijking van de werkelijke installatiediepte van de sensoren is 12 centimeter (een optelling van de afwijking van de inmeting van de meetlocatie ten opzichte van maaiveld en de afwijking vanwege de gehanteerde plaatsingstechniek).

In afbeelding 4.3 t/m 4.5 zijn schetsen van de dwarsprofielen voor de locaties KM 85, KM 86 en KM 87 opgenomen. De profielen zijn bedoeld als een indicatie voor locatie van de sensoren. De tekening vormt geen exacte schaalweergave.

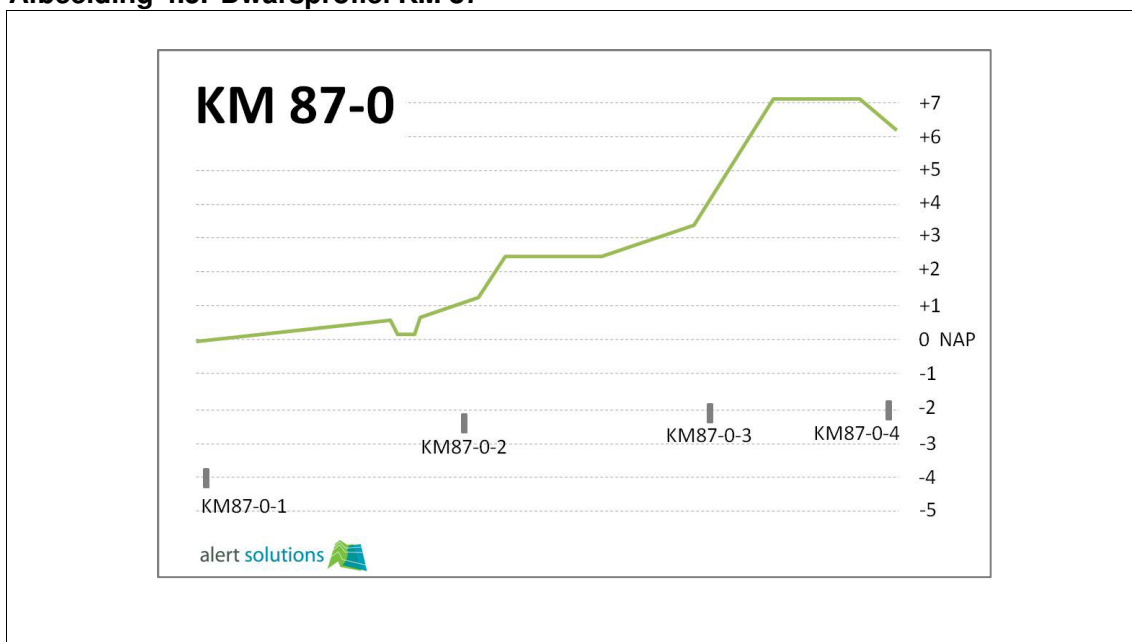
Afbeelding 4.3. Dwarsprofiel KM 85



Afbeelding 4.4. Dwarsprofiel KM 86



Afbeelding 4.5. Dwarsprofiel KM 87



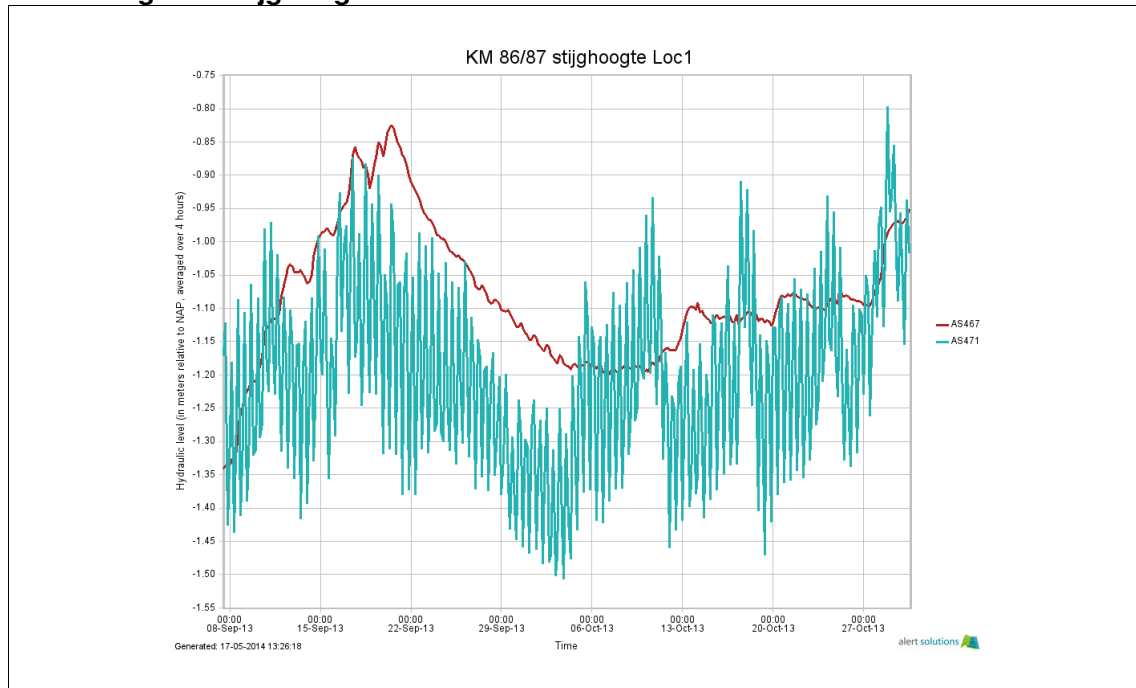
4.4. Monitoring na realisatie

Het meetsysteem is op 6 september 2013 in werking gezet en heeft een meetfrequentie van 1 meting per instrument per minuut en een verzendfrequentie van 1 verzending per dag. Dit geldt voor alle instrumenten.

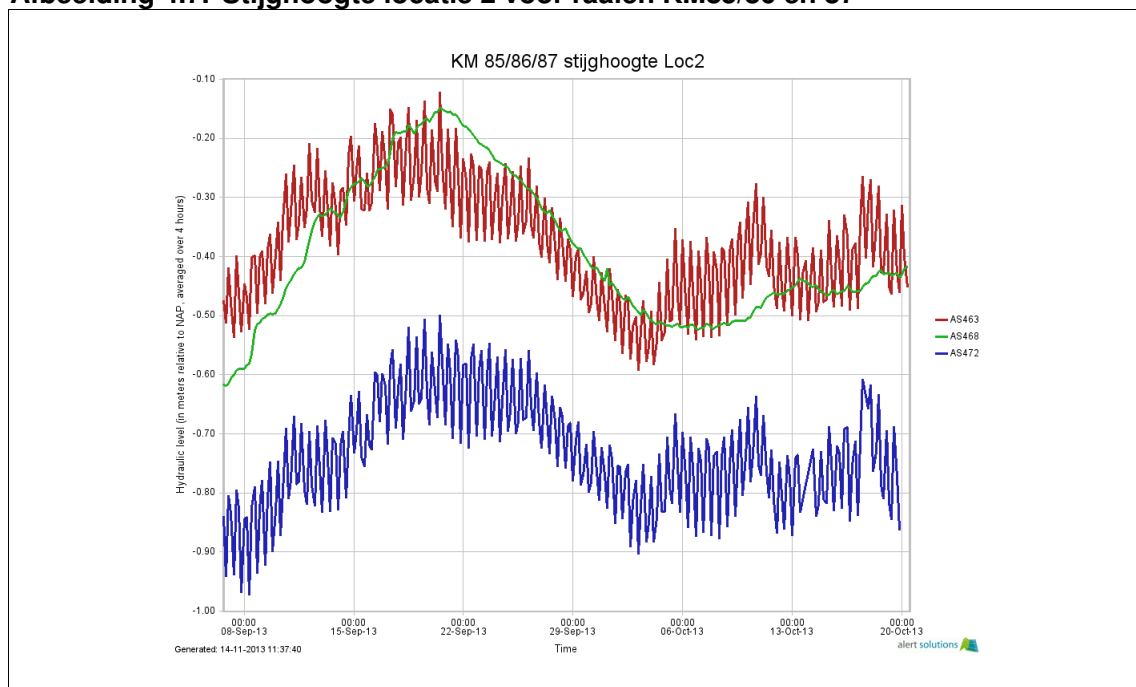
Alle meetgegevens zijn vanaf vrijdag 6 september 14.00 uur UTC (16.00 lokale tijd) in het DDSC opgenomen. Om 02.00 uur lokale tijd (00.00 uur UTC) sturen de Alert Solutions ModemLoggers in het veld de data naar de servers van Alert Solutions. Vervolgens worden dagelijks om 02.40 uur lokale tijd door Alert Solutions de laatste meetgegevens op de FTP server van het DDSC geplaatst.

In afbeelding 4.6 t/m 4.9 zijn grafieken opgenomen van de stijghoogte, weergegeven per positie in de drie raaien. Locatie 1 betreft de sensoren geïnstalleerd in het achterland. Deze grafieken zijn afkomstig uit het eigen Data Panel van Alert Solutions BV. Op het moment van afronden van dit monitoringplan is het niet mogelijk met de voor het project beschikbaar gestelde inlogaccount de grafieken uit het DDSC op te halen.

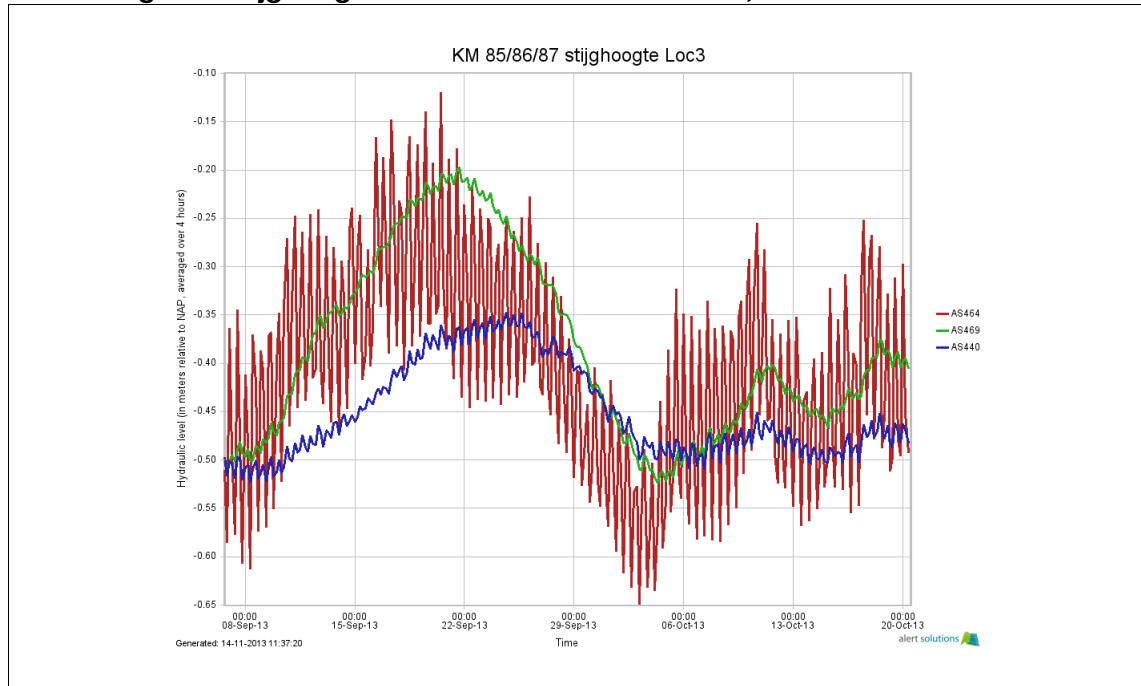
Afbeelding 4.6. Stijghoogte locatie 1 voor raaien KM86 en 87



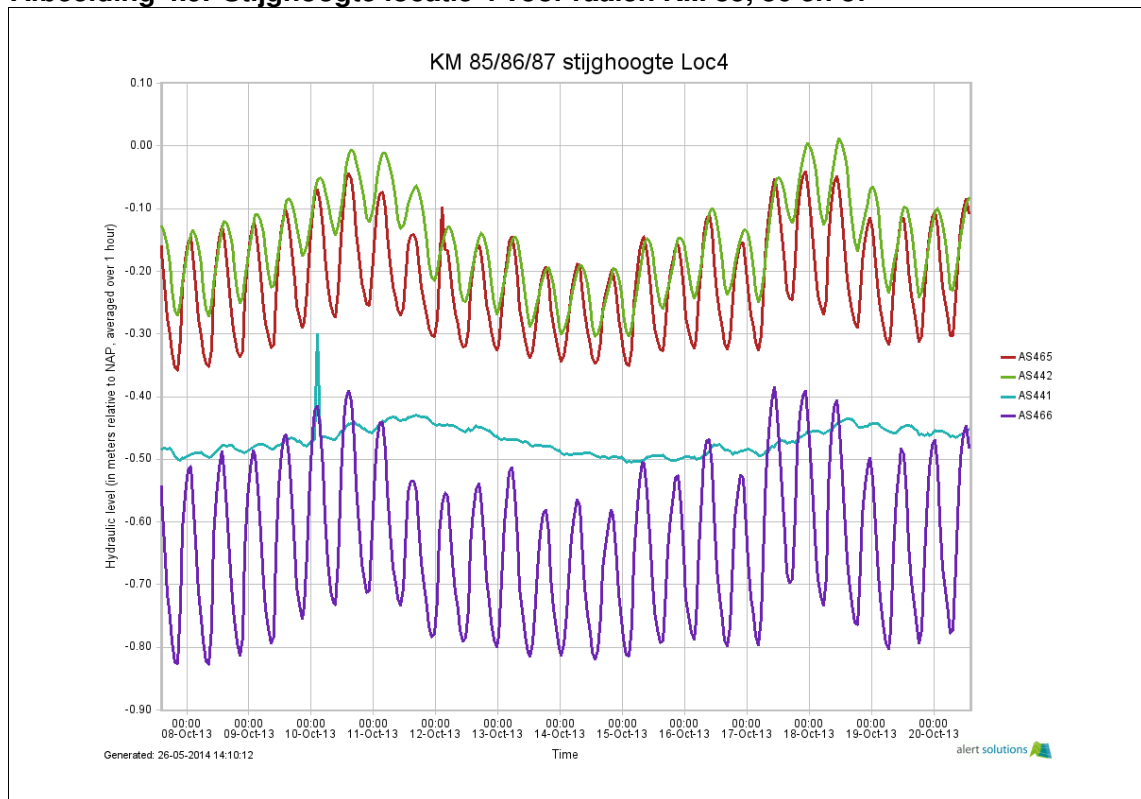
Afbeelding 4.7. Stijghoogte locatie 2 voor raaien KM85/86 en 87



Afbeelding 4.8. Stijghoogte locatie 3 voor raaien KM 85, 86 en 87



Afbeelding 4.9. Stijghoogte locatie 4 voor raaien KM 85, 86 en 87

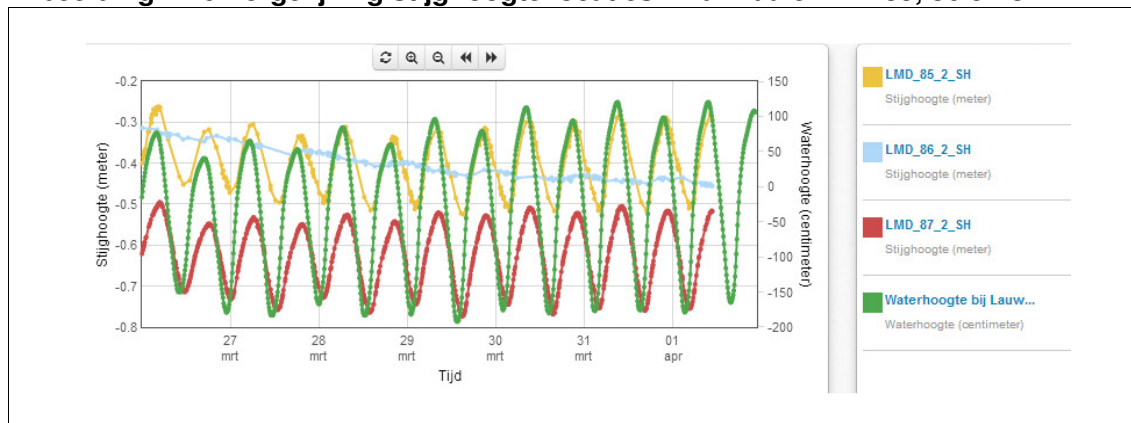


Door Witteveen+Bos is een Site Acceptance Test uitgevoerd op 2 weken meetdata. De resultaten van dit onderzoek zijn vastgelegd in hoofdstuk 6 van dit monitoringplan.

4.5. Eerste analyse van meetresultaten

Opdrachtgever heeft over de beschikbare metingen een aantal vragen voorgelegd als reactie op het concept rapport. Het antwoord op deze vragen is in deze paragraaf uitgewerkt.

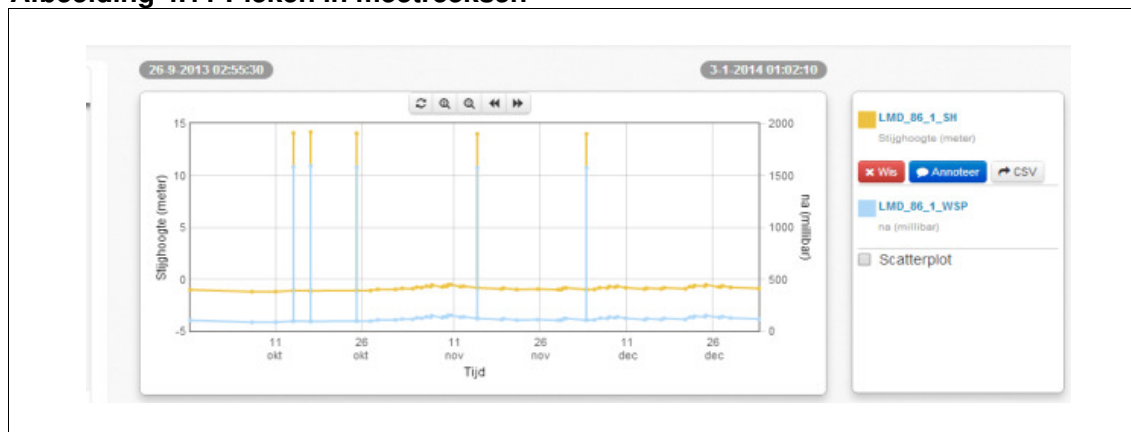
Afbeelding 4.10 Vergelijking stijghoogte locaties 2 van raaien KM 85, 86 en 87



Opdrachtgever stelt op basis van Afbeelding 4.10 de hypothese dat het getoonde verschil in stijghoogte verloop tussen raai 85 en 87 mogelijk verklaard kan worden door de inmeet onnauwkeurigheid. Het verschil in stijghoogte verloop tussen 85-2 en 87-2 is ongeveer 25 centimeter.

Naast de afwijkingen gerelateerd aan de inmeting van de locatie en de gehanteerde plaatsingstechniek zijn meerdere factoren van invloed op waterspanningen. Deze factoren zijn beschreven in de notitie 'beoordeling meetconfiguratie' (zie bijlage II). De manier van inmeten en plaatsing levert een afwijking van 12 cm per sensor (een maximale afwijking van 24 centimeter tussen twee sensoren). Het verschil tussen de twee meetraaien wordt mede verklaard door deze afwijkingen, maar zijn niet de enige aanwijsbare factoren. Belangrijk is bij de analyse van de meetgegevens om zowel met deze als met andere afwijkingen rekening te houden.

Afbeelding 4.11 Pieken in meetreeksen



Afbeelding 4.11 toont aantal pieken in de meetreeksen van locatie 1 raai 86, welke niet als lo-gisch kunnen worden bestempeld.

Door Witteveen+Bos is als onderdeel van de Site Acceptance Test (SAT) vastgesteld dat er fouten in de data aanwezig waren. Door Alert Solutions zijn vervolgens de metingen ge-

analyseerd, waaruit is gebleken dat de pieken in de metingen worden geregistreerd op precies die momenten dat ook de data transmissie uit het veld plaats vindt. Dit heeft mogelijk de oorzaak dat deze twee processen, die dan gelijktijdig plaats vinden, elkaar beïnvloeden.

Om deze oorzaak te verhelpen is besloten een software-update uit te voeren op de ModemLoggers. Het vervolgens ontbreken van deze pieken na deze update is reden aan te nemen dat het probleem is verholpen.

Geconcludeerd mag worden dat voor een optimale werking van een meetsysteem datavalidatie belangrijk is. Door datavalidatie continue uit te voeren, is het mogelijk de actuele datakwaliteit te beoordelen en daar waar nodig maatregelen te nemen. Bij onderhavig project is deze aanpak succesvol gebleken aangezien Alert Solutions op basis van de data validatie van Witteveen+Bos een software update op de ModemLoggers heeft kunnen doorvoeren.

4.6. Doorkijk/visie op vervolg

Fase 1: monitoring (9 september 2013 - 9 september 2015)

Onderhavig monitoringplan beschrijft de installatie van het meetsysteem en de monitoring voor de duur van twee stormseizoenen. Met een meetfrequentie van 1 meting per waterspanningsmeter per minuut wordt in twee jaar een uitgebreide meetreeks verkregen. Belangrijk is ervoor te zorgen dat gedurende deze monitoringperiode het meetsysteem optimaal functioneert en goede data wordt verkregen.

Hiervoor is het nodig beheer- en onderhoud van het meetsysteem in te vullen (zie bijlage X) en de werking van het meetsysteem te controleren door het controleren van de meetgegevens op kwaliteit door middel van datavalidatie.

Fase 2: nadere analyse, aanvullen/wijzigen monitoring (>2015)

Geadviseerd wordt om na twee jaar monitoring een analyse uit te voeren op de verkregen meetreeks. Reden is dat het verdichten van de staalslakken en het verwachte effect op de freatische lijn naar verwachting een traag proces is. Het is weinig zinvol om eerder de analyse te starten.

Voorstel analyse

De analyse heeft tot doel de volgende vragen te beantwoorden:

1. Is een structureel effect waarneembaar op de freatische lijn in de tijd als gevolg van de verbetermaatregel met staalslakken?
2. Heeft het meetnet meerwaarde t.o.v. de huidige inzichten?

Het startpunt voor de uit te voeren analyse is een gevalideerde meetreeks, waarmee de samenhang tussen de metingen in ruimte en tijd wordt bepaald. Als uitgangspunt geldt dat de afwijkingen gerelateerd aan aanleg en meetapparatuur per waterspanningsmeter gelijk zijn. De waterspanningsmeters dienen vervolgens zowel binnen een meetraai als op vergelijkbare posities in een meetraai met elkaar te worden vergeleken. Bij de analyse dienen relevante omgevingsfactoren en invloeden te worden meegenomen.

4.7. Overige punten

Aangezien de staalslakken reeds zijn geplaatst, ontbreekt het aan een 0-meting, zodat het effect direct na het aanbrengen niet meer kan worden vastgesteld

5. MONITORING ASFALTBEKLEDING

5.1. Introductie

De sterkte van een dijk hangt onder andere af van de bekleding waarmee het dijklichaam is afgedekt. De bekleding - die de dijk als een stevige schil afdekt - voorkomt dat golven en overslaand water de onderliggende grond kunnen verweken en wegspoelen. Ter plaatse van de Lauwersmeerdijk is een asfaltbekleding aanwezig. Deze asfaltbekleding is afgekeurd op zowel het faalmechanisme AGK (golfklap) als AES/AMT (ernstige schade/materiaaltransport) tussen de aansluiting op de oude zeedijk aan de oostzijde en het buitendijks gelegen havengebied van Lauwersoog; tussen km 82,0 en km 89,2.

In onderhavig hoofdstuk is de monitoring van de asfaltbekleding beschreven. Deze heeft tot doel (1) de veiligheid te bewaken tot verbeterwerkzaamheden zijn uitgevoerd in combinatie met (2) het leveren van aanvullende informatie over de opbouw van het asfalt/de dijk ten behoeve van de beoogde verbeterwerkzaamheden.

5.2. Asfaltmetingen met passieve microgolf radiometrie

Problematiek asfaltslijtage

In het proces van asfaltslijtage speelt vocht een belangrijke rol. Vocht in asfalt zet bij vorst uit, waardoor het asfalt kapotvriest. Als het vocht niet uit de bekleding kan ontsnappen kunnen in de zomer bij hoge temperaturen dampspanningen ontstaan die leiden tot opbollingen en verdere slijtage van het asfalt. Losliggende oppervlakbehandeling en asfaltbeton direct daaronder kunnen tijdens een storm wegslaan, bijvoorbeeld wanneer het asfalt direct onder de oppervlakbehandeling is aangetast door stripping. Dit is de inwerking van vocht dat de binding tussen bitumen en mineraal aantast waardoor de samenhang van het asfalt afneemt. Inzicht in het vochtgehalte van asfalt is daarom van cruciaal belang.

Toepassing passieve microgolf radiometrie voor dijkbeheer

Door het uitvoeren van asfaltmetingen met passieve microgolf radiometrie (de MIRA-sensor), een multi-sensor remote sensing techniek, wordt op een beperkt aantal tijdstippen een gedetailleerde, vlakdekkende opname in de ruimte gemaakt. Dit ruimtelijk beeld geeft gedetailleerd inzicht in het vochtgehalte in het asfalt, de sterkte van de bekleding en is bruikbaar om zwakke plekken te lokaliseren. Deze informatie geeft de beheerder inzicht in kwetsbare locaties, zodat indien nodig noodvoorzieningen kunnen worden getroffen of extra dijkbewaking kan worden ingezet bij een te verwachten storm. Daarnaast geven de metingen aan of de gehele asfaltbekleding dient te worden gereconstrueerd, of dat wellicht delen van de bekleding nog voor een langere periode veilig kunnen functioneren.

De metingen met de MIRA-sensor vormen een aanvulling op de in-situ sensoren (waterspanningsmeters), waarmee op een beperkt aantal locaties een gedetailleerde opname gemaakt wordt van parameters in de tijd (zoals beschreven in hoofdstuk 4). De metingen kunnen worden gecombineerd met puntmetingen op een specifiek moment, zoals valgewichtdeflectiemetingen (VGD) en/of boringen. Het verschil in ruimte en in de tijd voor deze metingen is weergegeven in onderstaand schema:

meettechnieken In de ruimte → In de tijd ↓	vlakdekkend en geo-gerefereerd	puntmeting
Momentopname	Remote- en near sensing opnamen, zoals: • MIRA • Warmtebeelden	• Valgewicht deflectie (VGD) • Boringen
Continu in de tijd	Geen technieken beschikbaar	In-situ sensoren • Waterspanningsmeters

5.3. Aanpak nulmeting

Meetplan en meetlocatie

Als onderdeel van dit monitoringplan is op 4 september 2013 door Miramap een nulmeting van het asfalt uitgevoerd met passieve microgolf radiometrie (de MIRA-sensor). Deze nulmeting is uitgevoerd volgens bijgevoegd meet- en installatieplan (zie bijlage VI). In overleg zijn de metingen uitgevoerd tussen (en met inbegrip van) de dwarsprofielen waarin de waterspanningsmeters van Alert Solutions zijn geplaatst bij km 85 en km 86 en is een gedeelte asfaltbekleding buiten het traject met staalslakken (km 85,0 – km 85,4 = 400 meter) en een gedeelte binnen het traject met staalslakken (km 85,4 – km 86,0 = 600 meter) ingemeten. Afbeelding 5.1 geeft schematisch de meetlocatie weer.

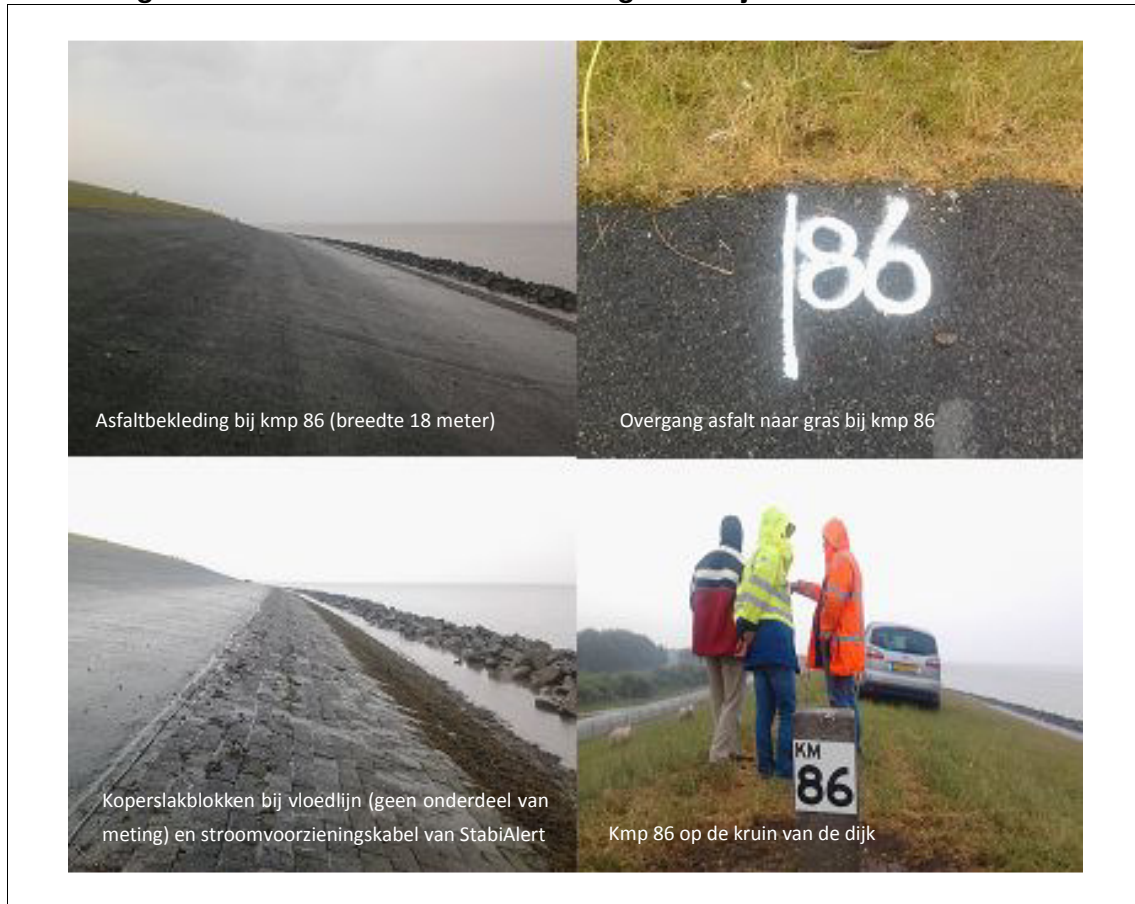
Ter plaatse van de meetlocatie is dekkend gemeten door in totaal 10 lengteraaien te meten over de volle 18 meter breedte van de asfaltbedekking. Vervolgens zijn de data verwerkt tot verschillende datasets. Deze resultaten zijn besproken met enkele specialisten op het gebied van asfaltbekleding en de dijkbeheerders van het Waterschap Noorderzijlvest (zie het besprekingsverslag in de bijlage IX). Deze kennisuitwisseling heeft geleid tot beter inzicht in de bruikbaarheid van deze datasets voor het dijkbeheer. De resultaten, conclusies en aanbevelingen zijn beschreven in dit rapport bij de betreffende datasets.

Afbeelding 5.1. Meetlocatie



Aan de zeezijde van de asfaltlaag bevinden zich koperslakblokken, deze zijn niet ingemeten. Over de trajectlengte waar staalslakken geplaatst zijn loopt aan de zeezijde een stroomvoorzieningskabel van StabiAlert. De verwachting is dat deze kabel geen verstoring oplevert voor de metingen. De meetsituatie bij KM 86 is weergegeven in afbeelding 5.2.

Afbeelding 5.2. Overzicht van het te bemeten gebied bij KM 86



Beschrijving meetconfiguratie en details uitvoering

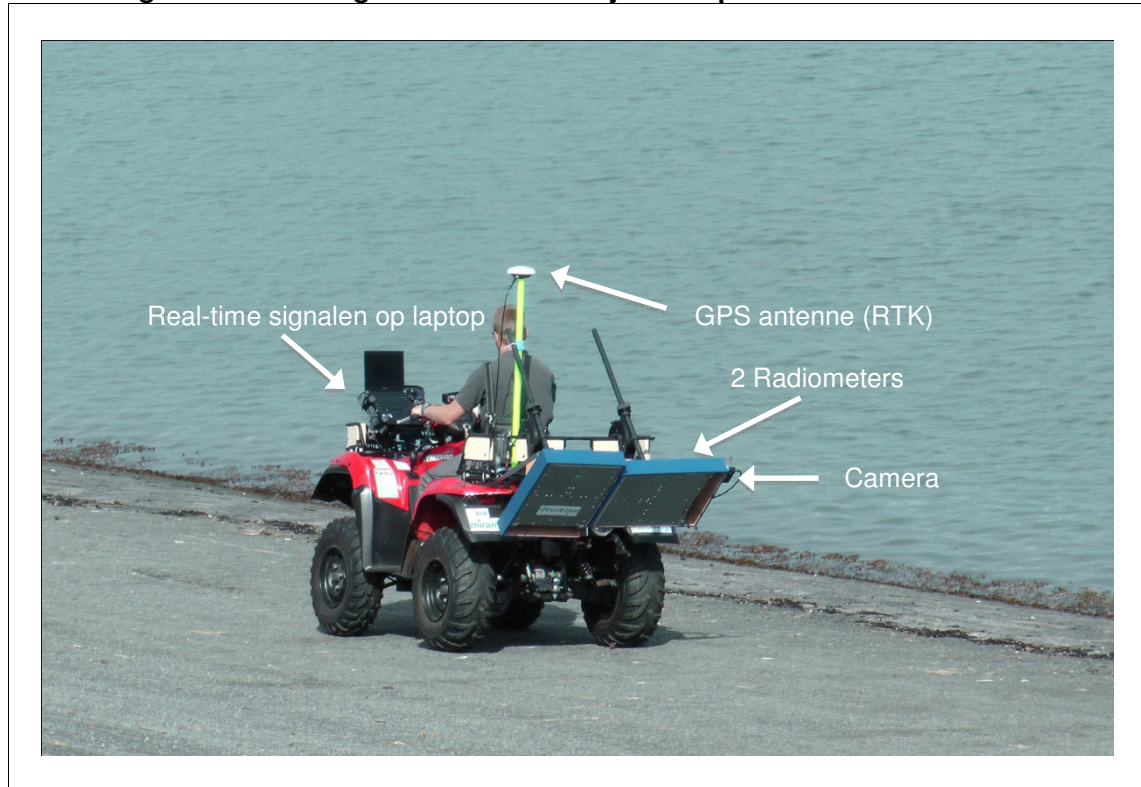
Tijdens de nulmeting op 4 september 2013 zijn vanaf een rijdende quad **simultaan** opnamen gemaakt met de volgende sensoren (multi-sensor):

1. twee MIRA sensoren (mobiele passieve microgolf radiometers). Deze sensoren zijn zeer gevoelig voor bodemvochtvariaties in en onder de asfaltlaag (zie: hoe werkt MIRA?);
2. een camera die beelden maakt van de bovenzijde van het asfalt (met name ter ondersteuning van de MIRA metingen, 'weet wat/waar je meet');
3. een RTK GNSS ontvanger om: (1) de metingen exact te georefereren, (2) de locatie van anomalieën exact te bepalen en (3) bij een vervolgmeting mogelijke (hoogte) deformaties te ontdekken;
4. een warmtebeeldcamera om: (1) in detail opbollingen te detecteren en (2) ter ondersteuning van de vochtmetingen.

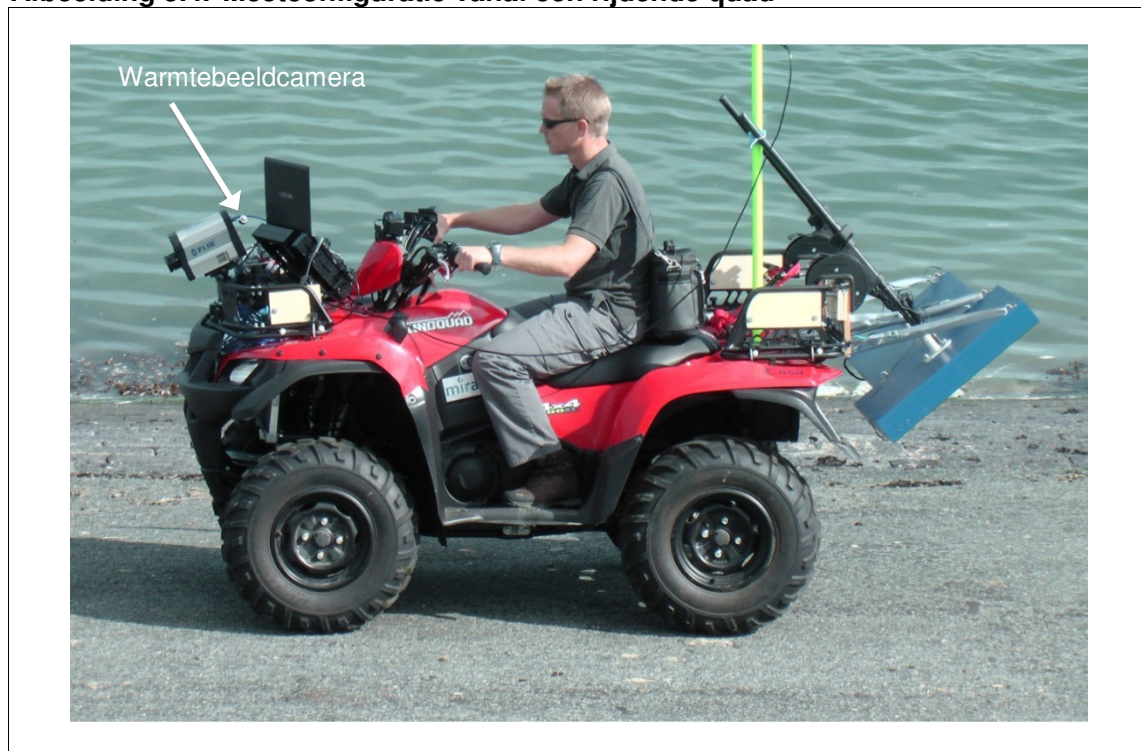
De metingen zijn verricht tussen 11.00 en 14.00 uur, bij hoogwater met afgaand tij. Het meten bij afgaand tij biedt de mogelijkheid om de invloed van achterblijvend water in de dijk te bepalen. Iedere raai is gemeten bij een rijsnelheid van ongeveer 8 km/u van dp86 naar dp85, zodat eventuele invloeden van veranderingen van de temperatuur en de zonnestand geminimaliseerd zijn en de data van de raaien zo goed mogelijk aansluiten. Ruwe metingen zijn via interpolatie (simple kriging) omgezet naar dekkende kaarten met 1 meter resolutie. Op 6 september zijn door KOAC-NPC een achttal boorkernen geplaatst met een diameter van 100mm ten behoeve van analyse.

De afbeeldingen 5.3 en 5.4 geven de configuratie van het meetsysteem weer.

Afbeelding 5.3. Meetconfiguratie vanaf een rijdende quad



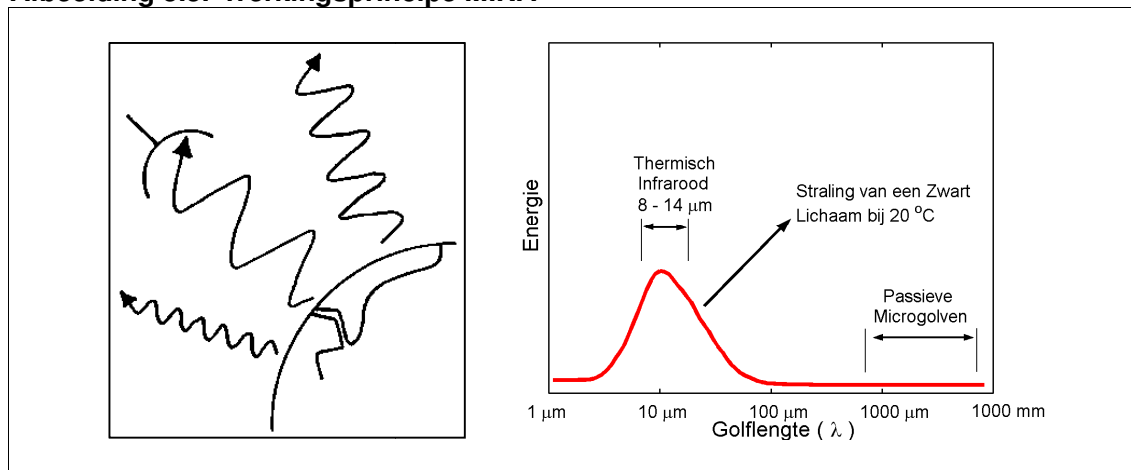
Afbeelding 5.4. Meetconfiguratie vanaf een rijdende quad



5.4. Hoe werkt MIRA?

Ieder object met een temperatuur boven de 0 graden Kelvin straalt energie uit. Een passieve microgolf radiometer (MIRA sensor) meet deze energie in het microgolvenbereik (L-band).

Afbeelding 5.5. Werkingsprincipe MIRA



De emissiviteit is een functie van het materiaal van de ondergrond en de bodemvocht condities (diëlectrische eigenschappen) van ongeveer de eerste meter. De MIRA sensor meet stralingstemperaturen (T_b) in twee polarisaties (Horizontaal en Vertikaal). De T_b is opgebouwd uit de emissiviteit en de effectieve temperatuur volgens de formule:

$$T_b = e \cdot T_s$$

- e =emissiviteit en deze is gevoelig voor veranderingen in dielectrische eigenschappen van de ondergrond (ϵ water ≈ 80 , ϵ asfalt ≈ 5)
- T_s = effectieve temperatuur van de ondergrond

De penetratie diepte is +/- 1 m, waarbij de eerste 10 cm de grootste bijdrage levert aan het totaal ontvangen signaal. De MIRA sensor kijkt dus in de dijkbekleding. Tenslotte kan nog gezegd worden dat horizontaal gepolariseerde MIRA metingen meer gevoelig zijn voor **bodemvocht** en dat vertikaal gepolariseerde MIRA metingen meer gevoelig zijn voor **structuur**. Eerder onderzoek door KOAC-NPC heeft inzichtelijk gemaakt dat de grondlaag onder het asfalt (voornamelijk zand) uit ervaring uniform droog blijkt te zijn, waardoor deze laag nauwelijks effect zal hebben op variaties in de MIRA data.

5.5. Resultaat

Tijdens de nulmeting zijn de volgende parameters aan het asfalt gemeten:

1. vochtgehalte in asfalt;
2. asfaltdikte;
3. structuur variaties en holle ruimten;
4. asfalttemperatuur en opbollingen;
5. hoogtemodel;
6. beknopte visuele inspectie.

De resultaten van de verschillende parameters worden in navolgende paragrafen afzonderlijk besproken.

5.5.1. Vochtgehalte in asfalt

Het vochtgehalte in het asfalt is bepaald met de MIRA sensoren. Hierbij zijn de volgende bevindingen gedaan:

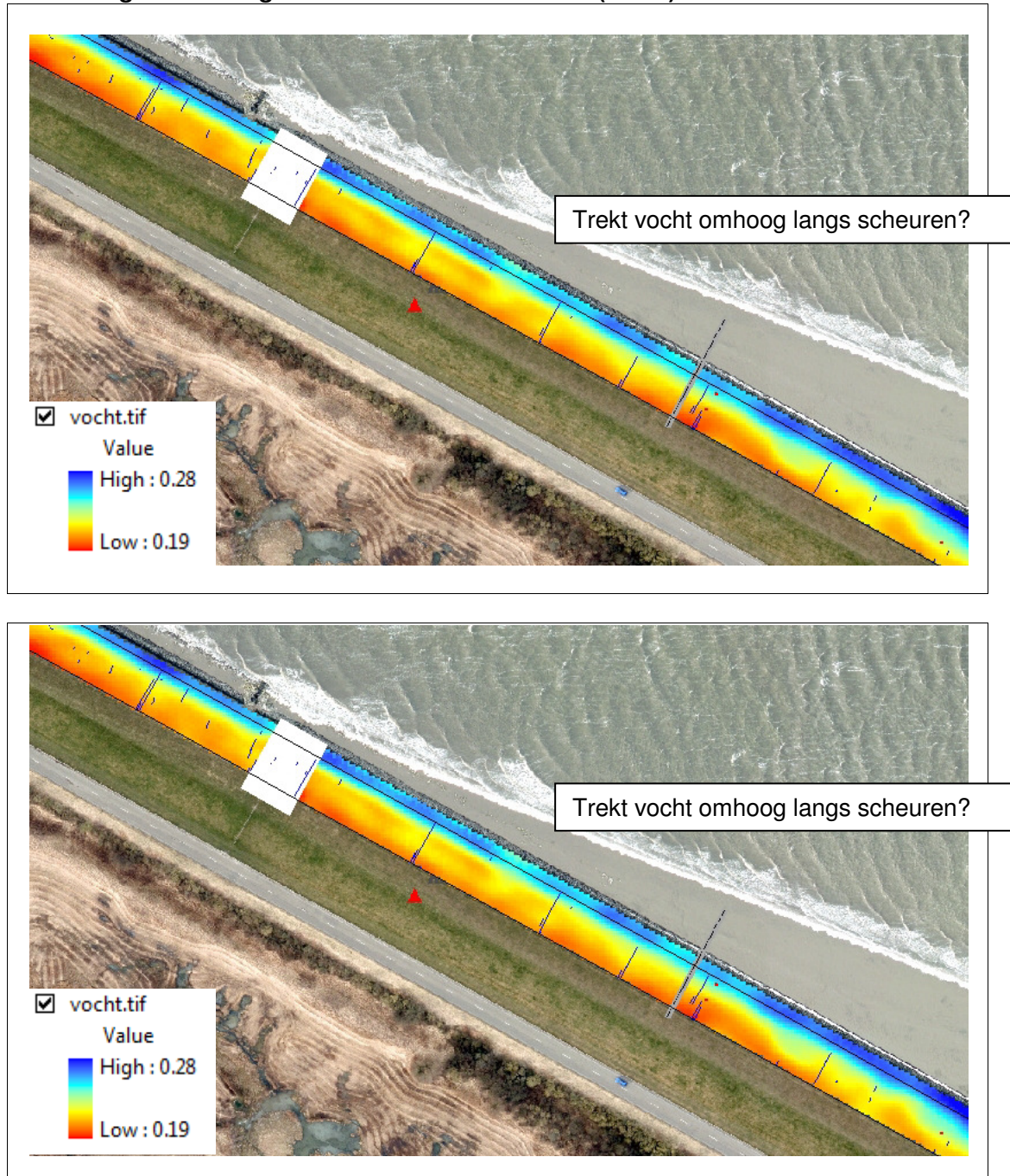
- aan de waterzijde (onderzijde) is het asfalt vochtiger dan bovenaan. Dit kan verklaard worden door de hogere toegankelijkheid van het water onderaan de dijk. Enerzijds vanuit de Waddenzee en anderzijds door regenwater dat over de dijk naar de teen loopt. Een goede asfaltlaag heeft een laag vochtgehalte.;
- er is een goede correlatie gebleken met de asfaltdikte (zie 5.5.2). Het vochtgehalte en de dikte zijn onafhankelijk van elkaar bepaald. Aangezien het vochtgehalte is bepaald op basis van door satellietdata beproefde bodemvochtmodellen is aanvullend onderzoek naar de toepassing voor asfalt nodig. Het vaststellen van het werkelijke vochtgehalte in asfalt is lastig, omdat het koelwater tijdens de uitvoering van een kernboring de werkelijke vochtwaarden van de boorkern beïnvloedt.
- het vocht bevindt zich hoger op de dijk op het oostelijke gedeelte van dp55 tot dp55+400;
- de overgang tussen vochtig en droog verloopt grillig, op sommige plaatsen ligt deze overgang lager of hoger dan op andere plaatsen. Dit kan verklaard worden doordat de aanleg in *batches* heeft plaatsgevonden (zie ook 5.4.3 structuur variaties in de asfaltlaag). Daarnaast lijkt het er op dat het vocht omhoog trekt rondom scheuren. De scheuren zijn ingemeten door de landmeter van het Waterschap Noorderzijlvest.

In afbeelding 5.6. is het vochtgehalte [m³/m³] weergegeven voor de gehele meetlocatie. Afbeelding 5.7. betreft een detailopname van een locatie waar het lijkt dat vocht omhoog trekt langs de ingemeten scheuren. Deze scheuren zijn weergegeven als blauwe lijnen.

Afbeelding 5.6. Vochtgehalte in asfalt (hele gebied)

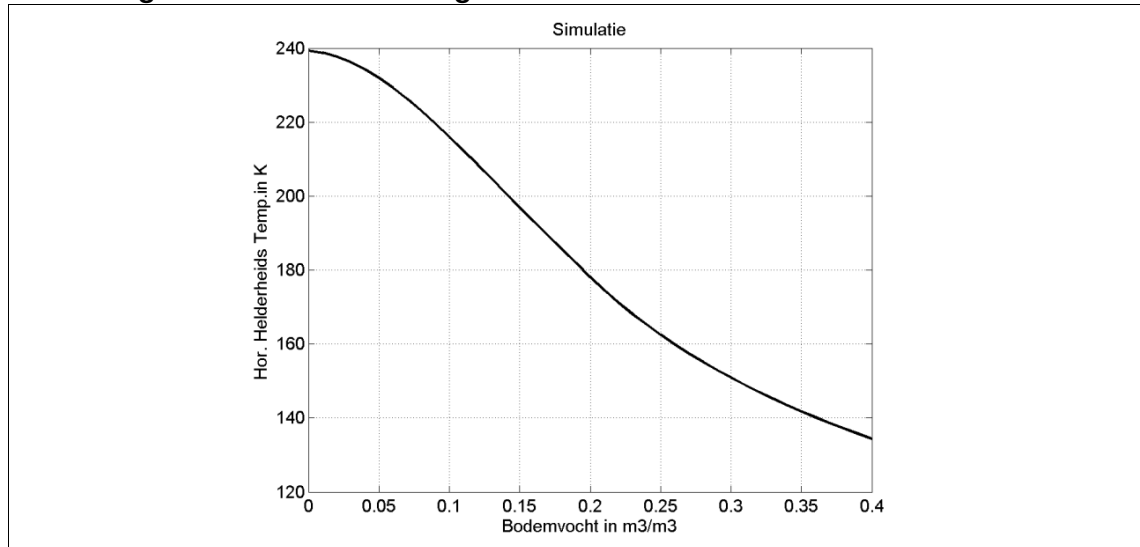


Afbeelding 5.7. Vochtgehalte en scheuren in asfalt (detail)



Het is operationeel en praktisch lastig om de absolute waarden van de MIRA sensor te verifiëren met grondmetingen, omdat het vochtgehalte van asfalt niet bepaald kan worden door boren of prikken in zachte grond. Het koelwater van de boringen verstoort namelijk het vochtgehalte. Het vochtgehalte is bepaald op basis van het zogenaamde *Land Parameter Retrieval Model (LPRM)* voor MIRA L-band observaties. Dit model is succesvol toegepast op verschillende locaties en platforms (satelliet, vliegtuig en quad). De relatie tussen de MIRA metingen en het vochtgehalte in asfalt is weergegeven in onderstaande afbeelding 5.8.

Afbeelding 5.8. Model voor vochtgehalte in asfalt



5.5.2. Asfaltdikte

De dikte van het asfalt is bepaald met de MIRA sensoren. Hierbij zijn de volgende bevindingen gedaan:

- aan de waterzijde (onderzijde) is de asfaltlaag dikker dan bovenaan. De asfaltdikte varieert van 13 cm bovenaan tot 35 cm onderaan. Een goede asfaltlaag zou minimaal 12 cm dik moeten zijn; hoe dikker de laag hoe beter;
- het grillige verloop van de asfaltdikte in de lengterichting kan verklaard worden door de aanleg in *batches* (zie ook 1.4.3 structuur variaties in de asfaltlaag).

Afbeelding 5.9 toont de asfaltdikte [mm] voor de gehele meetlocatie. Afbeelding 5.10 betreft een detailopname. De boorlocaties zijn weergegeven als groene punten.

Afbeelding 5.9. Asfaltdikte (hele gebied)



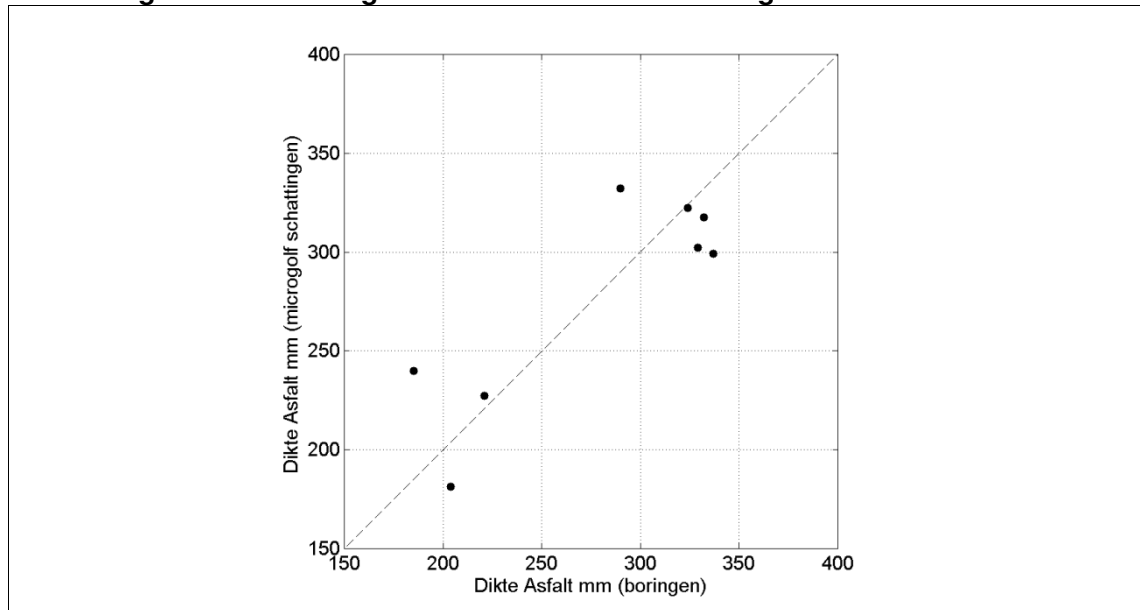
Afbeelding 5.10. Asfaltdikte (detail)



De asfaltdikte is bepaald op basis van een regressiemodel. De asfaltdikte is vervolgens voor acht locaties gevalideerd op basis van de diktebepaling uit de boorkernen. Het resultaat van de validatie is weergegeven in onderstaande afbeelding 5.11. ($R^2=0.73, n=8, p<0.01$). R^2 geeft aan hoe goed beide datasets overeenkomen (bij waarde 1 liggen alle punten op de rechte lijn), n is het aantal boorkernen en p geeft de betrouwbaarheid van het regressiemodel aan (0.01 is extreem betrouwbaar). Geconcludeerd kan wor-

den dat er een goede diktebepaling is uitgevoerd. De resultaten van de boringen door KOAC-NPC zijn te vinden in de rapportage opgenomen in bijlage VII.

Afbeelding 5.11. Validatie gemeten asfaltdikte met boringen



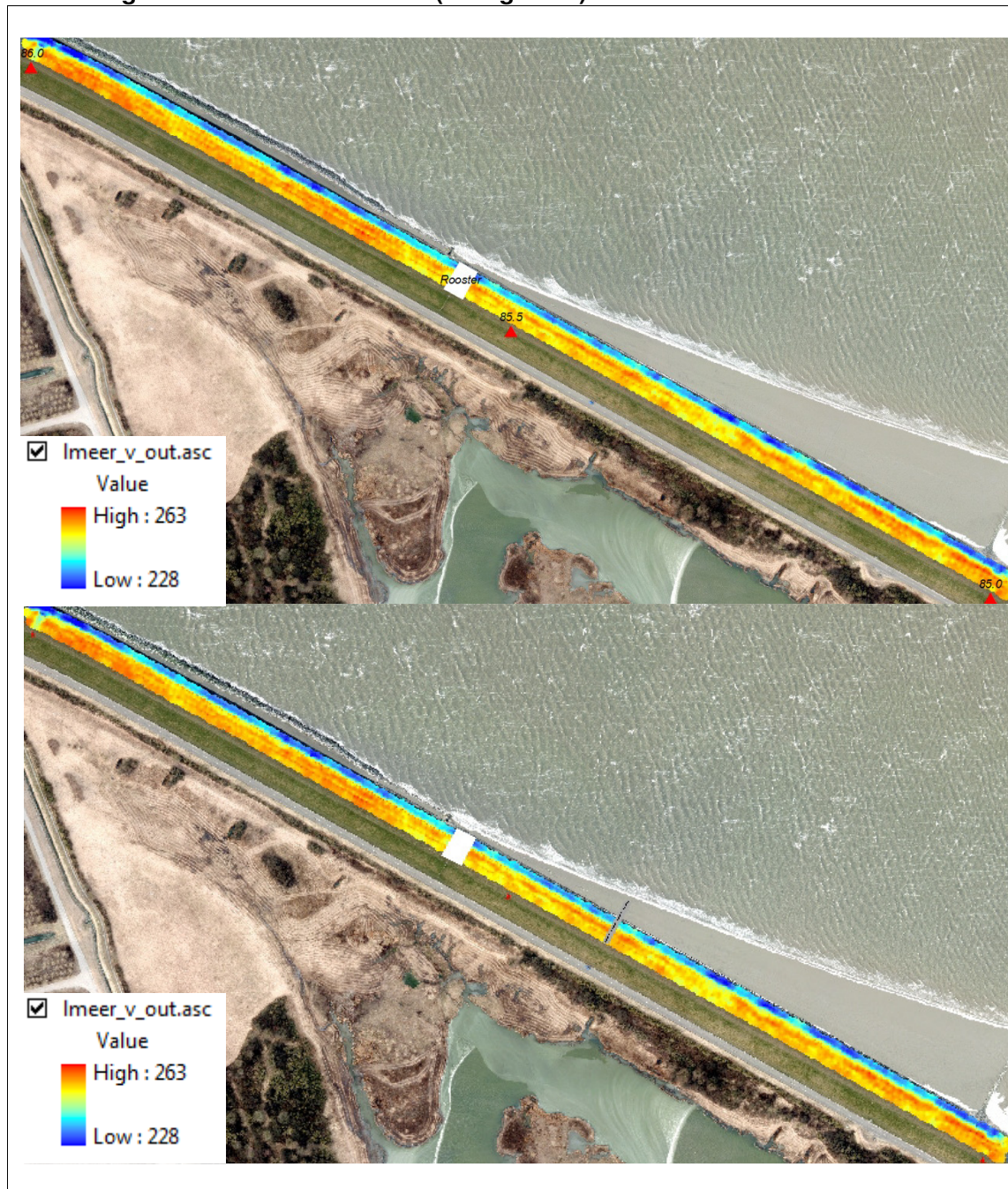
5.5.3. Structuur variaties en holle ruimten

Structuur variaties in de asfaltlaag zijn mede bepalend voor sterkte van het asfalt. De MIRA sensoren hebben deze variaties in beeld gebracht. Hierbij zijn de volgende bevindingen gedaan:

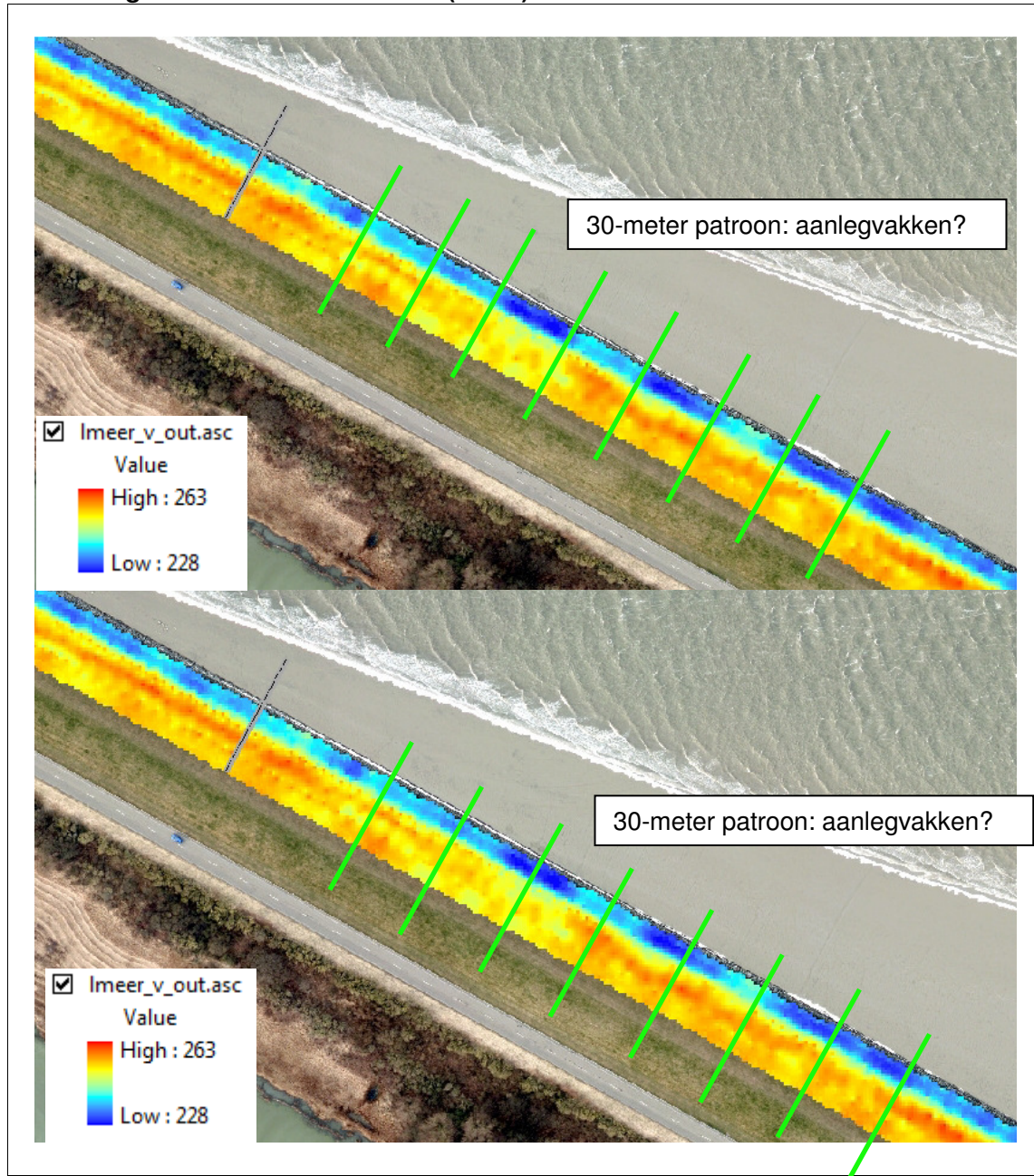
- aan de waterzijde (onderzijde) zijn duidelijke structuur variaties zichtbaar. De verschillende stukken met wisselende structuur hebben allen een lengte van ongeveer 30 meter. Dit kan verklaard worden doordat de asfaltbekleding destijds in *batches* is aangelegd in hetzelfde patroon als de gemeten structuur variaties. Dit verklaart mogelijk ook het grillige verloop van het asfaltvocht en de asfaltdikte;
- aan de waterzijde (onderzijde) zijn op twee locaties opvallende afwijkingen gevonden die kunnen duiden op holle ruimten of een losliggende slijtlaag. Deze locaties zijn dp85+248 en dp85+662. Nabij de eerste locatie (dp85+248) is in 2009 een valgewicht deflectie (VGD) meting gedaan met een zeer hoge asfaltrekwaarde van 290 (de hoogste waarde van het hele traject). Deze hoge waarde is een duidelijke aanwijzing voor een minder sterk stuk asfaltdijkbekleding. De twee technieken lijken hier elkaar te kunnen bevestigen. De blauwe en paarse zones in afbeeldingen 5.14 en 5.15 lijken het meest onderhevig aan stripping.

Afbeelding 5.12 toont de structuur variaties – stralingstemperatuur [K] – ter plaatse van de gehele meetlocatie. Een detailopname is opgenomen in afbeelding 5.13.

Afbeelding 5.12. Structuur variaties (hele gebied)

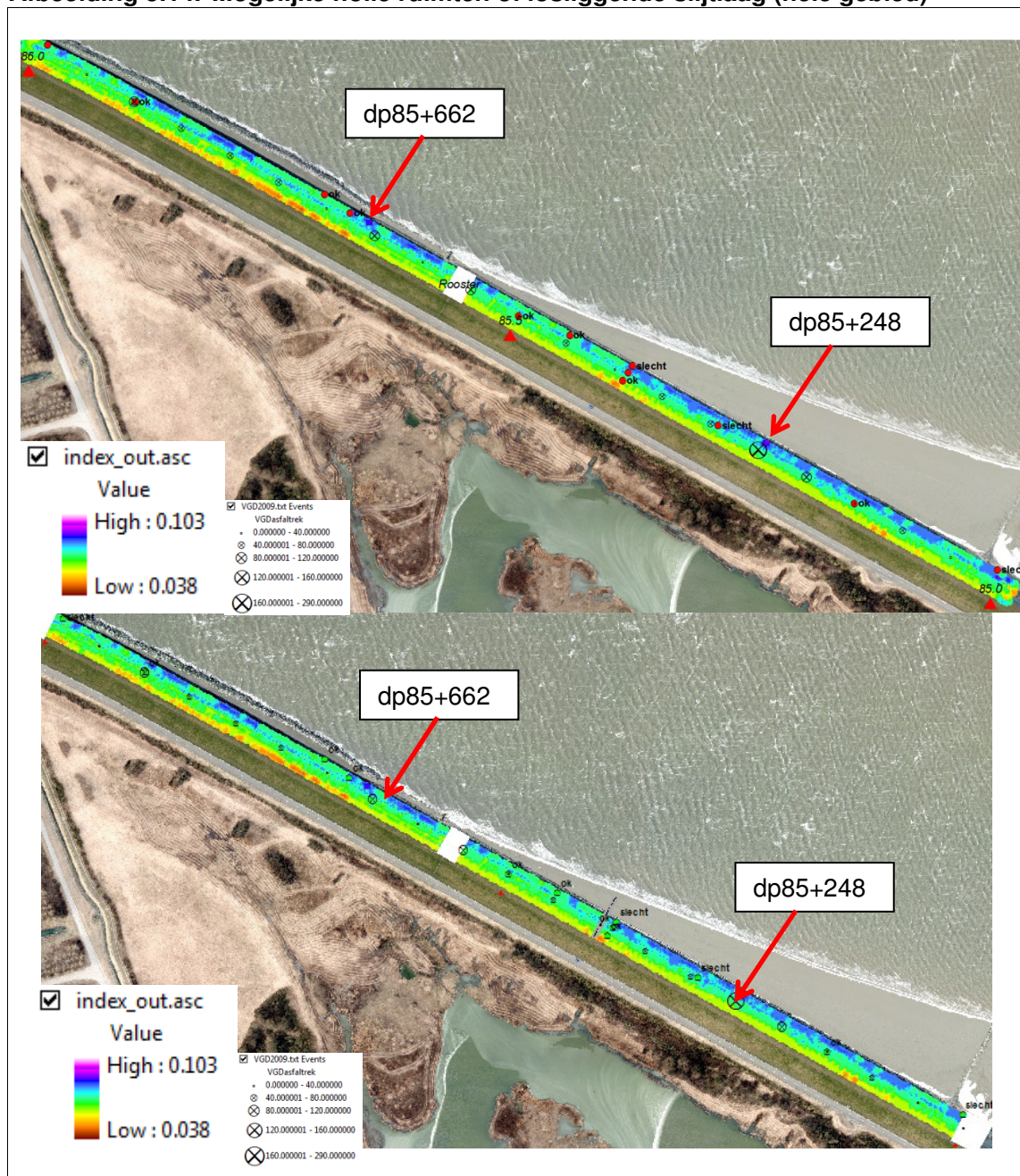


Afbeelding 5.13. Structuur variaties (detail)

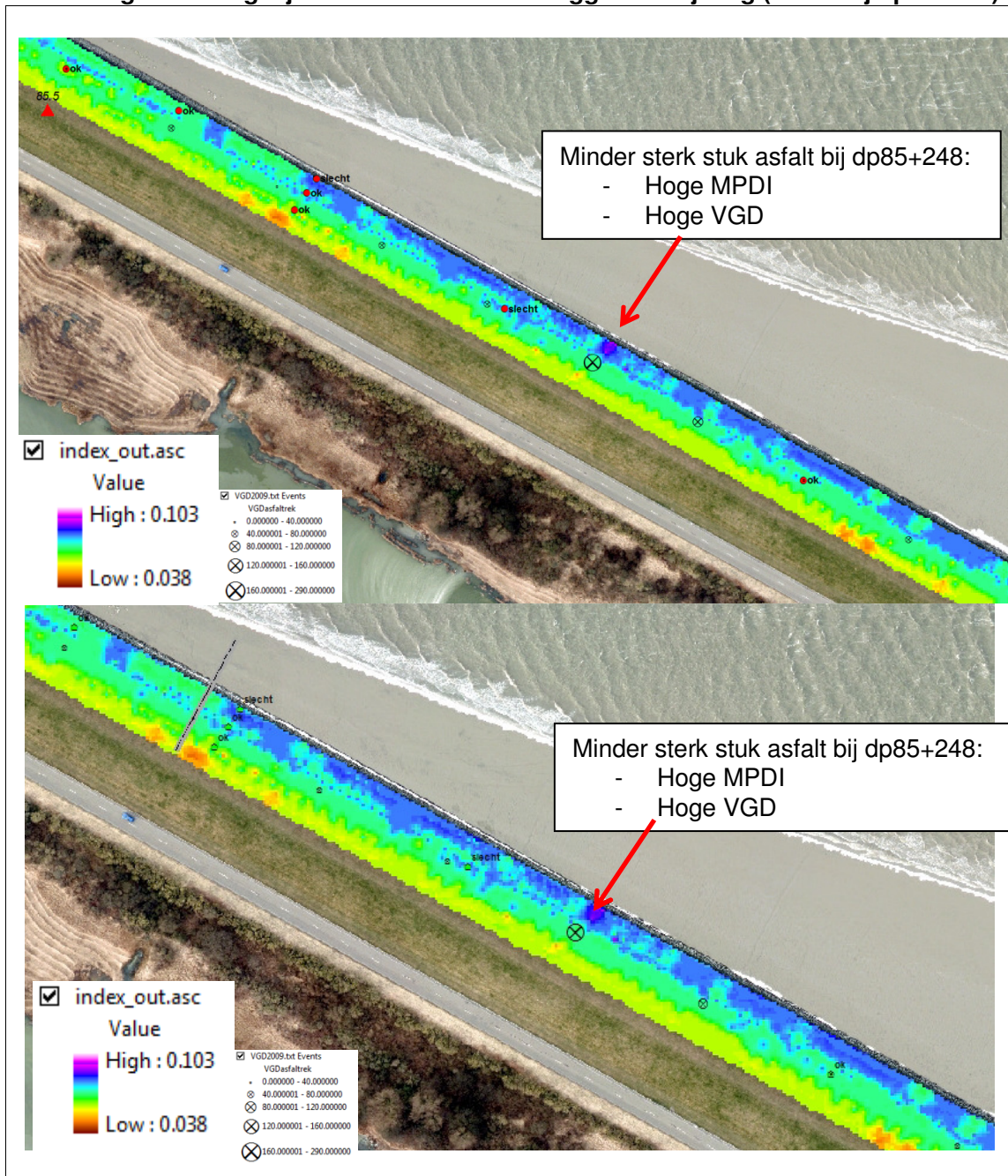


Afbeelding 5.14 toont de locaties van mogelijke holle ruimten of een losliggende slijtlaag [MPDI, zie hieronder] voor de gehele meetlocatie. Afbeelding 5.15 betreft een detailopname. De VGD metingen van 2009 zijn hierop geprojecteerd als cirkels met een kruisje. De boorlocaties zijn weergegeven als rode groene punten. Bij losliggende slijtlaag is de toestand 'slecht' toegekend (zie tevens afbeelding 5.16).

Afbeelding 5.14. Mogelijke holle ruimten of losliggende slijtlaag (hele gebied)



Afbeelding 5.15. Mogelijke holle ruimten of losliggende slijtlaag (detail bij dp85+248)



Bovenstaande gebiedsdekkende kaarten berusten op de zgn. *Microwave Polarization Difference Index* (MPDI), die is gedefinieerd als:

$$MPDI = \frac{T_{bv} - T_{bh}}{T_{bv} + T_{bh}}$$

- ten behoeve van= verticale polarisatie van de stralingstemperatuur';
- ten behoeve van= horizontale polarisatie van de stralingstemperatuur.

De boringen toonden aan dat de slijtlaag in veel gevallen los ligt. Deze brokkelt tijdens het boren vrijwel direct af zoals in afbeelding 5.16 te zien is. Onderstaande kern is boring nummer 2, die ook in de blauwe MPDI zone ligt in afbeelding 5.15.

Afbeelding 5.16. Boorkern toont losliggende slijtlaag van 8 cm aan



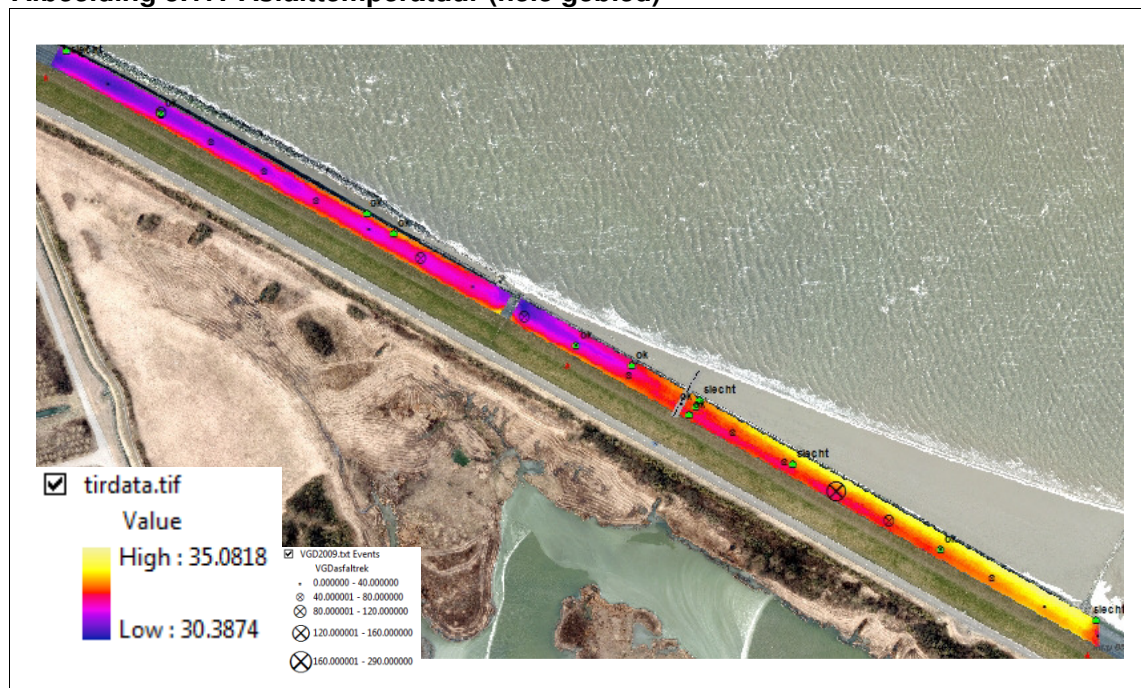
5.5.4. Asfalttemperatuur en opbollingen

Met de hoge resolutie thermische camera, type Flir SC6000, zijn warmtebeelden van de hele asfaltbekleding gemaakt. Deze professionele camera is gekoeld en is daardoor in staat absolute temperatuur te meten in hoge resolutie. Van ieder afzonderlijk warmtebeeld is de gemiddelde temperatuur per beeld berekend en vervolgens is daarvan een gebiedsdekkende absolute temperatuurkaart gemaakt. De volgende bevindingen zijn gedaan:

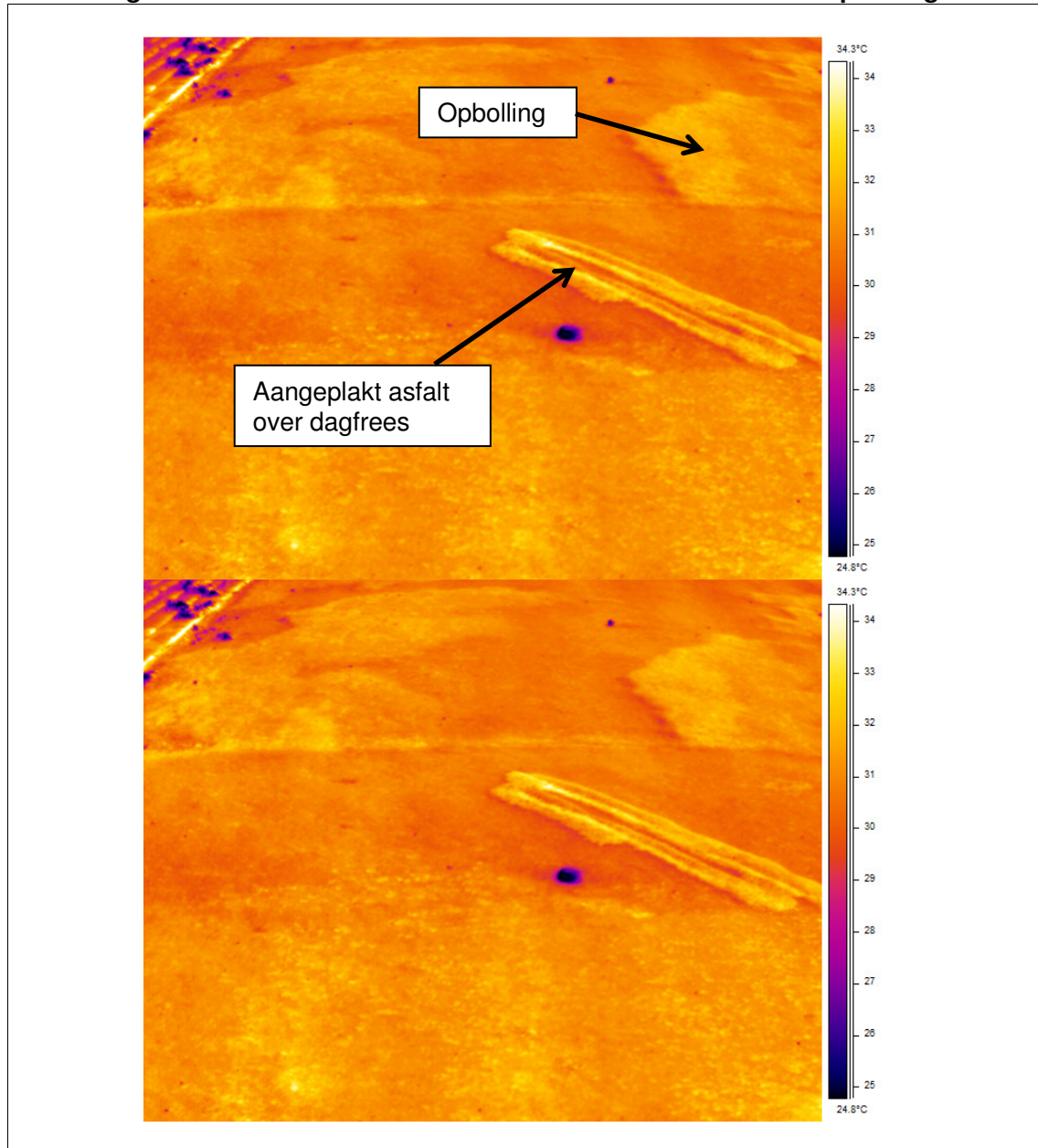
- de gebiedsdekkende temperatuurkaart laat zien dat de asfalttemperatuur van het oostelijke gedeelte van dp85 tot dp85+400 hoger is dan die van het westelijke gedeelte. Dit gemeten verschil is niet afhankelijk van het tijdstip van meten en/of het opwarmen van asfalt omdat de raaien allemaal in dezelfde richting zijn opgenomen. Het verschil zou wel verklaard kunnen worden door (a) de aanwezigheid van de staalslakken in het water voor de dijk (west) en/of (b) het ondiepere water aan de teen (oost);
- de individuele warmtebeelden geven zeer veel gedetailleerde informatie over de oppervlakte van het asfalt. Zichtbaar zijn onder meer opbollingen, dagfrozen en daglassen. De hogere temperatuur van een opbolling wordt veroorzaakt door de opwarming van het zich eronder bevindende vocht, waarbij de kans op delaminatie (loslaten van de slijtlaag) zeer groot is.

Afbeelding 5.17 toont de asfalttemperatuur [°C] van de gehele meetlocatie. De VGD metingen uit 2009 zijn hierop geprojecteerd als cirkels met een kruisje. De boorlocaties zijn weergegeven als groene punten. Bij een losliggende slijtlaag is de toestand "slecht" toegekend (zie ook afbeelding 5.16). De gebiedsdekkende temperatuurkaart (5.17) geeft vooral inzicht in het grote geheel. De gebiedsdekkende temperatuurkaart geeft geen inzicht in holle ruimtes en losliggende lagen; er is in dit beeld geen directe relatie zichtbaar tussen temperatuur en mogelijk slecht asfalt, zoals dat wel in de MPDI data zichtbaar was. Een gedetailleerd warmtebeeld, zoals in afbeelding 5.18, toont echter wel inzicht in opbollingen, dagfrozen en daglassen.

Afbeelding 5.17. Asfalttemperatuur (hele gebied)



Afbeelding 5.18. Gedetailleerd warmtebeeld van het asfalt met o.a. opbolling



5.5.5. Hoogtemodel

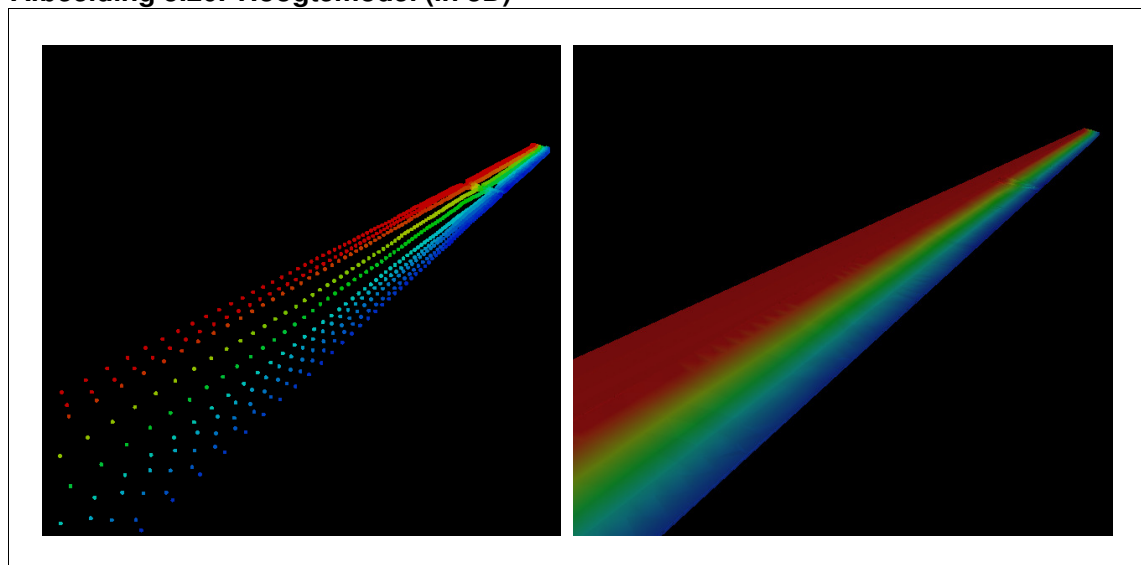
De hoogte is bepaald met *Real-Time Kinematic* (RTK) GNSS. Door deze te koppelen aan de MIRA en thermografische sensoren zijn de metingen voorzien van de exacte locatie op centimeter niveau en zijn de data te gebruiken als geo-gerefereerde GIS lagen. In de hoogtedata zijn in de nulmeting geen onregelmatigheden waargenomen. De nulmeting is in combinatie met vervolgmetingen bruikbaar om op centimeterniveau lokale hoogteverschillen te bepalen.

Afbeelding 5.19 toont het hoogtemodel [m NAP] voor de gehele meetlocatie als GIS laag. Afbeelding 5.20 bevat een 3D weergave.

Afbeelding 5.19. Hoogtemodel (hele gebied)



Afbeelding 5.20. Hoogtemodel (in 3D)



5.5.6. Beknopte visuele inspectie

Tijdens het verkrijgen van de boorkernen is een beknopte visuele inspectie van de oppervlaktebehandeling (deklaag) van het asfalt verricht. Hiervan waren de belangrijkste bevindingen:

- het asfalt lijkt op een lappendeken. Er zijn stukken uitgefreesd en weer gedicht;
- over het algemeen bevat de asfaltbekleding geen elasticiteit en is deze erg broos;
- de ene meter asfalt kan flink verschillen met een andere meter: naast een goede boorkern kan zomaar een meter verderop een kern met granulaat worden aangetroffen.

5.6. Afstemming resultaat nulsituatie met de beheerpraktijk

5.6.1. Meetresultaten in relatie tot de doelen

De uit te voeren monitoring asfaltbekleding heeft tot doel:

1. het bewaken van de veiligheid tot verbeterwerkzaamheden zijn uitgevoerd in combinatie met;
2. het leveren van aanvullende informatie over de opbouw van het asfalt/de dijk ten behoeve van de beoogde verbeterwerkzaamheden.

De voor de beheerder belangrijkste te beantwoorden vragen naar aanleiding van de uitgevoerde nulmeting zijn:

1. welke locaties bij storm moeten worden bewaakt (waar zijn de kwetsbare locaties)?
2. dient de bekleding gereconstrueerd te worden in de komende jaren tot de geplande verbeterwerkzaamheden, of functioneert de bekleding veilig?

Door het uitvoeren van de nulmeting van de asfaltlaag en het combineren van de resultaten ervan met eerdere puntmetingen (VGD) en boringen is veel meer bekend over de asfaltlaag. Er is gemeten, overleg geweest, gevisualiseerd en data gecombineerd. De betreffende kilometer van de Lauwersmeerdijk is met deze nulmeting tot in zeer hoog detail in kaart gebracht.

Op 4 december 2013 is overleg geweest bij het Waterschap Noorderzijlvest in Groningen met diverse specialisten asfaltbekleding. Deze kennisuitwisseling heeft geleid tot beter inzicht in de bruikbaarheid van de MIRA-datasets voor het dijkbeheer. Daarnaast is de unieke koppeling gemaakt tussen de MIRA-data en de locatie van daglassen, dagfrozen en opbollingen enerzijds (ingemeten door de landmeter van Waterschap Noorderzijlvest) en tussen de MIRA data en VGD metingen anderzijds (uitgevoerd door KOAC-NPC in 2002 en 2009). Daarnaast zijn boringen verricht en warmtebeelden ingewonnen. Alle datasets zijn in een GIS gecombineerd, gevisualiseerd en gepresenteerd in dit rapport.

In relatie tot bovenstaande doelen hebben de MIRA metingen aanvullende informatie opgeleverd over de opbouw van het asfalt / de dijk. Het vocht in de asfaltlaag is **gebiedsdekkend** in kaart gebracht. Dit is nog nooit eerder gedaan, en vormde in het verleden dan ook geen input voor het toetsingsprogramma GOLFLAP. Gebiedsdekkende input in GOLFLAP kan een gerichtere toetsing opleveren over kleinere lengtestukken dan nu het geval is. Het waarschijnlijke gevolg is dat afgekeurde stukken zo deels kunnen worden gespaard, maar ook dat goedgekeurde stukken gedeeltelijk zouden kunnen worden afgekeurd.

Door de specialisten is onderkend dat water in het proces van aantasting van asfalt een cruciale rol speelt. Inzicht in het vochtgehalte van asfalt is van cruciaal belang. De inwerking van vocht tast de binding tussen bitumen en mineraal aan waardoor de samenhang van het asfalt afneemt en het asfalt een hogere holle ruimte heeft. Losliggende oppervlakbehandeling en asfaltbeton direct daaronder kunnen tijdens een storm wegslaan. De MIRA metingen laten de locaties van mogelijke holle ruimten of losliggende slijtlaag zien en lijken goed overeen te komen met in 2009 gedane VGD metingen. **Twee locaties op dp85+248 en dp85+662 verdienen extra aandacht, omdat de kans op holle ruimten daar het grootst is. Deze locaties zouden in geval van een zware storm extra moeten worden bewaakt en/of gereconstrueerd.**

Bovenop het vocht in de asfaltlaag hebben de MIRA metingen informatie opgeleverd over de dikte. Een goede asfaltlaag zou minimaal 12 cm dik moeten zijn; dit wordt op het hele traject gehaald. Asfaltdikte is samen met VGD metingen ook een belangrijke inputparameter voor het bepalen van stijfheden en daarmee voor het toetsingsprogramma GOLFKLAP.

In het oostelijke gedeelte van dp85 tot dp85+400 bevindt het vocht zich hoger op de dijk. Van dit stuk is ook de asfalttemperatuur hoger dan die van het westelijke gedeelte. Dit zou verklaard kunnen worden door (a) de aanwezigheid van de staalslakken in het water voor de dijk (west) en/of (b) het ondiepere water aan de teen (oost). De geul, die voor het storven van de staalslakken aanwezig was, lijkt tot dp86 geen effect te hebben gehad op het asfalt. **Het oostelijke stuk, waar ook de meeste slechte boringen zitten en waar duidelijk onderscheid tussen verschillende aanlegvakken wordt waargenomen, zou bij voorkeur extra moeten worden bewaakt en/of gereconstrueerd.**

Al met al kan geconcludeerd worden dat de MIRAMAP laagdikten een belangrijke input kunnen zijn voor bestaande sterkteberekeningen met GOLFKLAP, en dat vocht, temperatuur en vooral bepaling van slijtlaaglocaties een zeer waardevolle toevoeging zijn voor de visuele inspectie.

5.6.2. De noodzaak van verschilbeelden

Om nader inzicht te krijgen over de kwetsbare locaties (het doel van de beheerder) is het noodzakelijk om veranderingen in het asfalt ten opzichte van de nulmeting gericht en nauwkeurig te monitoren. Locaties met veel (vocht)dynamiek en locaties met blijvende anomalieën zullen extra aandacht moeten krijgen. Zo kan een toename van aantasting door vocht veroorzaakt worden door dampspanningen ten gevolge van hoge asfalttemperaturen in de zomer, door vorst-dooicycli tijdens de winter en/of door een hevige storm, extreem hoog water. Door ook MIRA metingen voorhanden te hebben van net na vorst-dooicycli en/of een hevige storm, extreem hoog water kunnen de bevindingen van de nulmeting worden bevestigd en/of worden nieuwe inzichten verkregen, bijvoorbeeld over het proces en snelheid van asfaltslijtage. In ieder geval zal de beheerder nog beter worden ondersteund in de informatiebehoefte die nodig is voor dijkbewaking en veilig functionerende bekleding.

5.6.3. Hypothesen

Als de resultaten van de nulmeting worden vergeleken met vervolgmetingen op hetzelfde traject, kunnen op basis van de verschilbeelden enkele hypothesen worden geformuleerd. Ten opzicht van de nulmeting geldt dan:

Hypothese 1: Een meting net na een aantal vorst-dooicycli (maart/april) zal in het MPDI beeld een toename laten zien van de mogelijke locaties met holle ruimten of losliggende slijtlaag.

Hypothese 2: Een meting net na een hevige storm, extreem hoog water zal in het asfaltvocht beeld een toename laten zien van de natte locaties.

Hypothese 3: Een meting na de zomerperiode (september) zal in het MPDI beeld een toename laten zien van de mogelijke locaties met holle ruimten of losliggende slijtlaag.

5.7. Doorkijk/visie op vervolg

Op basis van de nulmeting kan de volgende visie op monitoring van de asfaltbekleding geformuleerd worden:

De nulmeting is vlakdekkend uitgevoerd over 1 kilometer tussen km 85 en km 86. Dat is slechts een deel van de tussen km 82,0 en km 89,2 afgekeurde asfaltbekleding op de Lauwersmeerdijk. **Het verdient daarom aanbeveling om de bekleding over de gehele strekking te monitoren en niet slechts een kilometer.** Zo blijkt uit eerder onderzoek van KOAC-NPC dat boorkernen op km 82,547 en 83,750 uit elkaar zijn gevallen en geen enkele samenhang bleken te hebben. Aan de andere kant in westelijke richting naar Lauwersoog wordt het risico van met name de asfaltbekleding hoog ingeschat en is dus belangrijk om te monitoren.

Om een nauwkeurig beeld te krijgen van het proces en snelheid van asfaltslijtage is het nodig om verschilbeelden te maken. **Er wordt voorgesteld om voor de komende twee monitoringjaren minimaal twee maal per jaar een herhalingsmeting uit te voeren** en wel op de volgende momenten:

- maart/april 2014 en 2015 aansluitend aan de winterperiode. Een toename van aantasting door vocht wordt veroorzaakt door vorst-dooicycli tijdens de winter;
- september 2014 en 2015 na de zomerperiode. Een toename van aantasting door vocht wordt veroorzaakt door dampspanningen ten gunste van hoge asfalttemperaturen in de zomer;
- op afroep, bijvoorbeeld tijdens of net na een hevige storm, of tijdens of net na extreem hoog water;
- op afroep, indien de in-situ metingen van Alert Solutions en/of StabiAlert afwijkende waarden gaan vertonen en daar direct aanleiding toe geven.

De prioriteit gaat uit naar de twee extra metingen in september 2014 en 2015 na de zomerperiode. De uitvoeringsperiode is hiermee zoveel mogelijk gelijk aan de nulmeting, zodat vervolganalyse het beste tot zijn recht komt.

De (herhalings)metingen zouden moeten bestaan uit:

- MIRA sensoren voor het bepalen van asfaltvocht, asfaltdikte, structuurverschillen en holle ruimten of losliggende slijtlaag. Er wordt gekeken of ook de laagdikte van het nog niet aangetaste asfalt kan worden bepaald (met een laterale resolutie van tientallen centimeters);
- thermische infraroodbeelden met MIRA als input voor het bepalen van asfaltvocht en voor het visualiseren van opbollingen, frezen en lassen;
- RTK GNSS ter bepaling van deformaties in de tijd op centimeterniveau;
- boorkernen voor validatie van de laagdikte, voor bepaling van de stijfheid en de buigtreksterkte en kleurveranderingen als gevolg van vocht in het laboratorium. Op representatieve locaties dienen kernen van Ø 250 mm te worden geboord, zodat uit de kernen balkjes (220 x 50 x 50 mm) kunnen worden gezaagd voor het bepalen van de stijfheid en de buigtreksterkte. Indien nodig geacht kunnen er ook freessleuven worden gemaakt, met name op die plekken waar valgewicht metingen hoge rekken opleveren;
- boorkernen op door MIRAMAP aangegeven locaties van zwakke plekken t.b.v. verificatie;
- een gedetailleerde visuele inspectie die met dezelfde frequentie als de MIRA metingen wordt uitgevoerd, zodat alle aangetroffen schade wordt vastgelegd. De schades worden beoordeeld conform het VTV. Alle gevulde scheuren, naden, liplassen (relatief zwakke plekken) en alle boorkernlocaties worden met landmeetapparatuur ingemeten;

- VGD metingen ter bepaling van stijfheid van de bekleding en de ondergrond. De metingen kunnen worden vergeleken met de in 2002 en 2009 uitgevoerde metingen. Zodoende wordt inzicht verkregen in de teruggang in sterkte.

Op basis van de resultaten van alle metingen en laboratoriumonderzoek kan de sterkte van de bekleding herhaaldelijk worden getoetst met het computermodel GOLFKLAP, waarin in de toekomst ook vocht als parameter zou moeten worden meegenomen. Aanpassing van GOLFKLAP zou dan wel eerst moeten worden ontwikkeld en geaccepteerd voordat het op de Lauwersmeerdijk kan worden toegepast. Bovendien kan duidelijk worden dat op bepaalde slechte locaties extra monitoringsprofielen van Alert Solutions nodig blijken te zijn. Op die manier zal de Lauwersmeerdijk nauwkeurig en doelgericht in de gaten worden gehouden totdat over een paar jaar de dijkbekleding wordt verbeterd.

6. BEHEER EN VALIDATIE VAN DATA

6.1. Databeheer DDSC

Het Dijkdata Service Centrum (DDSC) is een platform voor de opslag van meetdata in en rond dijken en duinen. Dit platform ontsluit de landelijke database met daarin real time en historische data.

Monitoring freatische lijn - levering data waterspanningsmeters

Alle meetgegevens zijn vanaf vrijdag 6 september 14.00 uur UTC (16.00 lokale tijd) in het DDSC opgenomen. Om 02.00 uur lokale tijd (00.00 uur UTC) sturen de Alert Solutions ModemLoggers in het veld de data naar de servers van Alert Solutions. Vervolgens wordt dagelijks om 02.40 uur lokale tijd door Alert Solutions de laatste meetgegevens op de FTP server van het DDSC geplaatst.

Validatie gegevens uit DDSC

De meetgegevens van de waterspanningsmeters zijn door Witteveen+Bos opgehaald uit het DDSC. Het ophalen van data uit de database is met een 'gebruikers'-account tamelijk omslachtig. Elke meetreeks moet eerst verslept worden naar een grafiekvenster. Vanuit dat grafiekvenster kan elke meetreeks afzonderlijk worden opgeslagen als csv-bestand. Voor het project Lauwersmeerdijk zijn 3 raaien x 4 meetpunten x 4 parameters is 48 data-reeksen uit het DDSC gehaald. Voor toekomstig gebruik is een ander type account aan te bevelen, bijvoorbeeld een 'data-afnemer'-account om geautomatiseerd data op te halen. Dit bespaart tijd en voorkomt fouten met opslaan en overschrijven van data.

De data die Witteveen+Bos uit het DDSC heeft gehaald zijn door Alert Solutions gecontroleerd en vergeleken met hun eigen data. Hieruit bleek dat de meetdata van Alert Solutions, ingevoerd met drie decimalen met als laatste decimaal een 0, 8 decimalen hadden gekregen. De eerste 2 decimalen komen overeen met de meetdata van Alert Solutions, de andere zijn anders. Voor de datavalidatie is Witteveen+Bos uitgegaan van de data zoals deze uit het DDSC zijn gehaald.

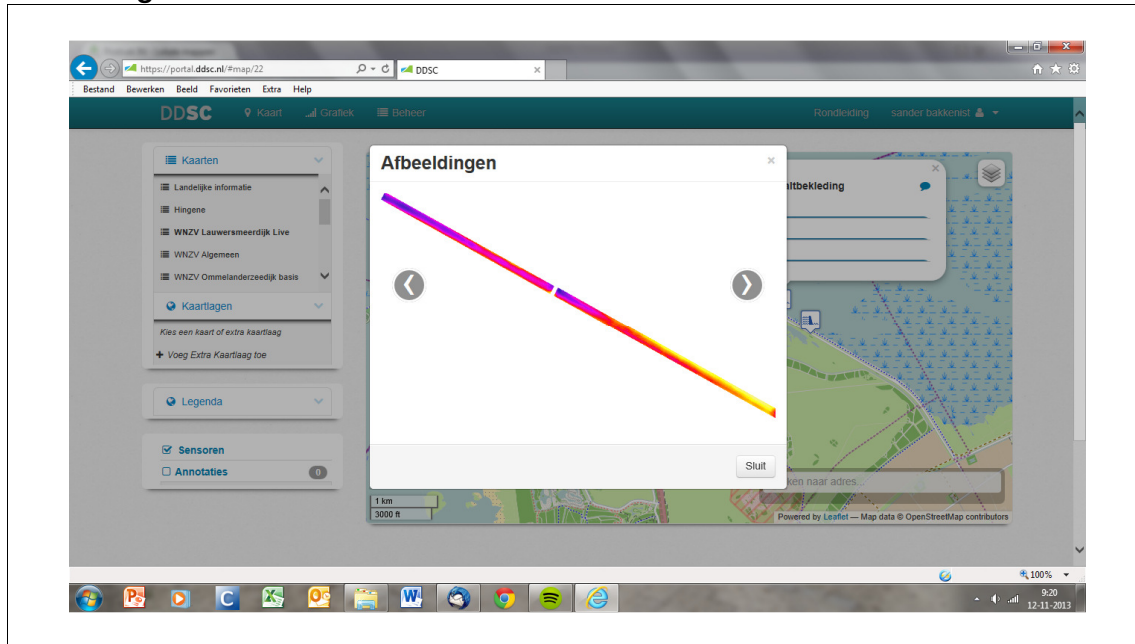
Data visualisatie

Op moment dat deze rapportage wordt samengesteld heeft Alert Solutions niet de mogelijkheid om de data in het DDSC te visualiseren. Bij het opvragen van data wordt de foutmelding Bad Gateway verkregen,

Monitoring asfaltbekleding - geogerefereerde inmeetgegevens

Miramap heeft een drietal datasets geüpload naar de DDSC ftp-site, te weten: vochtgehalte, asfaltdikte en temperatuur. Echter, de huidige versie van het DDSC blijkt GeoTIFF niet goed te ondersteunen. Volgens de specificaties van DDSC zou GeoTIFF als kaartlaag kunnen worden getoond, maar deze functionaliteit is nog niet geïmplementeerd. De gekozen oplossing is nu om de data als 'image' te uploaden. Dat dit een verre van ideaal beeld oplevert blijkt uit onderstaand screenshot (afbeelding 6.1). Zo kan de beheerder nu niet inzoomen en is er geen luchtfoto-achtergrond aanwezig. Ook kan de link met andere (in-situ) sensoren zo niet worden gelegd.

Afbeelding 6.1. Screenshot van MIRA asfaltdata in DDSC



Advies met betrekking tot DDSC

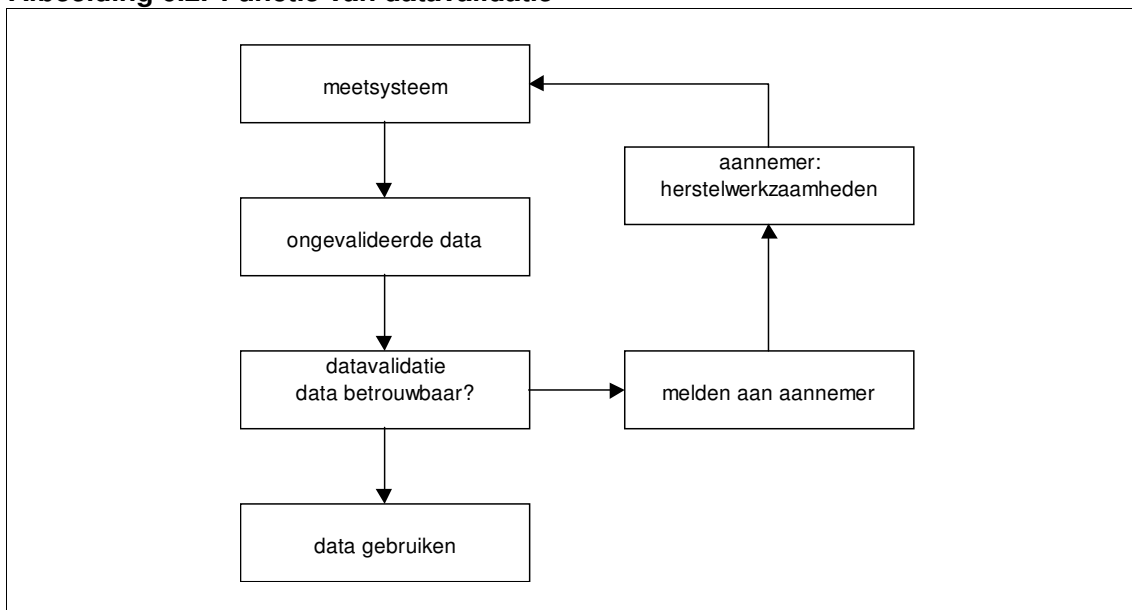
- in het DDSC zou het mogelijk moeten zijn de waterspanningsmetingen binnen het uitgevoerde asfaltonderzoek te bekijken;
- voor routinematig controleren van de datakwaliteit is een automatische datalevering noodzakelijk.

6.2. Datakwaliteit

6.2.1. Uitvoering datavalidatie

Tijdens het monitoren is het belangrijk om de meetgegevens regelmatig te valideren en indien nodig herstelwerkzaamheden uit te laten voeren door de meetleverancier. In afbeelding 6.2 is dit proces schematisch weergegeven.

Afbeelding 6.2. Functie van datavalidatie



6.2.2. Datavalidatie met De Dataprofeet

De datavalidatie van hoogfrequente meetdata, zoals de waterspanningsmetingen, is uitgevoerd met De Dataprofeet. Dit is een door Witteveen+Bos ontwikkelde Matlab-toolbox waarin diverse statistische toetsen zijn opgenomen om meetdata te controleren op betrouwbaarheid en kwaliteit. De datavalidatie is uitgevoerd door een adviseur van Witteveen+Bos.

6.2.3. Site Acceptance Test (SAT) ten behoeve van oplevering apparatuur

Als onderdeel van het project is een Site Acceptance Test (SAT) uitgevoerd. De SAT heeft tot doel de werking van de apparatuur te testen direct na oplevering, waarbij de meetgegevens voor een meetperiode van twee weken na installatie worden gecontroleerd. Indien met deze controle wordt vastgesteld dat er gebreken zijn, dient de leverancier deze gebreken te verhelpen. De SAT wordt vervolgens herhaald totdat is vastgesteld dat het meetsysteem voor een periode van 2 weken goed functioneert en de SAT is afgerond.

In overleg met Alert Solutions is besloten de SAT uit te voeren voor de periode 9/9 t/m 22/9 2013. De SAT ligt dan ruim na het einde van de installatie. In bijlage VIII is het rapport van de datavalidatie opgenomen. In deze notitie wordt de data getoetst aan de afgesproken nauwkeurigheid en betrouwbaarheid ten aanzien van dataleverantie en datakwaliteit. Er zijn geen afwijking geconstateerd. De SAT voor de genoemde periode voldoet aan de vooraf gestelde eisen en is daarmee afgerond.

6.3. Doorkijk/visie op vervolg

De datavalidatie met De Dataprofeet kan indien gewenst periodiek worden herhaald, bijvoorbeeld elk half jaar, gedurende de looptijd van de monitoring.

7. ORGANISATIE MONITORING, VISIE VERVOLG

Onderhavig monitoringplan heeft betrekking op de Lauwersmeerdijk waar recent herstelmaatregelen zijn uitgevoerd met staalslakken (traject KM 85,7-86,4). Dit monitoringplan beschrijft de monitoring van de Lauwersmeerdijk, specifiek: het monitoren van het effect van de toegepaste staalslakken op de freatische lijn en het onderzoeken van de kwaliteit van het asfalt voor de periode van 2 jaar na realisatie van het meetsysteem (d.d. 9 september 2013).

7.1. Fase 1: monitoring (9 september 2013 - 9 september 2015)

Monitoring freatische lijn

Met het meetsysteem wordt voor een periode van twee jaar een uitgebreide meetreeks verkregen. Belangrijk is dat gedurende deze monitoringperiode het meetsysteem optimaal functioneert en goede data wordt verkregen. Tot 2 jaar na oplevering van het meetnet zal Alert Solutions binnen de randvoorwaarden van de lopende overeenkomst het meetsysteem in de lucht houden. Een toelichting op het operationeel beheer van het monitoringsysteem gedurende deze periode is opgenomen in bijlage X.

De opdrachtgever wordt geadviseerd gedurende de monitoringperiode het beheer en onderhoud van het meetsysteem optimaal in te richten. Aanvullend wordt geadviseerd de werking van het meetsysteem te controleren door het periodiek controleren van de meetgegevens op kwaliteit door middel van datavalidatie.

Monitoring asfaltbekleding

De kwaliteit van het asfalt ter plaatse van de Lauwersmeerdijk is voor een kilometer onderzocht. Aanbevolen wordt om de nulmeting voor de gehele strekking van de Lauwersmeerdijk uit te voeren en de komende twee jaren herhalingsmeting uit te voeren. Bij voorkeur worden herhalingsmetingen uitgevoerd in september 2014 en in 2015 na de zomerperiode. De uitvoeringsperiode is hiermee zoveel mogelijk gelijk aan de nulmeting, zodat vervolganalyse het beste tot zijn recht komt. De te meten parameters en het aanvullend uit te voeren onderzoek zijn beschreven in paragraaf 5.7.

7.2. Fase 2 - doorkijk vervolg: nadere analyse, aanvullen/wijzigen monitoring (>2015)

Monitoring freatische lijn

Na twee jaar monitoring is het zinvol een aanvullende analyse uit te voeren op de verkregen meetreeks. De analyse heeft tot doel de volgende vragen te beantwoorden:

- is een structureel effect waarneembaar op de freatische lijn in de tijd als gevolg van de verbetermaatregel met staalslakken?
- heeft het meetnet meerwaarde ten opzichte van de huidige inzichten?

Het startpunt voor de uit te voeren analyse is de gevalideerde meetreeks, waarmee de samenhang tussen de metingen in ruimte en tijd wordt bepaald. Als uitgangspunt geldt dat de afwijkingen gerelateerd aan aanleg en meetapparatuur per waterspanningsmeter gelijk zijn. De waterspanningsmeters dienen vervolgens zowel binnen een meetraai als op vergelijkbare posities in een meetraai met elkaar te worden vergeleken. Bij de analyse dienen relevante omgevingsfactoren en invloeden te worden meegenomen.

Monitoring asfaltbekleding

Op basis van de resultaten van alle metingen en aanvullend laboratoriumonderzoek is nadere analyse van de asfaltbekleding mogelijk. Aanbevolen wordt een vergelijkinganalyse uit te voeren op de verkregen datasets en tevens de sterkte van de bekleding herhaaldelijk te

toetsen met het computermodel GOLFKLAP. Door het uitvoeren van herhalingsmetingen in combinatie met aanvullende analyses wordt het mogelijk de Lauwersmeerdijk nauwkeurig en doelgericht in de gaten te houden totdat over een paar jaar de dijkbekleding wordt verbeterd.

8. REFERENTIES

1. Hordijk et al., 2010 (3^{de} veiligheidstoets);
2. Uitgangspunten Livedijk XL 17-10-2012;
3. Witteveen+Bos, 2013, Livedijk XL - monitoring Lauwersmeerdijk; plan van aanpak - definitief, referentie GN207-1/zutd/014;
4. Stichting IJkdijk, 2 juli 2013. Opdrachtbrief Livedijk XL locatie Lauwersmeerdijk/NZV met kenmerk 130702.
5. Provincie Fryslân en Wetterskip Fryslân , 2009. Achtergronddocument: Beschrijving watersysteem en wettelijk kader.

BIJLAGE I IMPRESSIE VAN DE ONDERZOEKSLOCATIE

project Livedijk XL - monitoring Lauwersmeerdijk
opdrachtgever Stichting IJkdijk
projectcode GN207-1
datum fotoreportage 24 april 2013

Afbeelding 1. Teen Lauwersmeerdijk (waddenzee)



Afbeelding 2. Asfalbekleding Lauwersmeerdijk (waddenzee)



Afbeelding 3. Lauwersmeerdijk, met aangrenzend weg en overgang defensierterrein



Afbeelding 4. Lauwersmeerdijk, met aangrenzend weg en overgang defensierterrein



Afbeelding 5. Bovenkant Lauwersmeerdijk (oostelijke richting)



Afbeelding 6. Lauwersmeerdijk + radarpost (westelijke richting)



BIJLAGE II BEOORDELING MEETCONFIGURATIE VAN ALERT SOLUTION BV

Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
Postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
fax 0570 69 73 44
www.witteveenbos.nl

onderwerp	beoordeling meetconfiguratie van Alert Solutions BV
project	Livedijk XL - Lauwersmeerdijk
opdrachtgever	Stichting IJkdijk
projectcode	GN207-1
referentie	GN207-1/zeir/015
opgemaakt door	ir. R. Bouw
goedgekeurd door	ir. H.J.M.A. Mols
status	definitief
datum opmaak	27 juni 2013
bijlagen	-

paraaf 

aan	-
kopie	-

1. INLEIDING

Pepijn van der Vliet van Alert Solutions BV heeft op 9 juni 2013 een voorstel gedaan voor een meetconfiguratie (bestand Dwarsraaien_Lauwersmeerdijk_ASBV_09062013). In deze notitie is de beoordeling door Witteveen+Bos van het voorstel opgenomen.

2. BEOORDELING

2.1. Raaien

De volgende raaien zijn gekozen:

- km 85,1;
- km 86,0;
- km 86,8.

Raai km 86,0 ligt in het midden van de versterking (86,5 tot 85,4) en de andere twee circa 300 m er buiten. Van raaien km 85,1 en km 86,8 is geen grondonderzoek beschikbaar. In raai km 86,0 zijn vier sonderingen en twee boringen beschikbaar [ref. 1]. Ter plaatse van raai km 87,0 zijn twee boringen beschikbaar en ter plaatse van km 85,0 één boring [ref. 2]. Op basis van het beschikbare grondonderzoek worden de volgende raaien voorgesteld:

- km 85,0;
- km 86,0;
- km 87,0.

opmerkingen bij locatiekeuze

De volgende twee opmerkingen worden bij de locatiekeuze gemaakt:

- locatiekeuze hangt van meer factoren af dan alleen het beschikbare grondonderzoek;
- ter plaatse van km 85,0 en km 87,0 is de toepasbaarheid van het beschikbare grondonderzoek beperkt.

factoren

De keuze van de raaien hangt van meer factoren af dan alleen het beschikbare grondonderzoek. In deze studie wordt onderzocht wat het effect is van de buitenwaartse dijkversterking met staalslakken op het verloop van de freatische lijn in de dijk. Het ligt daarmee voor de hand om direct naast de versterking (beide kanten) en ter plaatse van de versterking te monitoren. De waterspanningen worden echter door meerdere factoren bepaald, dan de intree-weerstand van het wad/voorland, zoals:

- geometrie waterkering, voorland en achterland;
- bekledingopbouw;
- bodemopbouw (aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen, zoals veen en klei);
- kernmateriaal (vast/los gepakt en fijn/grof zand);
- polderpeilen.

De drie raaien zijn niet uniform. Zo is bijvoorbeeld ter plaatse van km 85,0 een waterpartij aanwezig aan de binnenzijde en bij km 87,0 niet. Als na het monitoren blijkt dat de verschillen tussen de drie raaien beperkt is, dan is het lastig om een betrouwbare uitspraak te doen over het effect van de versterking op het verloop van de freatische lijn.

grondonderzoek

De verkende diepte ter plaatse van km 85,0 is NAP -1,40 m en van km 87,0 NAP -1,57 m. Daarnaast is slechts op één locatie in het profiel een diepere boring geplaatst. De geplande diepte van de waterspanningsmeters is NAP -2,0 m. Vanwege het ontbreken van voldoende grondonderzoek is de kans groter dat ter hoogte van deze raaien de meters in een slechtdoorlatende laag worden geplaatst ten opzicht van raai km 86,0.

2.2. Diepte meters

De gekozen diepte van NAP -2,0 m is akkoord voor de drie raaien. Ter plaatse van km 86,0 begint de eerste slecht doorlatende natuurlijke kleilaag rond NAP -3,0 m [ref. 1]. Daarnaast is NAP -2,0 m beneden GLW (NAP -1,35 m) [ref. 4] en polderpeil (NAP -0,4 m) [ref. 3].

Rond NAP -2,0 m is ter hoogte van km 86,0 'zand, zeer fijn, sterk siltig, donker grijs' aangetroffen [ref. 1]. Dit is een natuurlijk afgezette zandlaag. Het antropogene zand heeft een grotere conusweerstand en is waarschijnlijk meer doorlatend. Het zand rond NAP -2,0 m is redelijk representatief voor het versterkte deel. Richting km 85,7 worden hogere conuswestanden gevonden; wat duidt op grover zand. Richting km 86,4 wordt siltiger zand aangetroffen op deze diepte.

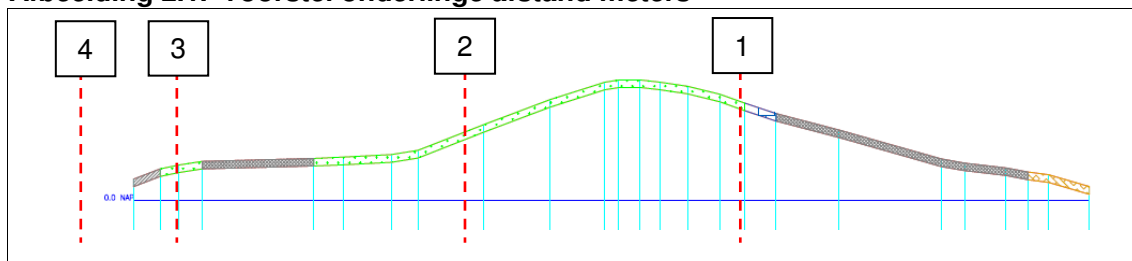
Het grondonderzoek ter hoogte van km 85,0 en km 87,0 gaat tot maximaal NAP -1,57 m. De onderste (natuurlijke) grondlagen bestaan bij deze twee raaien uit 'zand, matig fijn, zwak siltig, grijs met lokaal schelpenresten'. Verwacht wordt dat rond NAP -2,0 m ook hier zand wordt aangetroffen.

2.3. Locatie meters

In het voorstel zijn de meters circa 10 m uit elkaar geplaatst. Aanbevolen wordt om ze verder uit elkaar te plaatsen. Het is waarschijnlijk niet haalbaar om één meter onder het asfalt op het buitentalud te plaatsen. In de volgende afbeelding is een nieuw voorstel gegeven.

De meest binnenwaarts gelegen meter wordt in de binnenteen geplaatst, dicht tegen de buitenwaarts gelegen insteek van het sloottalud.

Afbeelding 2.1. Voorstel onderlinge afstand meters



Rijkswaterstaat meet de zeewaterstand in Lauwersoog. Er wordt van uitgegaan dat deze waterstand voldoende nauwkeurig is voor de beschouwde meetlocatie (afstand circa 5 km).

2.4. Veldwerk en laboratoriumonderzoek

Voorgesteld wordt om de meters middels handboringen te plaatsen, boorstaten op te stellen en per boring de volgende geroerde monster te steken:

- voor alle locaties rond NAP -2,0 m in de natuurlijke zandlagen (in totaal 12 monsters);
- voor de drie buitenste locaties (1, 2 en 3 van afbeelding 2.1) rond NAP +1,0 m in het antropogene zand (in totaal 9 monsters).

In overleg met Witteveen+Bos worden in totaal van 12 monsters de zeefkrommen bepaald (fracties: <2µm, <16µm, <32µm, <50µm, <63µm, <125µm, <250µm, <500µm, <1mm en <2mm).

Daarnaast wordt aanbevolen om twee sonderingen uit te voeren tot 25 m beneden maai-veld ter hoogte van km 85,0 en km 87,0. De sonderingen worden geplaatst ter hoogte van locatie 2 van afbeelding 2.1 en dienen om de bodemopbouw beneden NAP -1,5 m in kaart te brengen.

Aandachtspunt is dat voor de uitvoering afstemming met Defensie noodzakelijk is. Bij eventueel geplande oefeningen, is de locatie mogelijk niet toegankelijk.

3. REFERENTIES

1. Fugro (2012). Geotechnisch onderzoek betreffende, In het kader van IJkdijk op de Lauwersmeer- en Ommelanderveedijk, Opdrachtnummer: 5012-0117-000.
2. Fugro (2002). Boringen B2|85.00-E, B2|87.00-E en B2|85.00-B1, Groninger zeedijk Delfzijl - Lauwersoog, opdracht Q2850.
3. Royal Haskoning (2010). Reactie op commentaar Sellmeijer berekeningen, referentie 9W0632/M0002/901691/ILAN/Rott.
4. Waterschap Noorderzijlvest (2013). Evaluatie dijkversterking Vierhuizergat.

BIJLAGE III INSTALLATIEPLAN ALERTSOLUTIONS

DEFINITIEF Installatieplan Lauwersmeerdijk (v04)

Alert Solutions monitoring systeem voor LiveDijk XL - Lauwersmeerdijk

Van: Alert Solutions BV, Pepijn van der Vliet
 Aan: Waterschap Noorderzijlvest – Jan-Willen Nieuwenhuis, Peter Lalkens
 Stichting IJkdijk – Sander Bakkenist
 Fugro Geoservices – Jeroen Heikes
 Witteveen+Bos – Rina Clemens, Joost Veurink
 Miramap – Yvette Pluijmers
 Datum: 26 augustus 2013
 Betreft: installatie plan voor Alert Solutions monitoringsysteem in de Lauwersmeerdijk (LiveDijk XL)

VERSIE BEHEER

Nr	Datum	Opgesteld door	Verstuurd aan
V01	18-7-2013	Alert Solutions, Pepijn van der Vliet	Waterschap Noorderzijlvest – Peter Lalkens, Jan Nieuwenhuis, Herman de Vries / Stichting IJkdijk – Sander Bakkenist / Fugro – Jeroen Heijkes / Witteveen + Bos – Rina Clemens / Miramap – Yvette Pluijmers / Alert Solutions – Erik Peters
V02	26-7-2013	Alert Solutions, Pepijn van der Vliet	Waterschap Noorderzijlvest – Jan-Willen Nieuwenhuis / Stichting IJkdijk – Sander Bakkenist / Fugro – Jeroen Heijkes / Witteveen + Bos – Rina Clemens, Joost Veurink / Miramap – Yvette Pluijmers / Alert Solutions – Erik Peters
V03	20-8-2013	Alert Solutions, Erik Peters	Waterschap Noorderzijlvest – Jan-Willen Nieuwenhuis, Peter Lalkens / Stichting IJkdijk – Sander Bakkenist / Fugro – Jeroen Heijkes / Witteveen + Bos – Rina Clemens, Joost Veurink / Miramap – Yvette Pluijmers / Alert Solutions – Pepijn van der Vliet
V04	26-8-2013	Alert Solutions, Pepijn van der Vliet	Waterschap Noorderzijlvest – Jan-Willen Nieuwenhuis, Peter Lalkens / Stichting IJkdijk – Sander Bakkenist / Fugro – Jeroen Heijkes / Witteveen + Bos – Rina Clemens, Joost Veurink / Miramap – Yvette Pluijmers / Alert Solutions – Erik Peters

PROJECT PLANNING

Datum	Onderwerp	Toelichting
Week 29	Opdrachtgunning	De opdracht is in week 29 gegund.
Week 30	Meeting in Groningen (24-7)	Bespreking onderhavig installatie plan. Uitzetten sensor posities met piketten en uitvoeren inmetingen.
Week 31	Sonderingen	Uitvoeren twee diepe sonderingen door Fugro (op locaties KM35 en KM37)
Week 34	Definitief installatie plan	Rondsturen installatie plan met aanvullingen na diepe sonderingen (Fugro) en beoordeling / verwerking door W+B
Week 33/34	FAT test	Uitvoeren FAT test (op basis van afspraken tussen W+B en Alert Solutions) Akkoord op definitief installatieplan door betrokkenen
Week 36 (2 sept.)	Start installatie	Uitvoeren installatie van sensoren en veldelektronica
Week 37	Installatie	Afronden installatie Data doorgifte via DDSC effectueren Opstellen installatie verslaglegging Eerste concept monitoringplan
Week 36/37	SAT MIRAMAP	Start 2 weken durende SAT Uitvoeren MIRAMAP metingen Meeting met verslaglegging installatie (op te zetten door SBAK)
Week 38	SAT	Uitvoeren SAT
Week 39	Brief SAT	Afronden SAT met brief aan opdrachtgever

ACTIELIJST

Nr	Actie	Wie	Wanneer
1	Beschikbaar stellen situatietekening in RD (autocad)	NZV / W+B	Week 31 / 29-7
2	Afstemming met defensie	NZV	Gereed
3	Uitvoeren diepe sonderingen	FUGRO	Gereed
4	Uitwerken test programma (FAT, SAT)	W+B / ALERT	Gereed
5	Vaststellen def. installatiediepten en locatie 85-0-5	W+B	Gereed
6	Vaststellen positie 87-0-1	FUGRO	Week 32
7	Toegang tot installatielocaties afstemmen	FUGRO	Week 34
8	Definitieve keurontheffing	NZV	Week 34

ALGEMENE BESCHRIJVING

Dit installatie plan beschrijft de voorgenomen installatie van 12 enkelvoudige waterspanningsmeters met aansluiting op twaalf ModemLoggers. Deze instrumentatie wordt aangebracht in het kader van LiveDijk XL – Lauwersmeerdijk.

De basis van de hierna gepresenteerde sensor configuratie is afkomstig uit de notitie van Witteveen + Bos, welke ter beschikking is gesteld in het Plan van Aanpak Consortium LiveDijk XL – Lauwersmeerdijk.

LOCATIE

Locatie van installatie betreft de Lauwersmeerdijk in Noord-Groningen, op de dwarsprofielen: KM 85,0 (hier is waterpartij aanwezig aan binnenzijde)

KM 86,0 (gelegen in midden van de reeds uitgevoerde versterking met staalslakken)

KM 87,0

De versterking met staalslakken is aanwezig van KM 85,4 tot KM 86,5. Dit betekent dat beiden raaien KN 85,0 en 87,0 buiten de invloedssfeer liggen. Onderstaand een geografisch overzicht van de locatie Lauwersmeerdijk met daarin het gebied met staalslakken en de dwarsraaien ingetekend (in rood).



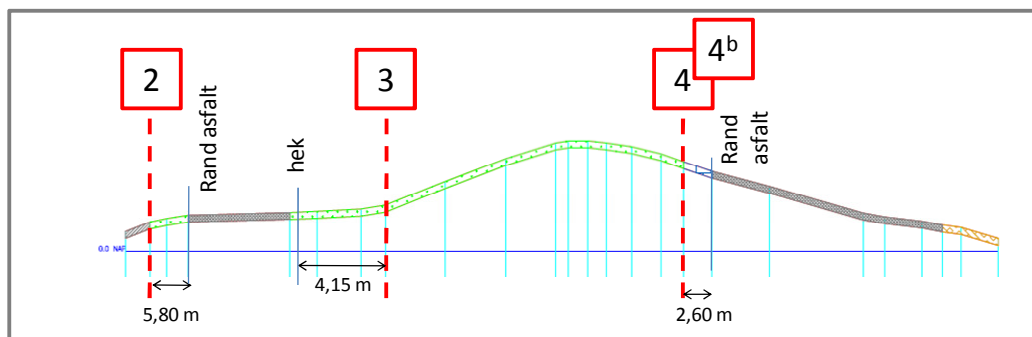
Hierdoor kunnen we de invloed van de gehele getijdencyclus over het gehele dwarsprofiel blijven volgen.

- Bij het uitvoeren van de boringen worden in totaal 21 geroerde grondmonsters genomen (12 stuks op NAP +/- 2,0m en 9 op NAP + 1,0m). Deze monsters worden in beginsel voor 1 jaar in opslag genomen.
- Na plaatsing van de sensoren in het boorgat worden deze omstort met filtergrind tot circa 20 cm boven de sensor, daarboven vervolgen kleikorrels tot aan maaiveld.
- Boven alle sensor posities worden schutkokers geplaatst. Mocht t.z.t. service nodig zijn, dan kan via deze putjes eenvoudig de bekabeling worden benaderd. Bovendien kunnen in deze schutkokers de modemloggers worden weggewerkt.

Profiel KM 85.0 (4 WSM's)

- Drie (3) WSMs worden op NAP +/- 2,0 meter geplaatst. Dit is naar verwachting boven de eerste slecht doorlatende natuurlijke kleilaag en beneden de gemiddelde laagwater stand van NAP +/- 1,35m.
- Indien men op NAP +/-2,0 meter precies in de kleilaag blijft te zitten, dan zal er worden doorgeboord tot vlak onder de kleilaag, zodat de sensor alsnog in het zandpakket kan worden geplaatst.
- WSM nummer 4 wordt op het buitentalud (locatie 85-0-4) op een diepte van -3.5m NAP geplaatst. Dit mede op basis van informatie uit de diepe sonderingen (uitgevoerd door Fugro op 5 augustus 2013) en in nader overleg met W+B. Met deze sensorpositie kan de lineaire opbouw van waterspanning ten opzichte van diepte in het zandpakket geverifieerd worden. Deze sensor zal middels in een separaat boorgat geplaatst worden. Dit betekent dat er in de uitvoering van dit installatieplan in totaal 4 machinale boringen met boorrups gemaakt dienen te worden.

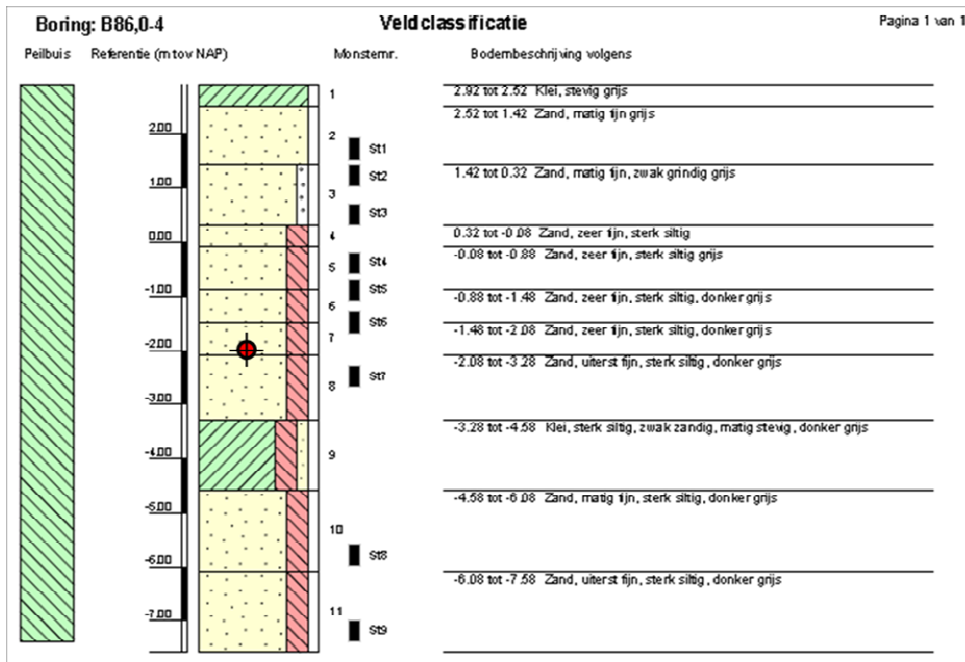
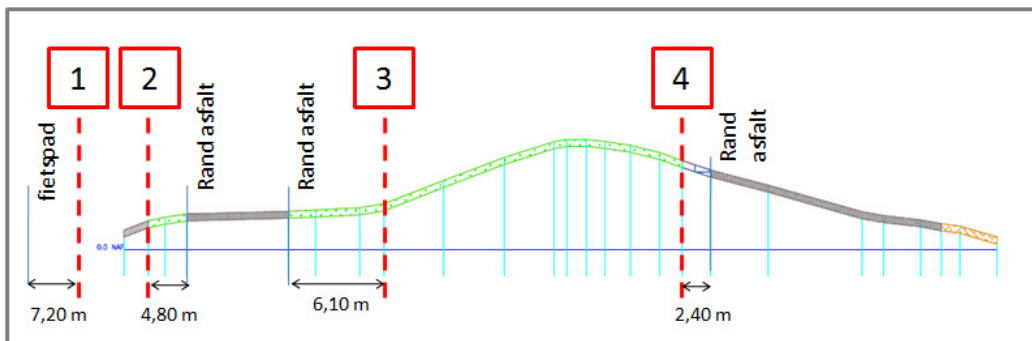
Nr	Locatie	Maaiveld in m NAP	Grondlaag	WSM diepte t.o.v. NAP	WSM diepte t.o.v. maaiveld
M85-0-1	Op deze oorspronkelijk geplande locatie in het achterland kan niet worden geplaatst.				
M85-0-2	Landzijde wegdek	1.81	Zand	- 2m	-3.81m
M85-0-3	Binnen talud	3.35	Zand	- 2m	-5.35m
M85-0-4	Buiten talud vlak boven asfalt dek	6.59	Zand	- 2m	-8.59m
M85-0-4b	Buiten talud vlak boven asfalt dek	6.59	Zand	-3.5m	-10.09m



Profiel KM 86,0 (4 WSM's)

- Alle vier (4) WSMs worden op NAP +/- 2,0 meter geplaatst. Dit is boven de eerste slecht doorlatende natuurlijke kleilaag welke begint rond NAP +/- 3,0 m op deze raai (zie ook onderstaande boorstaat). Daarnaast ligt de plaatsinglocatie beneden de gemiddelde laagwater stand van NAP +/- 1,35m.
- Indien men op NAP +/-2,0 meter precies in de kleilaag blijkt te zitten, dan zal er worden doorgeboord tot vlak onder de kleilaag, zodat de sensor alsnog in het zandpakket kan worden geplaatst.

Nr	Locatie	Maaiveld in m NAP	Grondlaag	WSM diepte t.o.v. NAP	WSM diepte t.o.v. maaiveld
M86-0-1	Vlak bij insteek sloot talud	0.01	Zand	- 2m	-2.01m
M86-0-2	Landzijde wegdek	1.47	Zand	- 2m	-3.47m
M86-0-3	Binnen talud	3.13	Zand	- 2m	-5.13m
M86-0-4	Buiten talud vlak boven asfalt dek	6.43	Zand	- 2m	-8.43m

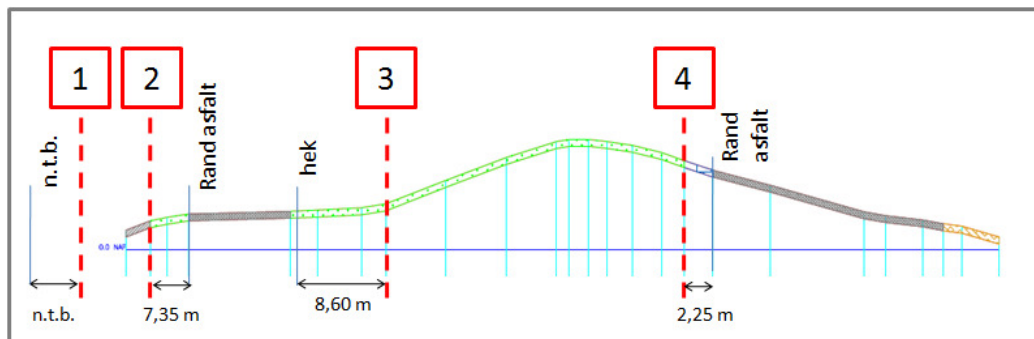


Profiel KM 87,0 (4 WSM's)

- Alle vier (4) WSMs worden op NAP +/- 2,0 meter geplaatst. Dit is naar verwachting boven de eerste slecht doorlatende natuurlijke kleilaag en beneden de gemiddelde laagwater stand van NAP +/- 1,35m.
- Indien men op NAP +/-2,0 meter precies in de kleilaag blijft te zitten, dan zal er worden doorgeboord tot vlak onder de kleilaag, zodat de sensor alsnog in het zandpakket kan worden geplaatst.

Nr	Locatie	Maaiveld in m NAP	Grondlaag	WSM diepte t.o.v. NAP	WSM diepte t.o.v. maaiveld
M87-0-1*	Vlak bij insteek sloot talud	n.t.b.	Zand	- 2m	n.t.b.
M87-0-2	Landzijde wegdek	0.93	Zand	- 2m	-2.93m
M87-0-3	Binnen talud	3.20	Zand	- 2m	-5.20m
M87-0-4	Buiten talud vlak boven asfalt dek	6.25	Zand	- 2m	-8.25m

(*) Deze positie nog te bepalen aan de hand van situatie tekening en te trekken dwarslijn haaks op de dijk. Vervolgens wordt een punt dichtbij nabij gelegen weg/fietspad in het achterland gekozen. Bij plaatsing zal dit punt worden ingemeten.



SYSTEEM BEPROEVING

Als onderdeel van LiveDijk Lauwersmeerdijk wordt het in te zetten Alert Solutions meetsysteem in een aantal stappen beproefd voorafgaand aan, bij en na installatie van de waterspanningsmeters en ModemLoggers in het veld.

(A) FAT (Factory Acceptance Testing)

Alert Solutions zal de combinatie van waterspanningsmeter met ModemLogger ('combinatie') ten minste 72 uur op test zetten en bij succesvolle test de goederen uitleveren voor installatie in het veld. Tevens zullen de waterspanningsmeters worden beproefd in een waterkolom, waarbij visuele waarneming wordt vergeleken met elektronische meting. De metingen van deze FAT worden vastgelegd en ter beoordeling gedeeld met Witteveen+Bos. De waterspanningsmeters en barometrische sensor in de ModemLoggers worden gecalibreerd bij kamertemperatuur tegen de KNMI luchtdrukmetingen en de combinaties worden inclusief calibratiewaarden vervolgens getest op (i) correcte metingen ten opzichte van het KNMI en het in lijn liggen van de metingen, (ii) op het binnenkomen van de data op gewenste frequentie en (iii) op correcte instellingen van de ModemLogger (bij 1 meting per minuut en 1 verzending per dag). Na akkoord op de FAT worden de producten vrijgegeven voor installatie in het veld.

(B) TOL (Test op Locatie) (onderdeel van de Site Acceptance Testing)

Direct voor en na installatie van de waterspanningsmeters wordt de meetwaarde met een handuitleesapparaat geregistreerd en vastgelegd. Vervolgens wordt de ModemLogger aangesloten en de data verzending geactiveerd. Door Fugro wordt per locatie de specifieke informatie zoals ID van de waterspanningsmeter, ID van de ModemLogger en de installatiediepte op papier vastgelegd. Tevens wordt foto van kabel+ModemLogger gemaakt. De aldus verkregen informatie wordt aan W+B ter beschikking gesteld. Na installatie zal W+B een check op locatie uitvoeren van de geïnstalleerde waterspanningsmeters en ModemLoggers.

(C) Duurbeproeving (onderdeel van de Site Acceptance Testing)

Gedurende twee weken na installatie van het complete meetnet wordt deze beproefd onder bedrijfsomstandigheden. De beschikbare meetgegevens over deze periode staan ter beschikking van W+B welke hierop testen uit zal voeren met de 'De Dataprofeet' (een Matlab-toolbox met diverse statistische testen om meetdata te controleren op betrouwbaarheid en kwaliteit).

Alert Solutions heeft samen met W+B reeds bovenstaande werkwijze doorgesproken en vastgesteld. Van elke fase (FAT, TOL en Duurproef) zal door W+B een kort verslag worden opgemaakt. Na uitvoering van de Duurproef wordt deze door W+B beoordeeld en zal deze na acceptatie met brief kenbaar worden gemaakt aan opdrachtgever. Alle informatie met betrekking tot FAT en SAT wordt vastgelegd in het Alert Solutions Data Panel.

GROND ONDERZOEK

Het uit te voeren grond onderzoek bestaat uit de volgende delen:

- Opmaak boorstaten voor iedere plaatsingslocatie.
- Nemen van geroerde monsters, op diepten NAP +/- 2,0 m (in totaal 12 monsters) en voor locaties 2 t/m 3 op NAP + 1,0 m (in totaal 9 monsters). Deze monsters worden door Fugro Geoservices in voorraad genomen. Desgewenst kunnen hier op een later moment (Fase 2 Lauwersmeerdijk) Areometerproeven inclusief zeping op uit worden gevoerd. Dit ter bepaling van de d70 korrelgrootte, waarvoor geldt dat 70% van de korrels kleiner is dan deze waarde.
- Uitvoeren van twee diepe sonderingen inclusief waterspanningsmetingen op de locaties KM 85,0 en 87,0 ter hoogte van locatie 2. Sonderingen uit te voeren tot 25 m +/- maaiveld. Deze zijn op 5 augustus 2013 reeds uitgevoerd en vormen mede input voor het definitief opstellen van dit installatieplan.

PLAATSEN WATERSPANNINGSMETERS

Bijgaand de afmeting van de te plaatsen waterspanningsmeters.

Uitvoeren hand- / machinale boringen

De WSM's worden in boorgaten geplaatst welke via hand- of machinale boringen worden aangebracht. Daarvoor wordt op elke locatie tot 2 meter -/- NAP geboord. Indien op deze diepte klei wordt aangetroffen, wordt doorgeboord tot de zandlaag goed is aangeboord. De sensor wordt dan direct beneden de kleilaag in de zandlaag geplaatst.

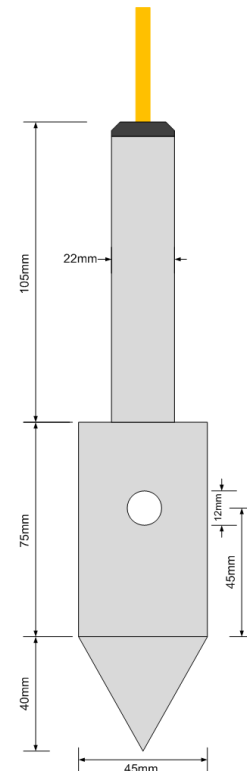
Installatie instructie WSM's

WSM's hebben een sondeerconus met buitendiameter van 45mm en het sensorelement heeft een diameter van 22 mm. WSM's worden uitgeleverd met losse filters. De filters en WSM's worden in het veld in water ondergedompeld om de meetkamer en het filter volledig te vullen, daarna worden de filters op hun plaats gebracht.

Bij plaatsing wordt rekening gehouden met de positie van de sensor ten opzichte van de punt van de sondeerconus (afstand is 85 mm tot punt, zie ook tekening). De WSM's en ModemLoggers zijn gelabeld met een uniek ID, welke direct worden toegewezen aan de meetlocaties.

Afvulling

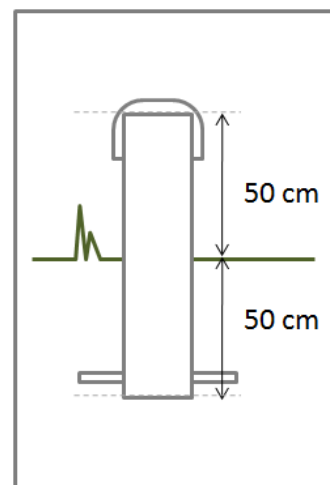
Na plaatsen van de waterspanningsmeters, worden de WSM's omstort met filtergrind tot circa 20 cm boven de sensor. Daarboven volgen bentoniet korrels tot aan maaiveld.



PLAATSEN MODEMLOGGERS

Bijgaand foto van de te plaatsen ModemLoggers en Schutkokers.

Betreft kunststof schutkokers zodat het signaal van de Modems niet word verstoord. De voorgestelde schutkokers hebben een diameter van 125 mm en een totaal lengte van 100 cm. Opzet is 50 cm ingraven en 50 cm boven maaiveld uit laten steken. De schutkokers worden met slot afgesloten om diefstal tegen te gaan. In iedere ModemLogger is een barometrische druksensor opgenomen voor registratie van de lokale luchtdruk.



BODEM OPBOUW

Op locatie is reeds deels grondonderzoek uitgevoerd door Fugro. Ondermeer het Geotechnisch onderzoek, in het kader van IJkdijk op de Lauwersmeer- en Ommelanderveedijk. Opdrachtnummer: 5012-0117-000.

Tevens zijn door Fugro in 2002 boringen uitgevoerd op locaties KM 85,0 en KM 87,0. Bij voorbereiding op installatie kan Fugro gebruik maken van deze beschikbare informatie.

WERKZAAMHEDEN INSTALLATIE

- Klic melding uit te voeren door Fugro
- Plaatsen 12 individuele WSM's
- Plaatsen van 12 schutkokers
- Plaatsen en aansluiten van 12 ModemLoggers
- Opmaak boorstaten
- In totaal 21 geroerde monsters nemen
- Uitvoeren van 2 diepe sonderingen om de grondopbouw in kaart te brengen
- Inmeten alle sensor locaties (X, Y en Z)
- Meenemen borden wegwerkzaamheden om verkeer (fietsers, brommers) te waarschuwen.

EXTERNE OMSTANDIGHEDEN / FACTOREN

- Vanuit NZV zijn er geen werkzaamheden gepland in het werkgebied.
- Definitieve keurontheffing af te stemmen met NZV (dhr P. Lalkens)
- Mogelijke invloed van meetapparatuur op instrumenten MIRAMAP nog onderling te bespreken.
- Eerst volgende schietoefening van Defensie begint op 30 september en ligt daarmee buiten de planperiode (NZV, JW Nieuwenhuizen).
- Contact met eigenaar schapen
- Afstemmen toegang tot het terrein tussen Fugro en NZV

BIJLAGE IV SPECIFICATIES WATERSPANNINGSMETER ACE-250

ACE-250 Analog Piezometer

Technical Specifications

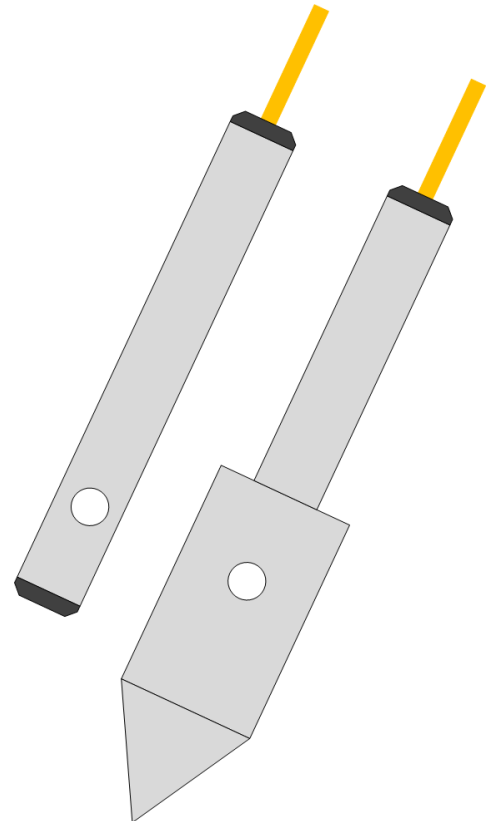
Measurement Range:	250kPa (36 psi / up to 15m H ₂ O)
Measurement Principle:	absolute w.r.t. vacuum
Max. overpressure:	4x full range (1000 kPa)
Supply Voltage (+V _{supply}):	12-28 V
Output signal (V _{out}):	0-10 V
Sensitivity:	40mV/kPa (276mV/psi)
Resolution (noise level):	0,004%FS (0,01kPa / 1mm H ₂ O)
Offset Accuracy:	0,02%FS (0,05kPa / 5 mm H ₂ O)
Temperature compensation:	internal
Compensation range:	0 ... 85 °C
Storage/operating temp:	-20 ... 100 °C

Mechanical Characteristics

Sensor Enclosure:	stainless steel (316L), diameter 22 mm
Push-rig Cone:	tool steel, std diameter 45 mm
Potting:	polyurethane (PUR) epoxy
Cable:	3-wire, PUR jacket, diameter 5 mm
Cable Length:	15 meter
Filter Element:	hydrophilic polyethylene
Protection Class:	IP68
Sensor Weight:	200 grams (1075 grams with cone)

Options

Custom cable lengths
Extended pressure range to 700kPa (up to 60m H₂O)
Custom design of push-rig / sounding cone, incl. screw threads
Water level and air pressure (barometer) versions



Guidelines for Operation

Wiring:

Color	Function	Symbol	Range
Red	Supply Voltage	+V _{supply}	12 – 28 V
White	Sensor Signal	V _{out}	0 – 10 V
Black	Ground	GND	-

Electrical characteristics:

Sensor settling time:	250 msec
Operating current:	6 - 10 mA (7mA typical)
Output impedance:	10 Ω
Recommended output load:	≥ 47 kΩ

Pressure Conversion Formula:

$$\text{Pressure [kPa]} = 25 * V_{\text{out}} [\text{V}] + 10 + C_{\text{offset}}$$

Every piezometer will be accompanied by its own calibration document stating the coefficient C_{offset} .

Conversion to other pressure units:

$$1,00 \text{ kPa} = 10,0 \text{ mbar} = 10,2 \text{ cm H}_2\text{O} (@ 4 ^\circ\text{C}) = 7,50 \text{ mm Hg} = 0,145 \text{ psi}$$

Compensating for air pressure variation:

To determine the pore water pressure in soil layers the current air pressure will need to be subtracted from the measurement of absolute underground pressure.

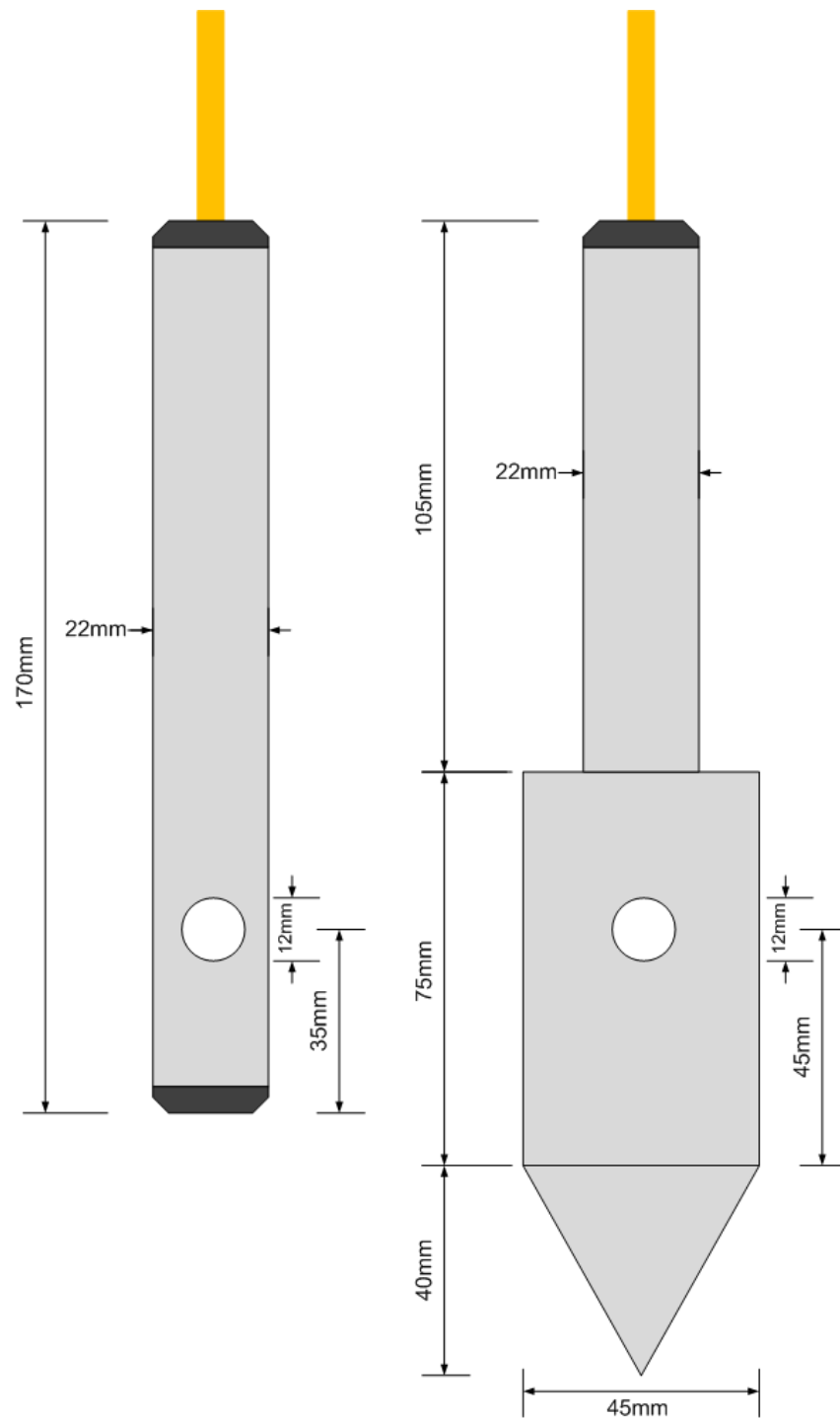
For this purpose, Alert Solutions can deliver separate air pressure sensors or Readers and Loggers with integrated air pressure compensation.

Filter Element:

The filter element is made from porous hydrophilic polyethylene. The filter will fully saturate itself when in contact with water, even after repeated drying out.

No specific preparation of the filter element is required, although it is recommended to submerge the element in water or silicon oil before installation.

Mechanical Dimensions



The ACE-250 Piezometer is designed and manufactured in The Netherlands.

© Alert Solutions BV, The Netherlands, 2011. All rights reserved.

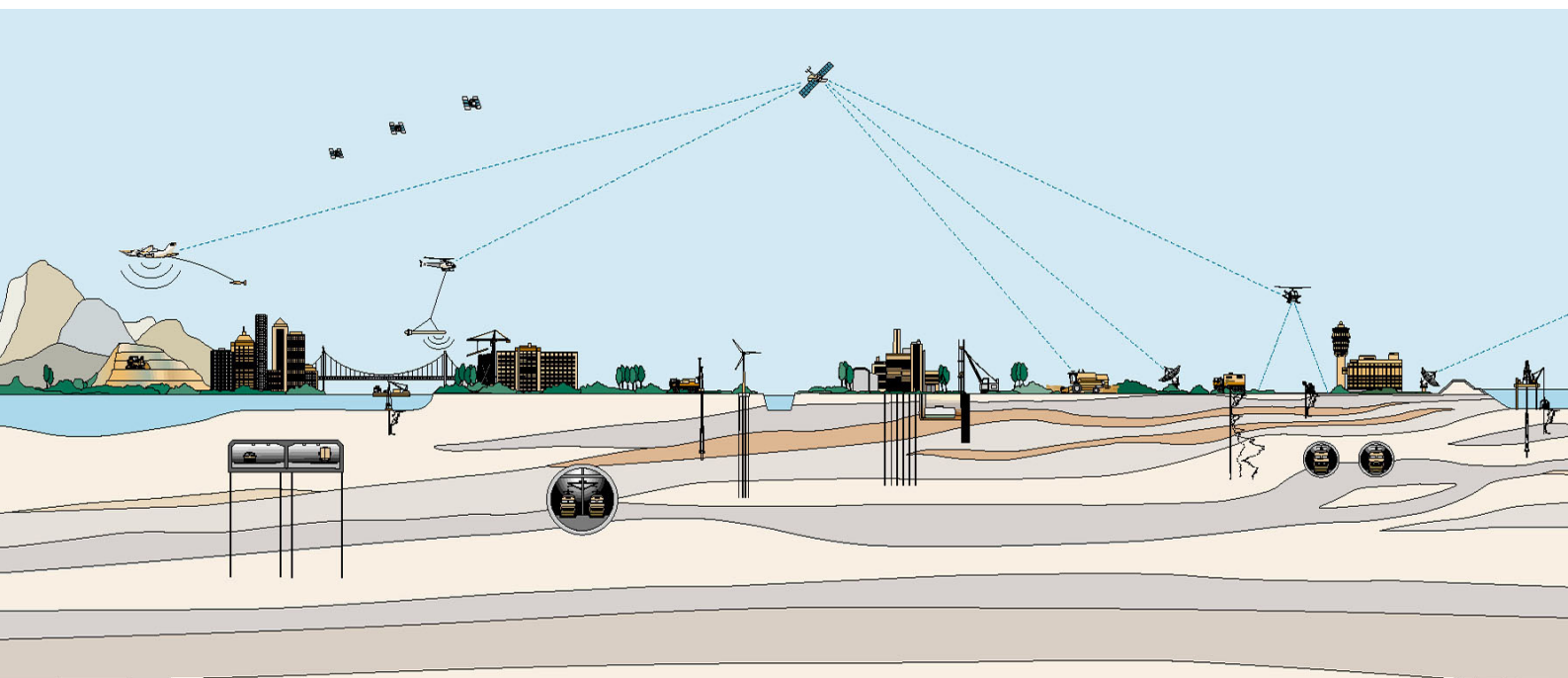
BIJLAGE V INSTALLATIERAPPORT VAN FUGRO GEOSERVICES

RAPPORTAGE

GEOTECHNISCH VELDWERK
betreffende

**INSTALLATIE ALERT SOLUTIONS
MONITORINGSSYSTEEM
LAUWERSMEERDIJK
TE LAUWERSOOG**

Ondrachtnummer: 5012-0117-011



RAPPORTAGE
GEOTECHNISCH VELDWERK
betreffende
**INSTALLATIE ALERT SOLUTIONS
MONITORINGSSYSTEEM
LAUWERSMEERDIJK
TE LAUWERSOOG**

Opdrachtnummer: 5012-0117-011

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	26 september 2013		JBH

FILE: 5012-0117-011_21.KRV01.doc

RAPPORTAGE GEOTECHNISCH VELDWERK

Project	Installatie Alert Solutions monitoringssysteem Lauwersmeerdijk te Lauwersoog	Opdrachtnummer	5012-0117-011
Opdrachtgever	Alert Solutions B.V. Molengraaffsingel 12-14 2629 JD DELFT	Datum rapportage	26 september 2013
		Uitvoeringsperiode	augustus & september 2013
Opgesteld door	J. Nikkels		
Gecontroleerd door	ing. J.B. Heikes		
Projectleider	ing. J.B. Heikes		
Documentnaam	5012-0117-011_21.KR01.doc		

Deze rapportage bevat de resultaten van het geotechnisch veldwerk dat ten behoeve van bovengenoemd project door Fugro GeoServices B.V. is uitgevoerd. De gerapporteerde resultaten van dit onderzoek mogen slechts worden gehanteerd voor het doel zoals in de opdracht is beschreven.

Inhoudsopgave:

- Dijkpaal KM 85;
 - Situatiekening: Bijlage 1.1
 - Sondering: DKMP85
 - Handboringen: 85-02 & 85-03
 - Boringen: 85-04 & 85-04B
- Dijkpaal KM 86;
 - Situatiekening: Bijlage 1.2
 - Handboringen: 86-01 t/m 86-03
 - Boring: 86-04
- Dijkpaal KM 87;
 - Situatiekening: Bijlage 1.3
 - Sondering: DKMP87
 - Handboringen: 87-01 t/m 87-03
 - Boring: 87-04
- Continu Elektrisch Sonderen;
- Legenda Terreinproeven en Grondsoorten.

1. GEOTECHNISCH VELDWERK

Het geotechnisch veldwerk voor dit project heeft bestaan uit:

- 2 sonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand en met meting van de waterspanning (DKMP);
- Het plaatsen van waterspanningssensoren door middel van 4 mechanische boringen en 8 handboringen.

Voor een verklaring van de op de situatietekeningen gebruikte tekens en symbolen wordt verwezen naar de bijlage "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten".

2. COORDINATEN EN HOOGTE VAN ONDERZOEKSPUNTEN

De hoogte en de coördinaten van de onderzoekslocaties zijn bepaald in NAP en RD. De maximale afwijking van de meting van de coördinaten bedraagt 10 cm, de maximale afwijking van de meting van de hoogte bedraagt 5 cm.

De maximale afwijking in de plaatsingshoogte van de waterspanningssensoren bedraagt circa 7 cm, dit in verband met de gekozen plaatsingstechniek conform het installatieplan 'InstallatiePlan_ASBV_LMD_v04_def' (d.d. 26-08-2013).

De bijgevoegde situatietekeningen, bijlage 1.1 t/m bijlage 1.3, zijn gebruikt voor het aangeven van de onderzoekslocaties.

De hoogtebepaling van de onderzoekslocaties is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw te refereren aan een vaste referentiehoogte. Deze gegevens zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

3. SONDEREN

Het sonderen is uitgevoerd conform de vigerende richtlijnen en de NEN-EN-ISO 22476-1. Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage "Continu Elektrisch Sonderen".

Wanneer de sonderingen gebruikt worden voor de toetsing van geotechnische constructies dient de aard en omvang van het grondonderzoek te voldoen aan 3.2.3 van NEN 9997-1.

4. BOREN

Het mechanisch boorwerk is verbuisd uitgevoerd, waarbij de grond uit de buis is verwijderd met behulp van een puls (niet cohesieve gronden, zand, grind) en/of een avegaarboor (cohesieve gronden, klei, veen).

Een deel van het boorwerk is handmatig uitgevoerd. Bij het handboren wordt doorgaans gebruik gemaakt van een edelmannboor (cohesieve gronden, klei, veen) en een handpuls (niet cohesieve grond, zand).

De werkzaamheden zijn uitgevoerd conform de NEN-EN-ISO 22475-1.

Tijdens het boren zijn geroerde monsters genomen en in het veld geclassificeerd. Als er laboratoriumonderzoek volgt na het veldwerk, worden in het laboratorium de monsters extra gedetailleerd geclassificeerd. Bij eventuele verschillen tussen de veld- en laboratoriumclassificatie, is de laboratoriumclassificatie bepalend. De classificatie van de grond is uitgevoerd conform NEN 5140.

5. WATERSPANNINGSMETER

In totaal zijn er 12 waterspanningssensoren geplaatst. Op basis van de sondeerresultaten zijn de dieptes van de waterspanningssensoren bepaald. Voor een verdere beschrijving van de plaatsing van de waterspanningssensoren wordt verwezen naar het installatierapport van Alert Solutions B.V. Project LiveDijk XL Lauwersmeerdijk (d.d. 23-09-2013).

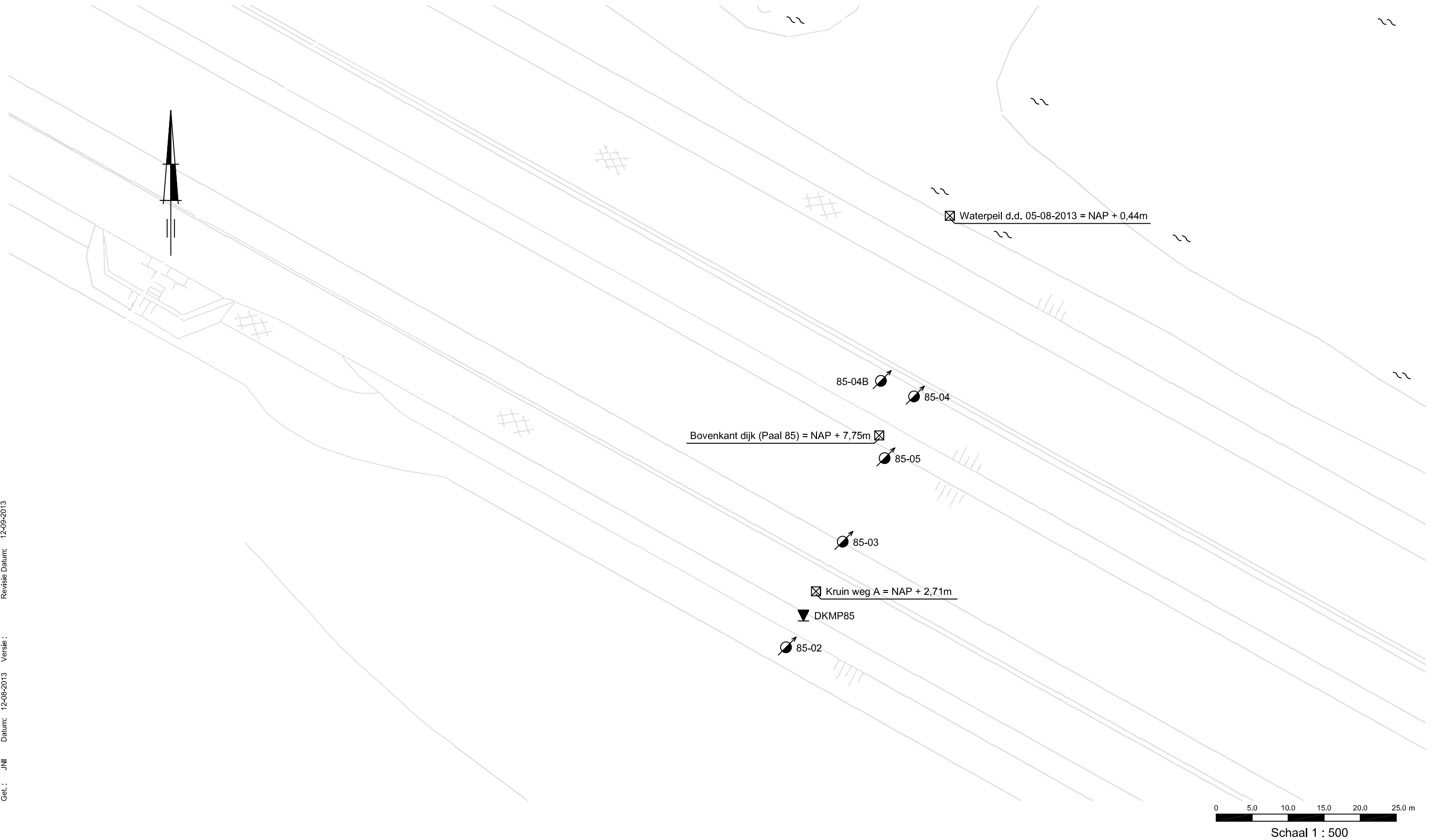
6. (GROND)WATERSTAND

Het peil van een nabijgelegen open water is gedurende het grondonderzoek bepaald en is vermeld op situatietekening bijlage 1.1. Deze waterstand is een eenmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven.

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek zijn de grondwaterstanden in het boorgaten van 87-01 en 87-04 aangetroffen op respectievelijk 1,7 m tot 6,5 m beneden maaiveld, hetgeen overeenkomt met circa NAP – 1,5 m en NAP – 0,3 m. Deze grondwaterstanden zijn eenmalige opnames en bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.

7. KWALITEITSBORGING

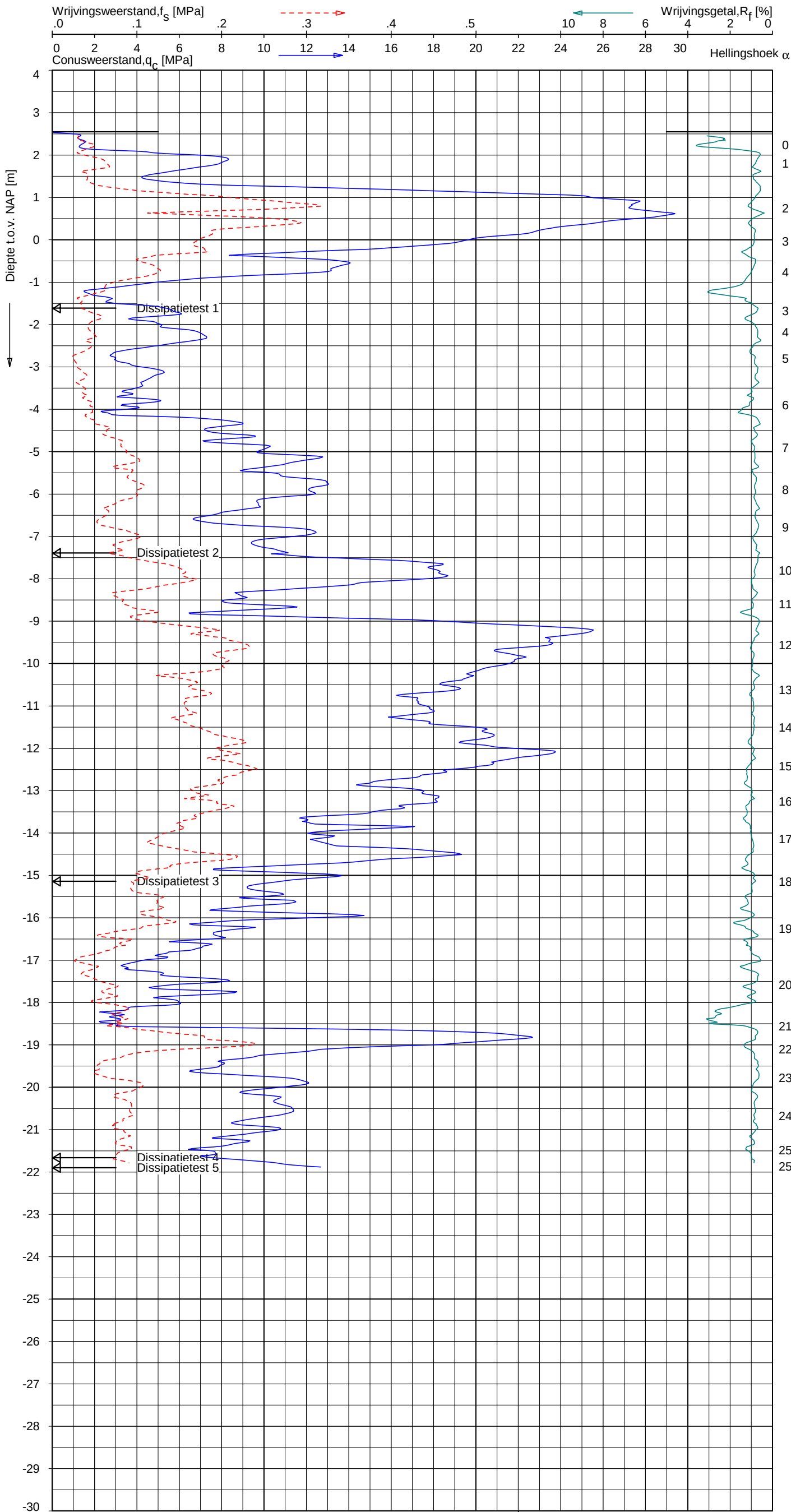
Alle werkzaamheden zijn verricht in overeenstemming met het managementsysteem van Fugro GeoServices B.V. dat voldoet aan de NEN-ISO 9001:2008 en VCA ** 2008/05.



UNIPLOT 05.22.nl / QcFClass-N3.cmd / 2013-08-12 15:03:17

5012-0117-011

DKMP85 - 1



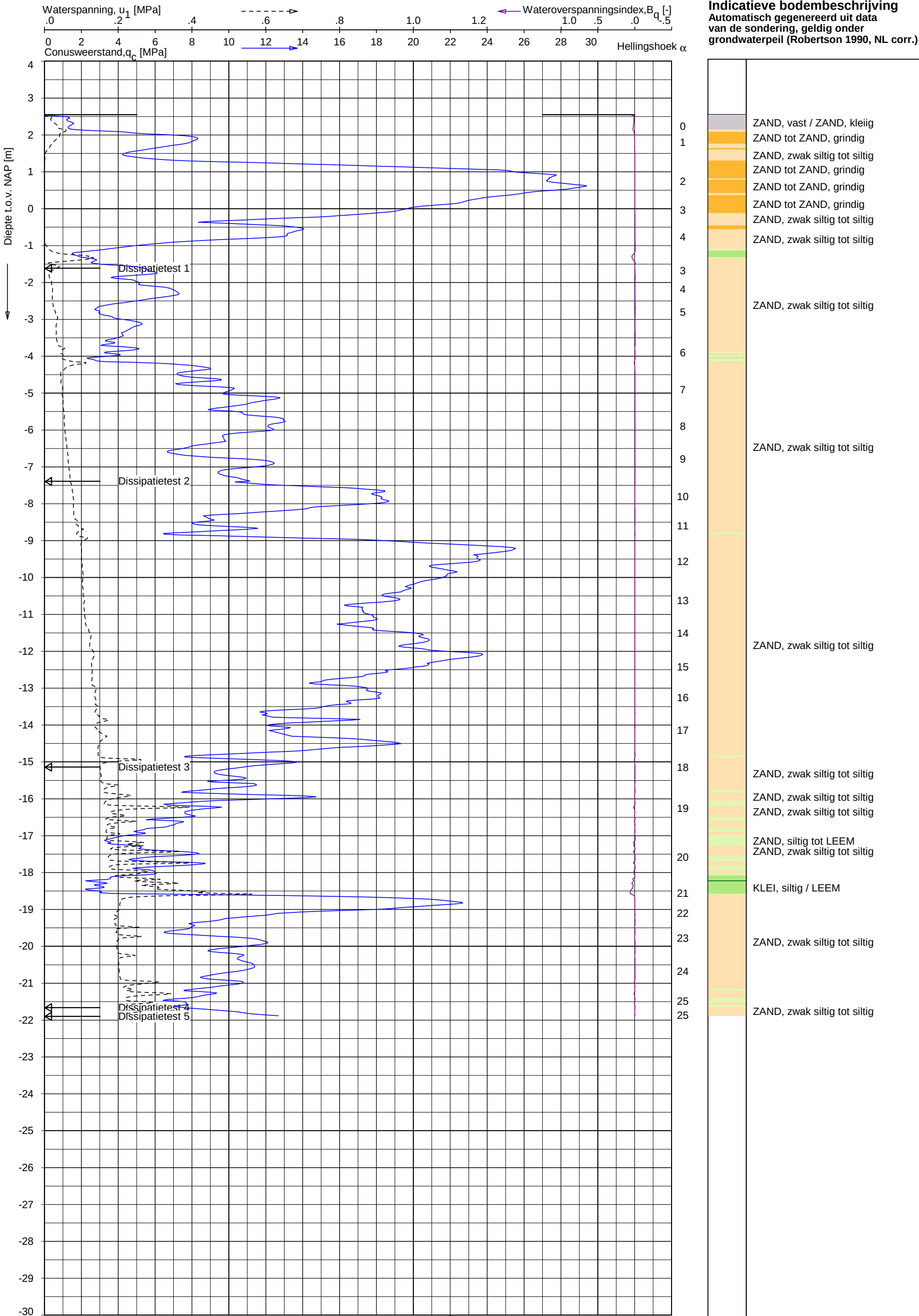
Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data
van de sondering, geldig onder
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



UNIPLOT 05.22.nl / QcUIClass-N3.cmd / 2013-08-12 15:02:42

5012-0117-011

DKMP85 - 1



Opg. : JP d.d. 05-aug-2013 Coord.: X=213895.5 m Y= 602900.6 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1

Get. : NIKKELSJ d.d. 12-aug-2013 MV = NAP +2.55 m Conus: F7.5CKE2HAW₁/B P1 1701-2570 Toepassingsklasse 3. Test type TE1

Conustype: $A_c = 1500 \text{ mm}^2$; $A_s = 19956 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING
INSTALLATIE ALERT SOLUTIONS MONITORINGSSYSTEEM LAUWERSMEERDIJK
TE LAUWERSOOG

Opdr. 5012-0117-011
Sond. DKMP85



Boring: 85-02

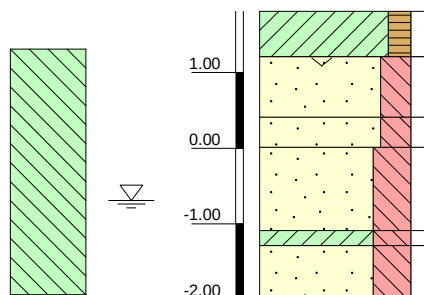
Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Afdichting Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



1
2
3
4
5
6

1.81 tot 1.21 Klei, matig humeus, matig stevig, donker grijs

1.21 tot 0.41 Zand, uiterst fijn, sterk siltig, resten schelpen grijs

0.41 tot 0.01 Zand, uiterst fijn, sterk siltig grijs

0.01 tot -1.09 Zand, uiterst fijn, uiterst siltig, donker grijs

-1.09 tot -1.29 Klei, uiterst siltig, slap, donker grijs

-1.29 tot -2.00 Zand, uiterst fijn, uiterst siltig, donker grijs

Algemene opmerking: Hart waterspanningsmeter geplaatst op 3,81 m minus maaiveld hetgeen overeenkomt met NAP - 2,00 m
[ID Waterspanningsmeter : AS463]

X: 213893.0

GWS (m tov NAP): -0.69

MV (m tov NAP): 1.81

bk PB1 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 02-09-2013

Y: 602896.1

GHG (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

Boormeester: ab

Coördinatenstelsel: RD

GLG (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

Geclassificeerd door: ab

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

Installatie Alert Solutions monitoringssysteem Lauwersmeerdijk te Lauwersoog

5012-0117-011

Boring: 85-03

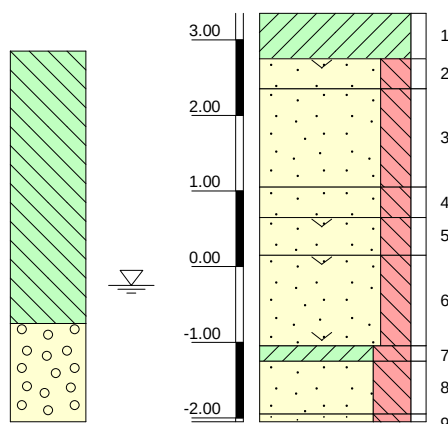
Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Afdichting Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



1
2
3
4
5
6
7
8
9

3.35 tot 2.75	Klei, stevig bruin
2.75 tot 2.35	Zand, matig fijn, sterk siltig, resten schelpen grijs
2.35 tot 1.05	Zand, matig fijn, sterk siltig grijs
1.05 tot 0.65	Zand, matig fijn, sterk siltig grijs
0.65 tot 0.15	Zand, matig fijn, sterk siltig, lenzen schelpen grijs
0.15 tot -1.05	Zand, matig fijn, sterk siltig, sporen schelpen, donker grijs
-1.05 tot -1.25	Klei, uiterst siltig, slap, donker grijs
-1.25 tot -1.95	Zand, uiterst fijn, uiterst siltig, donker grijs
-1.95 tot -2.05	Zand, uiterst fijn, uiterst siltig, donker grijs

Algemene opmerking: Hart waterspanningsmeter geplaatst op 5,35 m minus maaiveld hetgeen overeenkomt met NAP - 2,00 m
[ID Waterspanningsmeter : AS464]

X: 213900.9	GWS (m tov NAP): -0.25	MV (m tov NAP): 3.35	Boorvloeistof:	Datum uitvoering: 05-09-2013
Y: 602910.8	GHG (m tov NAP):	bk PB1 (m tov NAP):	WS PB1 (m tov NAP):	Boormeester: ab
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bk PB2 (m tov NAP):	WS PB2 (m tov NAP):	Geclassificeerd door: ab
		bk PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

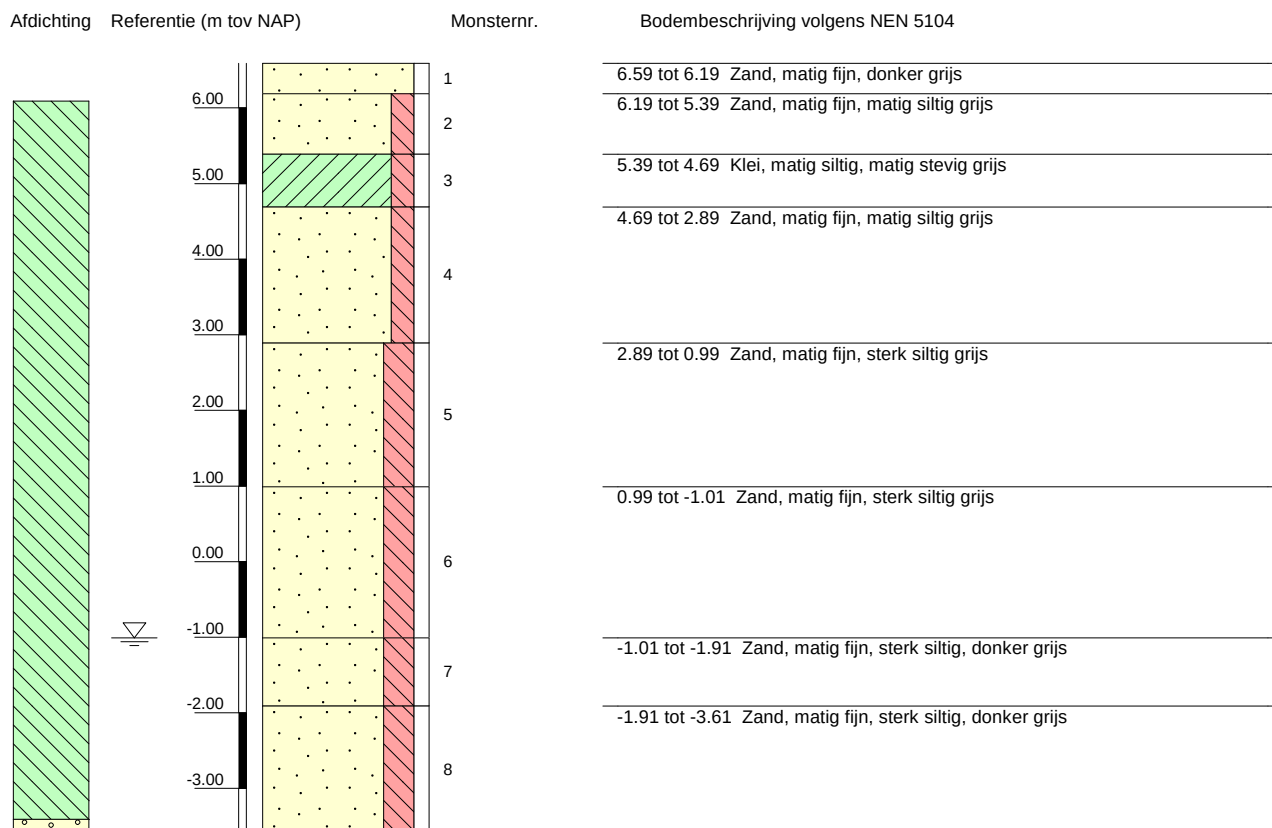
Installatie Alert Solutions monitoringssysteem Lauwersmeerdijk te Lauwersoog

5012-0117-011

Boring: 85-04

Veldclassificatie

Pagina 1 van 1



Algemene opmerking: Hart waterspanningsmeter geplaatst op 8,59 m minus maaiveld hetgeen overeenkomt met NAP - 2,00m
[ID Waterspanningsmeter : AS465]

X: 213910.8	GWS (m tov NAP): -1.01	MV (m tov NAP): 6.59	Boorloeistof:	Datum uitvoering: 02-09-2013
Y: 602930.9	GHG (m tov NAP):	bk PB1 (m tov NAP):	WS PB1 (m tov NAP):	Boormeester: ab
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bk PB2 (m tov NAP):	WS PB2 (m tov NAP):	Geclassificeerd door: ab
		bk PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

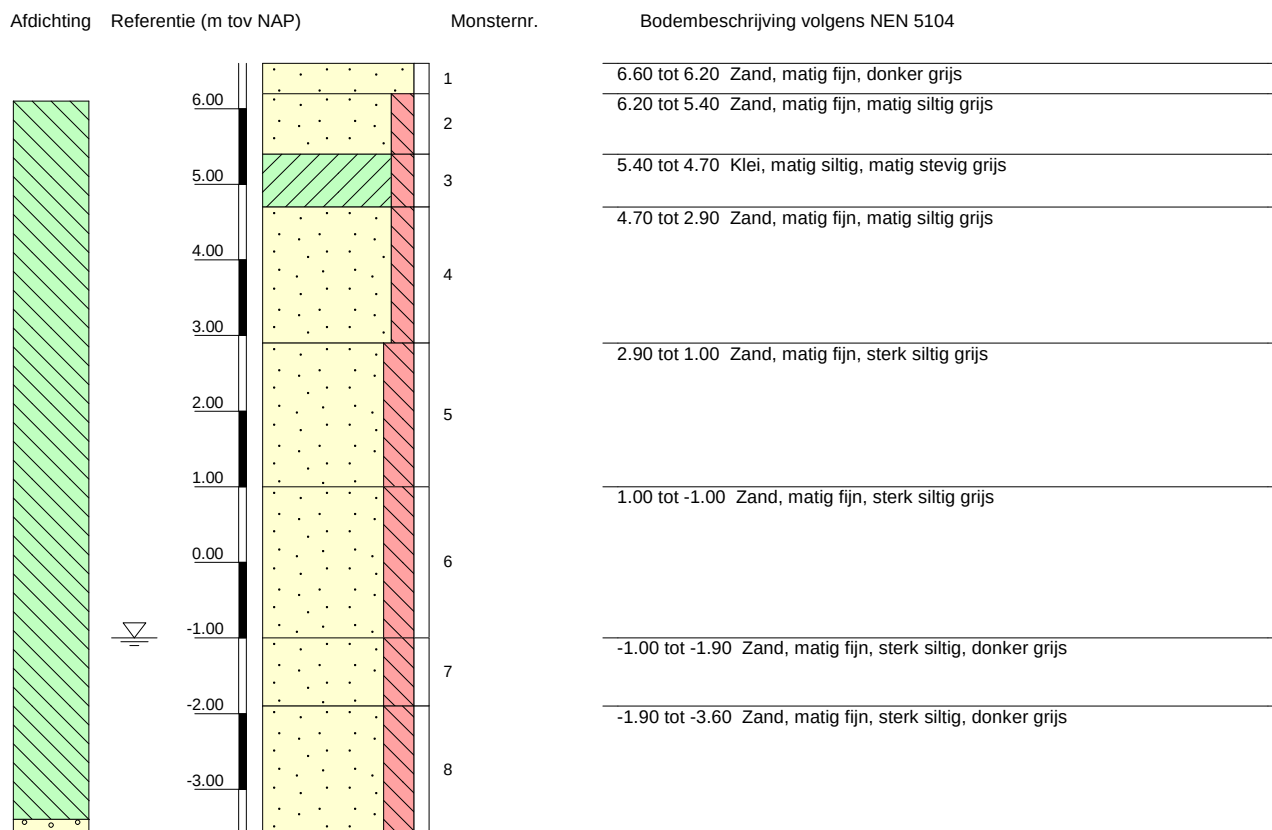
Installatie Alert Solutions monitoringssysteem Lauwersmeerdijk te Lauwersoog

5012-0117-011

Boring: 85-04B

Veldclassificatie

Pagina 1 van 1



Algemene opmerking: Hart waterspanningsmeter geplaatst op 10,41 m minus maaiveld hetgeen overeenkomt met NAP - 3,81m
[ID Waterspanningsmeter : AS466]

X: 213906.2	GWS (m tov NAP): -1.00	MV (m tov NAP): 6.60	Boorloeistof:	
Y: 602933.1	GHG (m tov NAP):	bk PB1 (m tov NAP):	WS PB1 (m tov NAP):	Datum uitvoering: 03-09-2013
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bk PB2 (m tov NAP):	WS PB2 (m tov NAP):	Boormeester: ab
		bk PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	Geclassificeerd door: ab

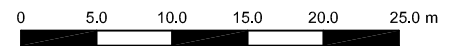
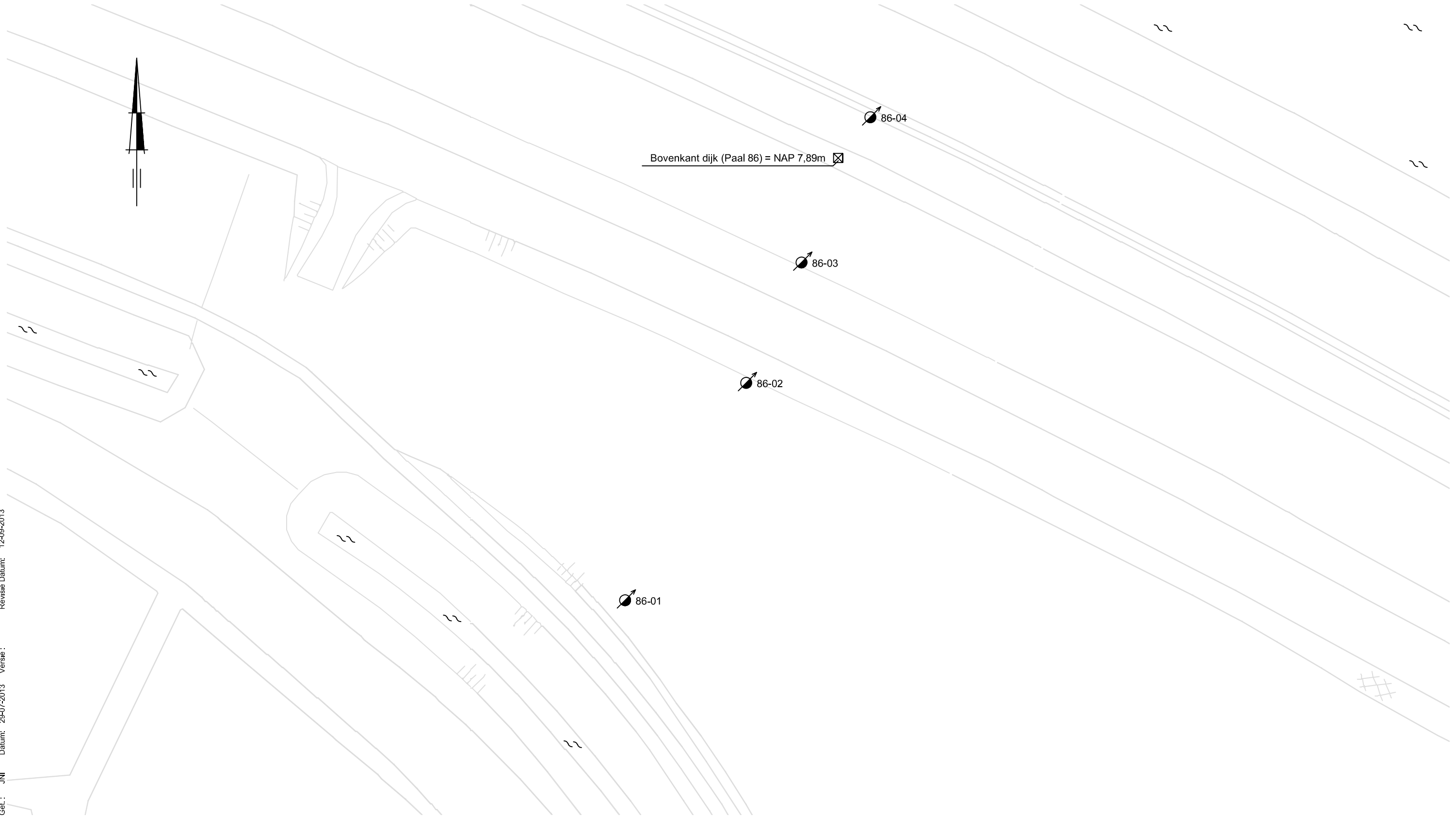
BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

Installatie Alert Solutions monitoringssysteem Lauwersmeerdijk te Lauwersoog

5012-0117-011

P:\50\5012-0117-011\21_Uitvoering_terrainonderzoek\10_Basisgegevens\5012-0117-011.dwg
Get.: JNL Datum: 29-07-2013 Versie: 12-09-2013



Schaal 1 : 500

SITUATIE
INSTALLATIE ALERT SOLUTIONS MONITORINGSSYSTEEM
LAUWERSMEERDIJK TE LAUWERSOOG

Opdr. : 5012-0117-011
Bijl. : 1.2

Boring: 86-01

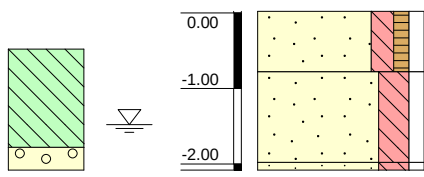
Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Afdichting Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



0.02 tot -0.78 Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, roest grijs

-0.78 tot -1.98 Zand, matig fijn, sterk siltig, donker grijs

-1.98 tot -2.08 Zand, matig fijn, sterk siltig, donker grijs

Algemene opmerking: Hart waterspanningsmeter geplaatst op 2,10 m minus maaiveld hetgeen overeenkomt met NAP - 2,08m
[ID Waterspanningsmeter : AS467]

X: 213002.1	GWS (m tov NAP): -1.48	MV (m tov NAP): 0.02	Boorvloeistof:	Datum uitvoering: 05-09-2013
Y: 603349.4	GHG (m tov NAP):	bK PB1 (m tov NAP):	WS PB1 (m tov NAP):	Boormeester: ab
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bK PB2 (m tov NAP):	WS PB2 (m tov NAP):	Geclassificeerd door: ab
		bK PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

Installatie Alert Solutions monitoringssysteem Lauwersmeerdijk te Lauwersoog

5012-0117-011

Boring: 86-02

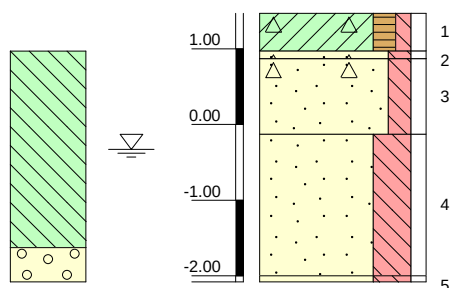
Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Afdichting Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



1.47 tot 0.97 Klei, zwak siltig, matig humeus, stevig, sporen puin grijs

0.97 tot 0.87 Zand, matig fijn, matig siltig, sporen puin grijs
0.87 tot -0.13 Zand, matig fijn, matig siltig, sporen puin grijs

-0.13 tot -2.00 Zand, matig fijn, uiterst siltig, donker grijs

-2.00 tot -2.08 Zand, uiterst fijn, uiterst siltig, donker grijs

Algemene opmerking: Hart waterspanningsmeter geplaatst op 3,47 m minus maaiveld hetgeen overeenkomt met NAP - 2,00 m
[ID Waterspanningsmeter : AS468]

X: 213018.6	GWS (m tov NAP): -0.33	MV (m tov NAP): 1.47	Boorvloestof:	Datum uitvoering: 05-09-2013
Y: 603379.0	GHG (m tov NAP):	bk PB1 (m tov NAP):	WS PB1 (m tov NAP):	Boormeester: ab
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bk PB2 (m tov NAP):	WS PB2 (m tov NAP):	Geclassificeerd door: ab
		bk PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

Installatie Alert Solutions monitoringssysteem Lauwersmeerdijk te Lauwersoog

5012-0117-011

Boring: 86-03

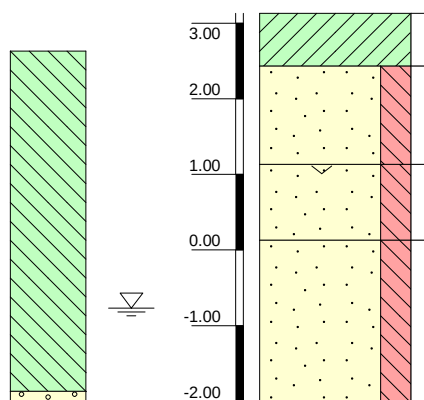
Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Afdichting Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



3.13 tot 2.43 Klei, stevig grijs

2.43 tot 1.13 Zand, uiterst fijn, sterk siltig grijs

1.13 tot 0.13 Zand, uiterst fijn, sterk siltig, sporen schelpen grijs

0.13 tot -2.07 Zand, matig fijn, sterk siltig, donker grijs

Algemene opmerking: Hart waterspanningsmeter geplaatst op 5,33 m minus maaiveld hetgeen overeenkomt met NAP - 2,20 m
[ID Waterspanningsmeter : AS469]

X: 213026.1

GWS (m tov NAP): -0.77

MV (m tov NAP): 3.13

bk PB1 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 05-09-2013

Y: 603395.4

GHG (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

Boormeester: ab

Coördinatenstelsel: RD

GLG (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

Geclassificeerd door: ab

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

Installatie Alert Solutions monitoringssysteem Lauwersmeerdijk te Lauwersoog

5012-0117-011

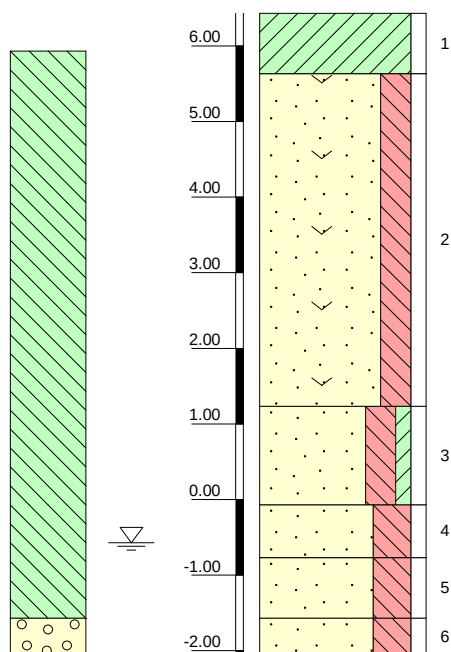
Boring: 86-04
Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Afdichting Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



6.43 tot 5.63 Klei, matig stevig, donker grijs

5.63 tot 1.23 Zand, matig fijn, sterk siltig, sporen schelpen grijs

1.23 tot -0.07 Zand, matig fijn, sterk siltig, zwak kleilig, lenzen klei grijs

-0.07 tot -0.77 Zand, matig fijn, uiterst siltig grijs

-0.77 tot -1.57 Zand, zeer fijn, uiterst siltig, donker grijs

-1.57 tot -2.07 Zand, matig fijn, uiterst siltig, donker grijs

Algemene opmerking: Hart waterspanningsmeter geplaatst op 8,50 m minus maaiveld hetgeen overeenkomt met NAP - 2,07m
[ID Waterspanningsmeter : AS442]

X: 213035.5

GWS (m tov NAP): -0.57

MV (m tov NAP): 6.43

bk PB1 (m tov NAP):

Boorloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 02-09-2013

Y: 603415.2

GHG (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

Boormeester: ab

Coördinatenstelsel: RD

GLG (m tov NAP):

bk PB3 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

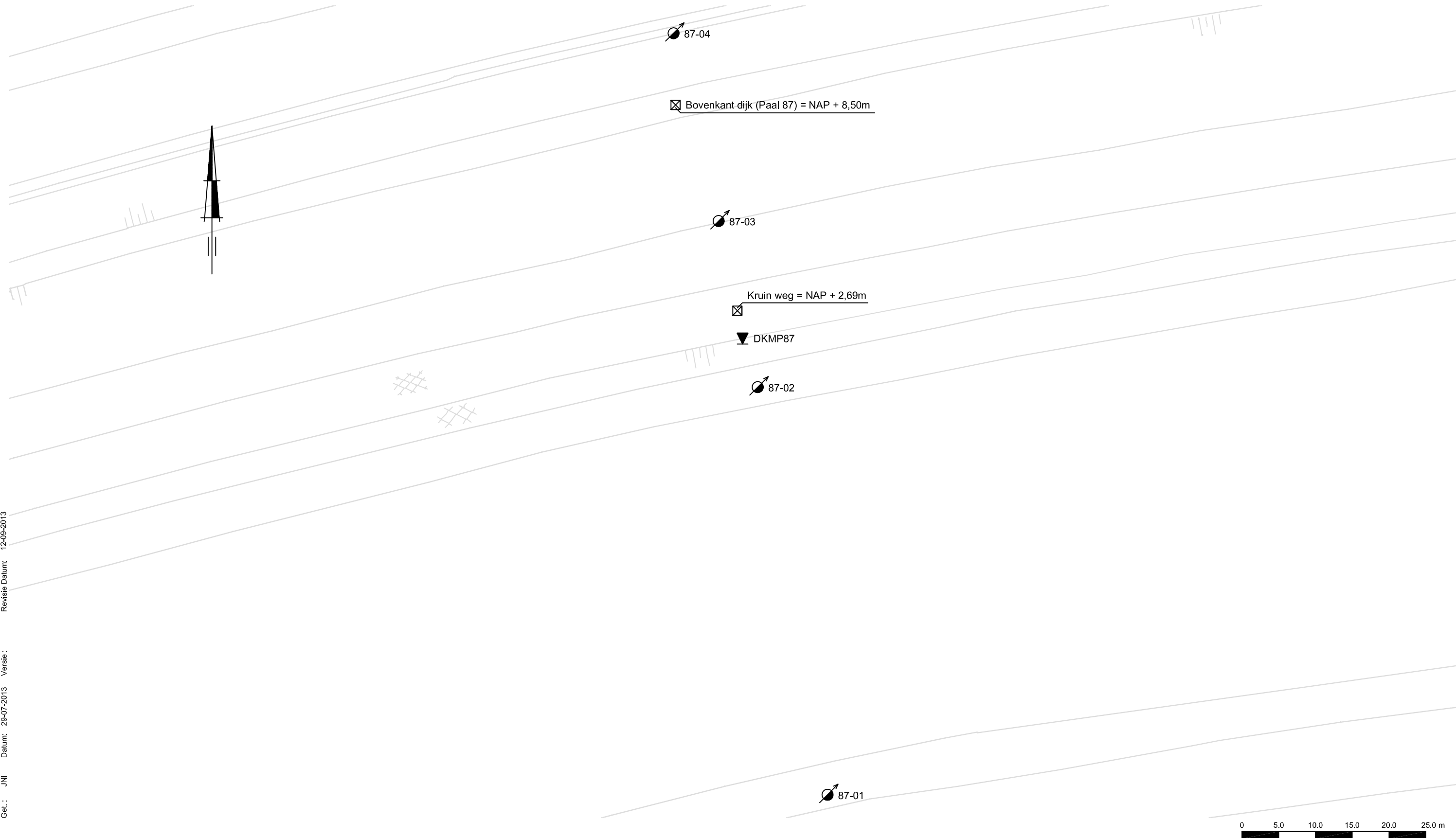
Geclassificeerd door: ab

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

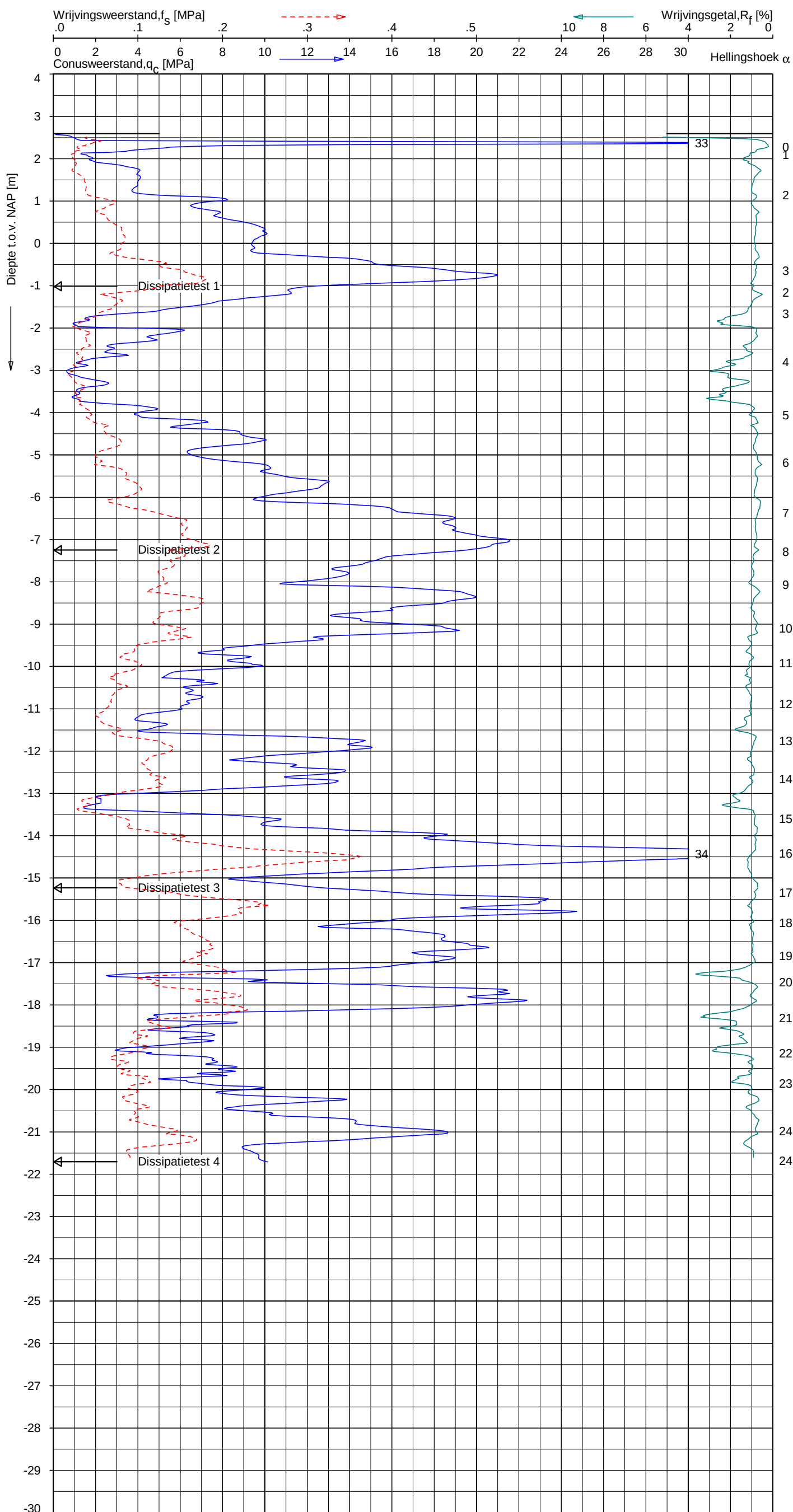
Installatie Alert Solutions monitoringssysteem Lauwersmeerdijk te Lauwersoog

5012-0117-011

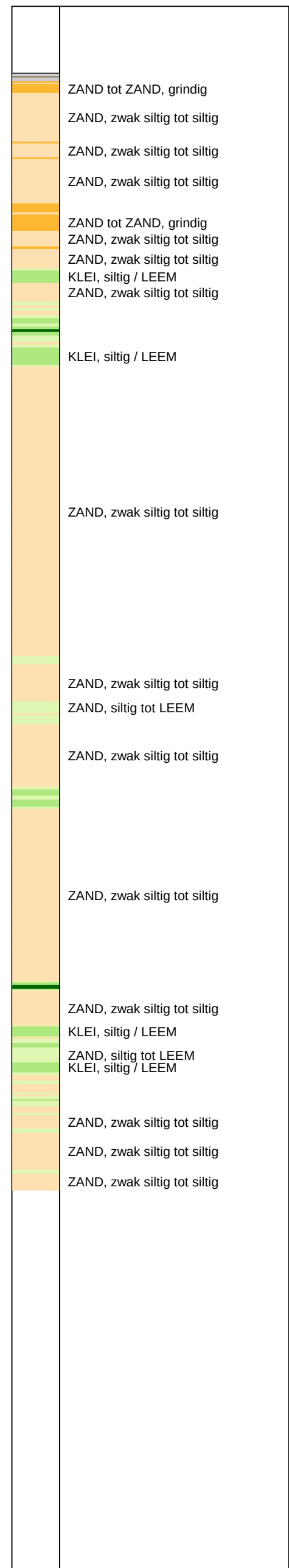


SITUATIE
INSTALLATIE ALERT SOLUTIONS MONITORINGSSYSTEEM
LAUWERSMEERDIJK TE LAUWERSOOG

Opdr. : 5012-0117-011
Bijl. : 1.3



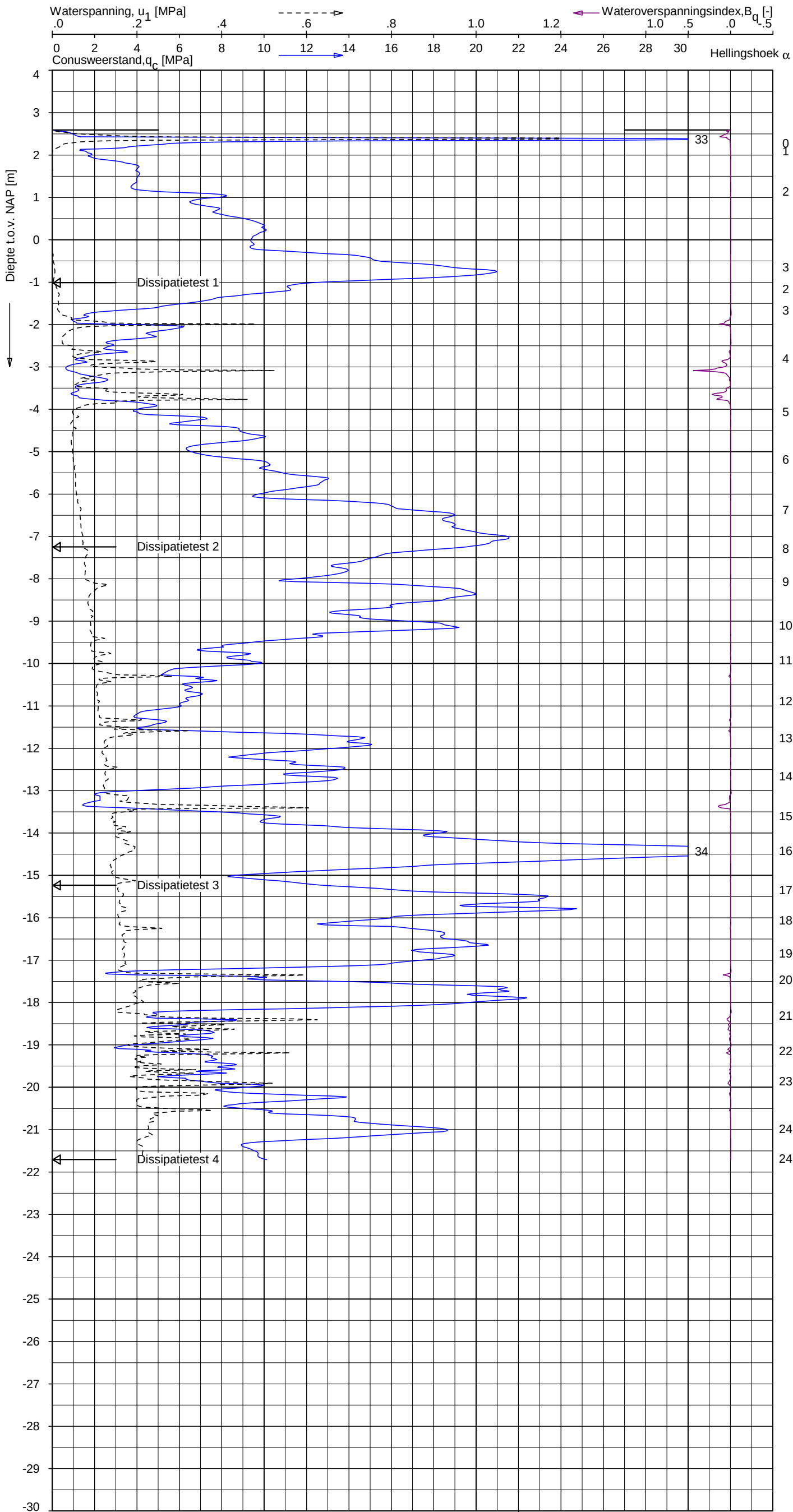
Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data
van de sondering, geldig onder
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



UNIPLOT 05.22.nl / QcUClass-N3.cmd / 2013-08-12 15:02:45

5012-0117-011

DKMP87 - 1



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data
van de sondering, geldig onder
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Boring: 87-01

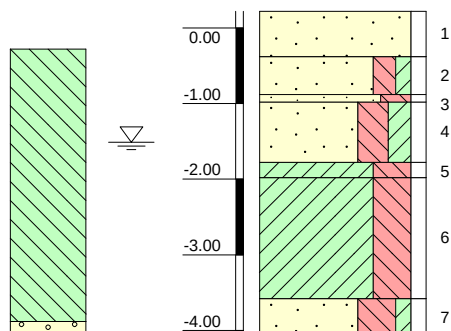
Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Afdichting Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



0.22 tot -0.38	Zand, uiterst fijn grijs
-0.38 tot -0.88	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak kleilig, insluitingen klei grijs
-0.88 tot -0.98	Zand, matig fijn, sterk siltig, roest grijs
-0.98 tot -1.78	Zand, matig fijn, sterk siltig, matig kleilig, donker grijs
-1.78 tot -1.98	Klei, uiterst siltig, slap, donker grijs
-1.98 tot -3.58	Klei, uiterst siltig, slap, donker grijs
-3.58 tot -4.08	Zand, matig fijn, uiterst siltig, zwak kleilig, lenzen klei

Algemene opmerking: Hart waterspanningsmeter geplaatst op 4,30 m minus maaiveld hetgeen overeenkomt met NAP - 4,08 m
[ID Waterspanningsmeter : AS471]

X: 212076.7	GWS (m tov NAP): -1.51	MV (m tov NAP): 0.22	Boorloeistof:	Datum uitvoering: 05-09-2013
Y: 603428.4	GHG (m tov NAP):	bk PB1 (m tov NAP):	WS PB1 (m tov NAP):	Boormeester: ab
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bk PB2 (m tov NAP):	WS PB2 (m tov NAP):	Geclassificeerd door: ab
		bk PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

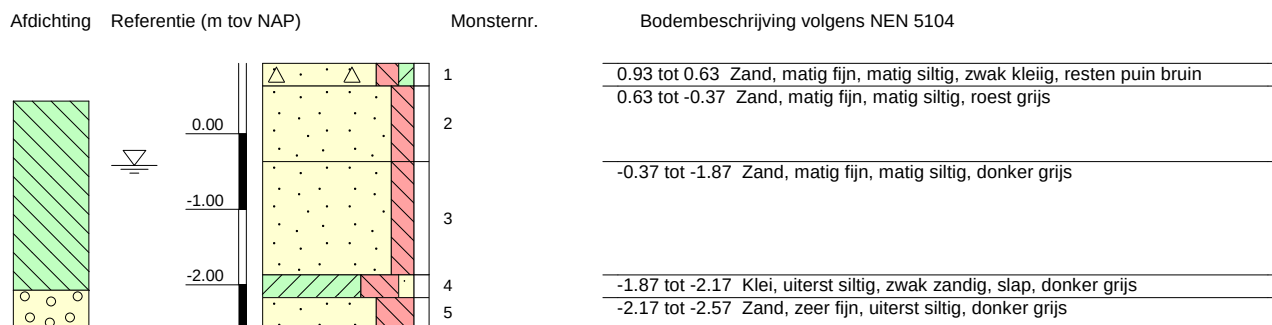
Installatie Alert Solutions monitoringssysteem Lauwersmeerdijk te Lauwersoog

5012-0117-011

Boring: 87-02

Veldclassificatie

Pagina 1 van 1



Algemene opmerking: Hart waterspanningsmeter geplaatst op 3,53 m minus maaiveld hetgeen overeenkomt met NAP - 2,60 m
[ID Waterspanningsmeter : AS472]

X: 212067.2	GWS (m tov NAP): -0.42	MV (m tov NAP): 0.93	Boorvloestof:	Datum uitvoering: 04-09-2013
Y: 603483.8	GHG (m tov NAP):	bK PB1 (m tov NAP):	WS PB1 (m tov NAP):	Boormeester: tam
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bK PB2 (m tov NAP):	WS PB2 (m tov NAP):	Geclassificeerd door: tam
		bK PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

Installatie Alert Solutions monitoringssysteem Lauwersmeerdijk te Lauwersoog

5012-0117-011

Boring: 87-03

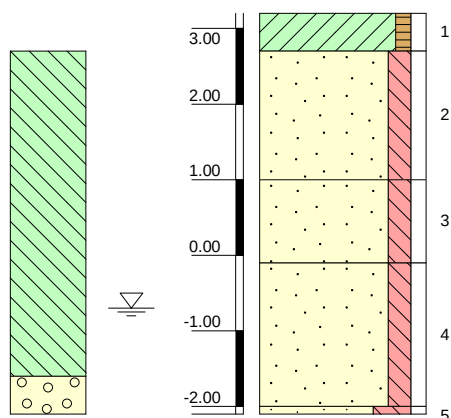
Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Afdichting Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



3.20 tot 2.70	Klei, zwak humeus, stevig bruin
2.70 tot 1.00	Zand, matig fijn, matig siltig, licht grijs
1.00 tot -0.10	Zand, matig fijn, matig siltig, roest, brokken klei, licht grijs
-0.10 tot -2.00	Zand, matig fijn, matig siltig, donker grijs
-2.00 tot -2.10	Zand, matig fijn, uiterst siltig, donker grijs

Algemene opmerking: Hart waterspanningsmeter geplaatst op 5,29 m minus maaiveld hetgeen overeenkomt met NAP - 2,09 m
[ID Waterspanningsmeter : AS440]

X: 212061.9	GWS (m tov NAP): -0.70	MV (m tov NAP): 3.20	Boorloeistof:	Datum uitvoering: 04-09-2013
Y: 603506.4	GHG (m tov NAP):	bk PB1 (m tov NAP):	WS PB1 (m tov NAP):	Boormeester: tam
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bk PB2 (m tov NAP):	WS PB2 (m tov NAP):	Geclassificeerd door: tam
		bk PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

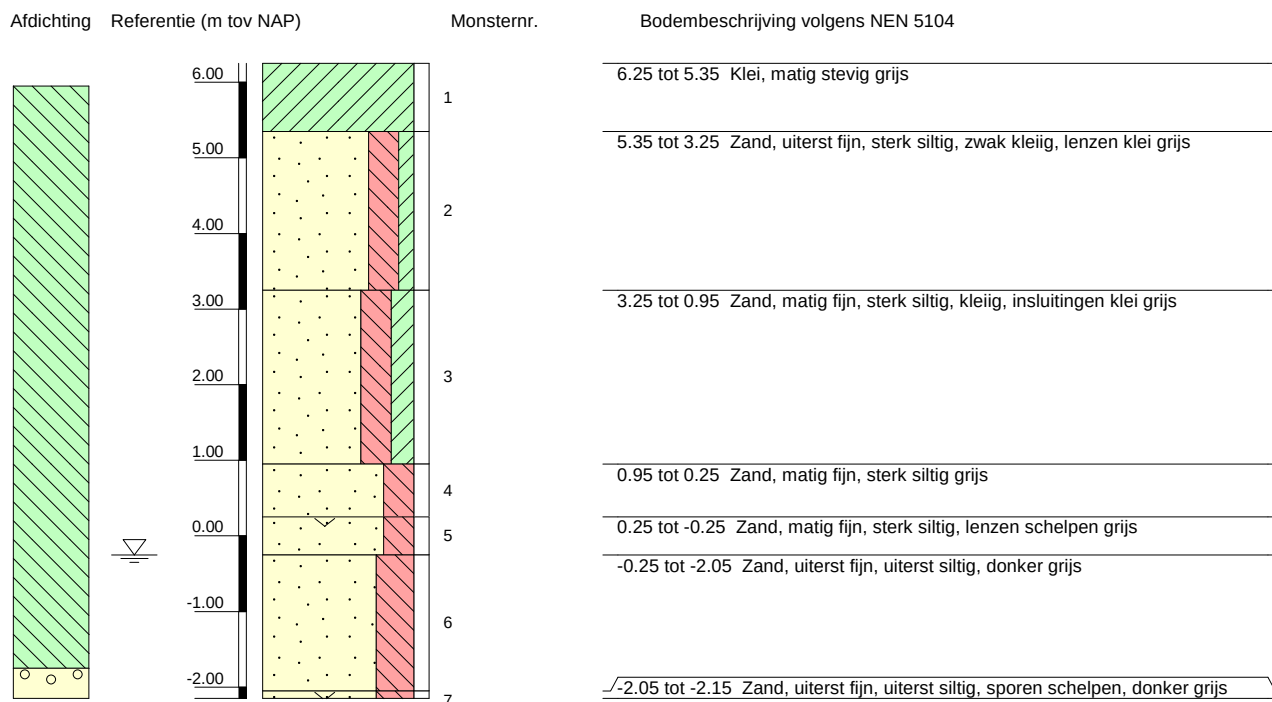
Installatie Alert Solutions monitoringssysteem Lauwersmeerdijk te Lauwersoog

5012-0117-011

Boring: 87-04

Veldclassificatie

Pagina 1 van 1



Algemene opmerking: Hart waterspanningsmeter geplaatst op 8,25 m minus maaiveld hetgeen overeenkomt met NAP - 2,00m
[ID Waterspanningsmeter : AS441]

X: 212055.8	GWS (m tov NAP): -0.25	MV (m tov NAP): 6.25	Boorloeistof:	Datum uitvoering: 04-09-2013
Y: 603532.0	GHG (m tov NAP):	bk PB1 (m tov NAP):	WS PB1 (m tov NAP):	Boormeester: ab
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bk PB2 (m tov NAP):	WS PB2 (m tov NAP):	Geclassificeerd door: ab
		bk PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

Installatie Alert Solutions monitoringssysteem Lauwersmeerdijk te Lauwersoog

5012-0117-011

Meettechniek

De standaard bij Fugro toegepaste conus is de “elektrische kleefmantelconus”, waarmee de conusweerstand, de plaatselijke wrijvingsweerstand en de helling gelijktijdig worden gemeten. Sinds februari 2013 is de nieuwe norm *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013 Geotechnisch onderzoek en beproeving - Veldproeven - Deel 1: Elektrische sondering met en zonder waterspanningsmeting* van toepassing als vervanging van NEN 5140, die is terug getrokken. In NEN 9997-1 wordt echter nog wel verwezen naar NEN 5140.

Bij het uitvoeren van een sondering conform *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013* wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 mm^2 met een constante snelheid van ca 20 mm/s in de bodem te drukken. Voor de meting van de wrijvingsweerstand is een mantel met een oppervlak van 15000 mm^2 boven de punt aangebracht. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) en de wrijving langs de kleefmantel (plaatselijke wrijvingsweerstand in MPa) worden door rekstroken in de conus continu digitaal gemeten. Volgens *NEN-EN-ISO 22476-1* mag het basisoppervlak van de conus tussen 500 en 2000 mm^2 variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm^2 en een manteloppervlak van 20000 mm^2 .

Veelal wordt gebruik gemaakt van een conus met een korter cilindrisch deel boven de conuspunt dan in *NEN-EN-ISO 22476-1* vermelde 400 mm voor een standaard conus. Het cilindrische deel vanaf de conuspunt van de standaard door Fugro gebruikte conussen een lengte heeft van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte. Onderzoek¹⁾ heeft aangetoond, dat de invloed van de lengte van deze conus op het sondeerresultaat verwaarloosbaar is, terwijl met een kortere conus met minder risico een grotere sondeerdiepte kan worden bereikt.

De meetsignalen worden digitaal naar een elektrische meeteenheid gestuurd en samen met de diepte en de tijd opgeslagen. Definitieve verwerking vindt daarna op kantoor plaats, waarbij de gemeten parameters tegen de diepte in grafiekvorm worden uitgewerkt. Door continue registratie van de gemeten conus- en wrijvingsweerstand wordt een nauwkeurig beeld van de gelaagdheid en de vastheid van de bodem verkregen.

Afwijking van de conus met de verticaal worden continu geregistreerd, waarmee bij de uitwerking de diepte wordt gecorrigeerd en zo een onjuiste diepte-aanduiding als gevolg van “scheef sonderen” wordt voorkomen.

Interpretatie van de sonderingen met plaatselijke wrijvingsweerstand

Meting van zowel de conusweerstand q_c als de plaatselijke wrijvingsweerstand f_s maakt het mogelijk het wrijvingsgetal R_f te berekenen. Het wrijvingsgetal wordt gedefinieerd als het quotiënt van de plaatselijke wrijving en de op gelijke diepte gemeten conusweerstand in procenten. Hierbij wordt rekening gehouden met laagscheidingen ter hoogte van de mantel.

Het wrijvingsgetal R_f geeft samen met de conusweerstand q_c een goed beeld van de bodemopbouw *beneden* de grondwaterspiegel. In de onderstaande tabel zijn enige kenmerkende waarden van het wrijvingsgetal aangegeven. *Met nadruk dient te worden gesteld dat deze waarden slechts indicatief zijn en getoetst dienen te worden aan boringen of lokale ervaring en uitsluitend gelden voor de cilindrische elektrische conus.*

grondsoort	wrijvingsgetal in %	grondsoort	Wrijvingsgetal in %
Grind, grof zand	0,2 – 0,6	Klei	3,0 – 5,0
Zand	0,6 – 1,2	Potklei	5,0 – 7,0
Silt, leem, löss	1,2 – 4,0	Veen	5,0 – 10,0

In geroerde grond en in grond boven de grondwaterspiegel kunnen grote afwijkingen ten opzichte van de genoemde waarden voorkomen en gelden deze waarden niet.

¹⁾ Lunne en Powell, A comparison of different sized piezocones in UK clays.

Presentatie sondeergegevens

Sonderingen kunnen worden uitgewerkt met interpretatie van het wrijvingsgetal voor identificatie van de bodemlagen. De identificatie van de bodemlagen is dan uitgevoerd volgens Robertson [1990]², die door Fugro is aangepast aan de Nederlandse omstandigheden. Bij deze interpretatie wordt uitgegaan van de genormaliseerde waarden van de conusweerstand nQ_c en wrijvingsgetal nR_f als ingangparameters.

De genormaliseerde waarden van de conusweerstand nQ_c en wrijvingsgetal nR_f worden berekend, uit de gemeten wrijvingsweerstand f_s en conusweerstand q_c , indien mogelijk gecorrigeerd voor de waterspanning en de verticale effectieve - en totale grondspanning volgens de onderstaande formules.

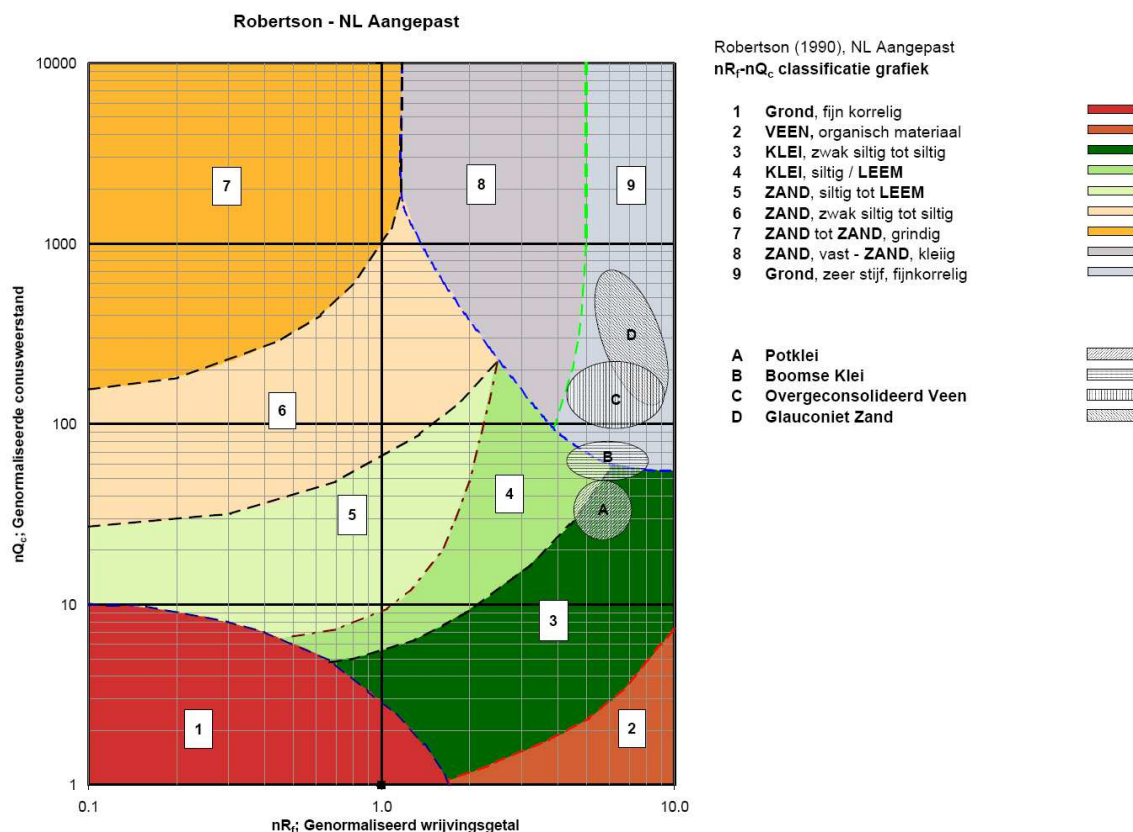
Genormaliseerde conusweerstand:
$$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

Genormaliseerd wrijvingsgetal:
$$nR_f = \frac{100 \cdot f_s}{q_t - \sigma_{v0}}$$

In geval er geen waterspanning is gemeten, wordt voor q_t de waarde van q_c gebruikt.

Voor de grondsoorten, die specifiek zijn voor de Nederlandse ondergrond condities, zijn in de Bodem Classificatiegrafiek van Robertson [1990] twee aanpassingen gedaan om de Nederlandse situatie beter te beschrijven:

- Gebieden 4 en 5 zijn anders ingedeeld, zodat losgepakte zanden en ondiepe kleilagen beter worden geïnterpreteerd. Deze aanpassingen zijn in onderstaande figuur weergegeven.
- Bovendien is een extra voorwaarde ingebracht om Holocene veenlagen goed te kunnen classificeren. Voor $q_c < 1,5$ MPa en $R_f > 5$ % wordt de grond als veen geclassificeerd.



² Robertson, P.K. [1990] "Soil Classification using the cone penetration test". Canadian Geotechnical Journal, 27(1), 151-8²

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

Voor een aantal specifieke grondtypen, zoals bijvoorbeeld Potklei, Boomse klei, overgeconsolideerd veen en glauconiethoudend zand is tevens het classificatie gebied aangegeven. Deze stemmen niet direct overeen met de benamingen van gebieden 1 tot en met 9.

De identificatie is indicatief en alleen geldig voor lagen onder de grondwaterstand. De resultaten dienen te worden geverifieerd met boringen of geologische informatie. Uitgedroogde cohesieve toplagen geven een te hoge waarde worden voor het wrijvingsgetal, waardoor bijvoorbeeld uitgedroogde kleilagen mogelijk onterecht worden geïnterpreteerd als veenlagen. Ook is de correlatie voor de toplagen minder betrouwbaar vanwege het lage effectieve spanningsniveau in deze lagen.

Andere conustypen

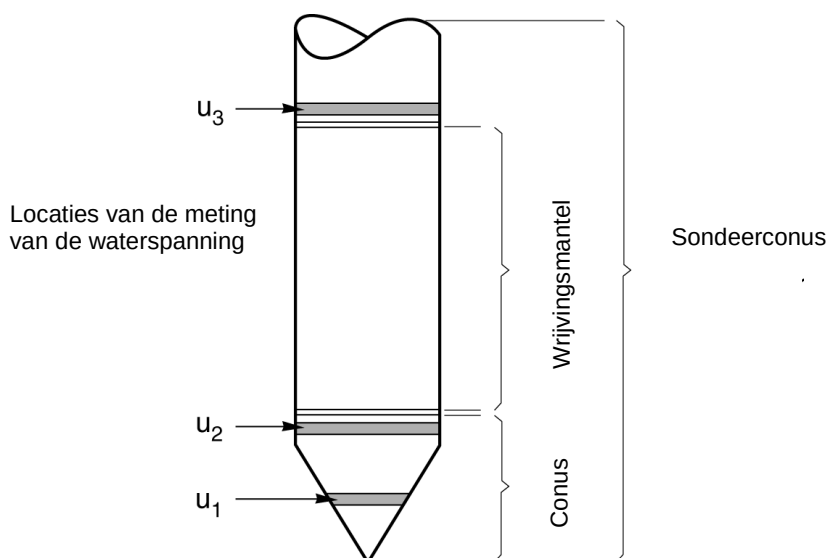
Naast de meting van conusweerstand en plaatselijke wrijving is het mogelijk extra (combinaties van)

type meting	Meetresultaten	toepassingsmogelijkheden
waterspanning	waterspanning ter plaatse van de punt	registreren waterremmende lagen indicatie stijghoogte grondwater classificatie / gelaagdheid bodem
magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	Blindganger onderzoek, onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen, grondankers), onderzoek paalpunt niveau / schoorstand funderingspalen, onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden
geleidbaarheid	elektrische geleiding grond en grondwater	indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens onderzoek verspreiding verontreiniging
temperatuur	temperatuurmeting op verschillende diepten	warmteoverdracht in de bodem bepaling temperatuurgradiënt
schuifgolfsnelheid (seismisch)	dynamische bodemparameters op verschillende diepten	machinefunderingen, windturbinefunderingen
versnelling	versnellingen op verschillende diepten	heitrillingen / verkeerstrillingen
MIP (membrane interface probe)	verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (rapid optical screening tool)	verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen

metingen uit te voeren. In onderstaand schema zijn enkele mogelijkheden aangegeven. Indien gewenst kan nadere informatie over metingen en toepassingsmogelijkheden worden verschaft.

Waterspanningssonderingen

Naast registratie van conusweerstand en plaatselijke wrijvingsweerstand wordt bij een groot deel van de sonderingen waterspanning geregistreerd. Een waterspanningsconus is voorzien van een ingebouwde druksensor, waarmee de waterdruk tijdens het sonderen wordt gemeten. Een filter voorkomt het contact van grond met de druksensor. De waterdruk kan op drie locaties in de conus worden gemeten waarbij de posities u_1 en u_2 veelvuldig voorkomen. Positie u_3 wordt zelden toegepast. Slechts een kleine hoeveelheid water ($0,2 \text{ mm}^3$) is nodig om een nauwkeurige waterdruk te meten. Het meetbereik kan worden gekozen afhankelijk van de te verwachten wateroverspanning. In stijve kleien kan deze oplopen tot meer dan 3 MPa.



Figuur 1 Principe piëzo-conus

Uitvoeringswijze

Om een juiste meting van de waterspanning te verkrijgen, dient het gehele meetsysteem volledig ontlucht en gevuld te zijn met een weinig samendrukbare vloeistof. Om te voorkomen dat de vloeistof tijdens het sonderen in de onverzadigde lagen boven de grondwaterstand wegvloeit zijn een juiste keuze van vloeistof, het gebruik van een rubber membraan, een goede uitvoering en de poriëngrootte van het filter belangrijk.

Indien het grondwater relatief ondiep aanwezig is, wordt bij voorkeur voorgeboord tot het niveau van de grondwaterspiegel teneinde luchttoetreding te voorkomen. Hiermee wordt ook de kans op beschadiging en in de grond achterblijven van het rubber membraan verkleind.

Interpretatie

De resultaten van de piëzo-sonderingen bestaan uit de gemeten conusweerstand (q_c), de plaatselijke wrijvingsweerstand (f_s), het wrijvingsgetal (R_f), de gemeten waterspanning (u_1 of u_2 respectievelijk in de punt en achter de punt) en de wateroverspanningindex B_q .

De resultaten van de waterspanningsmeting tijdens het sonderen vormen uit grondmechanisch en geohydrologisch oogpunt een belangrijke extra informatiebron voor de interpretatie van de bodemopbouw. Door combinatie van de meting van de conusweerstand en de waterspanning, bij voorkeur samen met de plaatselijke wrijvingsweerstand, wordt optimaal gebruik gemaakt van de sondeertechniek en kan het benodigde aanvullend grondonderzoek efficiënter worden gepland.

Bij de interpretatie speelt met name de wateroverspanning een rol, dat wil zeggen de verhoging van de waterspanning die door het indrukken van de conus ontstaan is.

Dunne cohesieve laagjes in een zandpakket en dunne zandlaagjes in een kleipakket, die in de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand door uitmiddeling niet of slecht zichtbaar zijn, kunnen goed worden gedetecteerd aan de hand van de water(over)spanningen, die door het sonderen ontstaan. Deze laagjes kunnen van groot belang zijn voor het zettingsgedrag van funderingen en voor de verticale (on)doorlatendheid van de grond.

Verder kunnen met de piëzo-conus, met name via de u_1 -meting, sterk gelaagde structuren van zand en klei onderscheiden worden van homogene lagen hetgeen op basis van conusweerstand en plaatselijke

wrijving in de meeste gevallen niet lukt. Aangetoond is dat het detectievermogen van de u_1 -meting veel hoger is dan van de u_2 -meting.

Wateroverspanningindex B_q

Met de wateroverspanningindex B_q kan een meer nauwkeurige classificatie van de grondsoort worden verkregen. Deze index is de verhouding van de wateroverspanning en de netto conusweerstand q_{net} , zijnde de gemeten conusweerstand q_c gecorrigeerd voor de waterspanning op het netto oppervlak van de sondeerconus, rekeninghoudend met de heersende effectieve verticale spanning op het betreffende niveau. De wateroverspanningindex B_q wordt als volgt berekend:

$$B_q = \beta \cdot (u_1 - u_0) / q_{net} \quad \text{of} \quad B_q = (u_2 - u_0) / q_{net}$$

waarin:

- β = factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van u_1 naar u_2 ; standaard wordt hiervoor aangehouden 0,8, zijnde normaal geconsolideerde kleien (zie hierna volgende tabel);
- q_{net} = $q_t - \sigma_{v0}$ = netto conusweerstand;
- q_t = $q_c + (1-a) \cdot \{\beta \cdot (u_1 - u_0) + u_0\}$ voor een filter in de conuspunt;
 = $q_c + (1-a) \cdot u_2$ voor een filter direct achter de conuspunt;
- σ_{v0} = de verticale grondspanning; standaard wordt hierbij uitgegaan van een gemiddeld volumiek gewicht van de bodemlagen van 14 kN/m^3 en een grondwaterstand op 1 m beneden maaiveld;
- a = netto oppervlakteverhoudingscoëfficiënt van de conus i.v.m. de spleet achter de conuspunt;
- u_1 = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing *in* de punt;
- u_2 = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing *achter* de punt;
- u_0 = de hydrostatische stijghoogte; standaard wordt hiervoor in de berekening een niveau uitgegaan van 1 m beneden maaiveld.

Voor andere grondsoorten zijn de β -factoren in onderstaande tabel gegeven.

Grond gedrag	β -factor
Normaal geconsolideerde klei	0,6 - 0,8
Licht overgeconsolideerde klei	0,5 - 0,7
Sterk overgeconsolideerde klei	0 ¹⁾ - 0,3
Leem samendrukbaar	0,5 - 0,6
Leem, vast en dillatant gedrag	0 ¹⁾ - 0,2
Zand siltig, los gepakt	0,2 - 0,4

¹⁾ Bij meting van de waterspanning achter de conuspunt worden in bepaalde gevallen negatieve waterspanningen gemeten. Deze waarden geven nauwelijks een indicatie van de doorlatendheid, doch alleen over het materiaalgedrag.

Dissipatietest

Het is ook mogelijk het sondeerproces op een bepaalde diepte tijdelijk te stoppen en de afname van de wateroverspanning (dissipatie) als functie van de tijd te registreren. Daarna kan het sondeerproces worden voortgezet.

In doorlatende gronden geeft de dissipatietest een goed beeld van de heersende hydrostatische waterspanning en daarmee van de stijghoogte. Het betreft slechts een indicatie aangezien de meetnauwkeurigheid beperkt is. Door het uitvoeren van meerdere metingen in een grondlaag en de gemiddelde waarde van de stijghoogte te bepalen kan een beduidend hogere nauwkeurigheid worden behaald. Ervaring leert dat de onnauwkeurigheid circa 0,5 m bedraagt.

Voor een meer nauwkeurige bepaling en de optredende fluctuaties zijn peilbuismetingen over een langere waarnemingsperiode nodig, afhankelijk van het doel.

In slecht doorlatende, cohesieve lagen kan met behulp van de dissipatietest een indicatie van de consolidatiecoëfficiënt en daarmee van de verticale (on)doorlatendheid worden verkregen. Hierbij dient

de dissipatietest te worden voortgezet totdat de wateroverspanning tenminste met 50 % is afgenomen. In de praktijk komt dat overeen met circa 1/2 uur à 3/4 uur.

Uit berekeningen en kwalitatieve vergelijking van de metingen wordt inzicht verkregen in het consolidatiegedrag van de grond.

Voor het vaststellen van de heersende hydrostatische waterspanning in kleilagen is de dissipatietest in de meeste gevallen weinig geschikt, vanwege de benodigde lange aanpassingstijd en de onnauwkeurigheid.

Klassenindeling EN-ISO 22476-1

Voorafgaand aan de uitvoering diende een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse met bijbehorende toelaatbare meetonzekerheid het werk minimaal uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten parameters.

Door invoering van de Eurocode is op Europees niveau de internationale sondeernorm EN-ISO 22476-1 "Electrical cone and piezocone testing" ontwikkeld, welke de oorspronkelijke NEN 5140 heeft vervangen. De nieuwe elektrische sondeernorm **EN-ISO 22476-1** is in opzet vergelijkbaar met de oude Nederlandse norm NEN 5140 voor elektrische sonderingen. Een verschil tussen norm **EN-ISO 22476-1** met NEN 5140 is dat in de nieuwe norm de nauwkeurigheid van de meetresultaten wordt gekoppeld aan het toepassingsgebied met bijbehorend bodemkenmerken / geschiktheid voor interpretatie en afleiding van bodemparameters. Verder is de meting van de waterspanning genormeerd.

In de Europese tabel van sondeerklassen worden de sondeerklassen ingedeeld naar de toepassing van de sondering, zie onderstaande tabel.

Toepassing klassen volgens NEN-EN-ISO 22476-1:2012

Toepassing Klasse	Test type	Gemeten parameter	Toegestane minimum nauwkeurigheid ^a	Maximum lengte tussen metingen	Gebruik	
					Grondsoort ^b	Interpretatie ^c
1	TE 2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning Helling Sondeerlengte	35 kPa of 5 % 5 kPa of 10 % 10kPa of 2 % 2° 0,1 m of 1%	20 mm	A	G, H
2	TE1 TE2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning Helling Sondeerlengte	100 kPa of 5 % 15 kPa of 15 % 25 kPa of 3 % 2° 0,1 m of 1 %	20 mm	A B C D	G, H* G, H G, H G, H
3	TE1 TE2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning ^d Helling Sondeerlengte	200 kPa of 5 % 25 kPa of 15 % 50 kPa of 5 % 5° 0,2 m of 2 %	50 mm	A B C D	G G, H* G, H G, H
4	TE1	Conus weerstand Mantel wrijving Sondeerlengte	500 kPa of 5 % 50 kPa of 20 % 0,2 m of 1 %	50 mm	A B C D	G* G* G* G*
NOOT 1 Richtlijnen voor gebruik van Tabel 2 zijn gegeven in bijlage F.						
NOOT 2 Voor uiterst slappe gronden maken soms nog hogere nauwkeurigheden noodzakelijk.						
^a De toegestane minimum nauwkeurigheid van de gemeten parameters is de grootste van de twee genoemde. De relatieve nauwkeurigheid geldt voor de gemeten waarde en niet voor het meetbereik. ^b Volgens ISO 14688-2: A Homogene gronden bestaande uit zeer slappe tot stijve kleien (en silt) ($q_c < 3$ MPa) B Gemengde bodemprofielen met slappe tot stijve kleien ($q_c \leq 3$ MPa) en matig vaste tot vaste zanden (conusweerstand $5 \text{ MPa} \leq q_c < 10 \text{ MPa}$) C Gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand $1,5 \text{ MPa} \leq q_c < 3 \text{ MPa}$) en zeer dichte zanden ($q_c > 20 \text{ MPa}$) D Zeer stijve tot harde kleien ($q_c \geq 3 \text{ MPa}$) en zeer vaste grove gronden ($q_c \geq 20 \text{ MPa}$) ^c G vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een laag niveau van onzekerheid G* indicatieve vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een hoog niveau van onzekerheid H interpretatie met betrekking tot ontwerp met een laag niveau van onzekerheid H* interpretatie met betrekking tot ontwerp met een hoog niveau van onzekerheid ^d Waterspanning kan alleen worden gemeten als TE2 wordt toegepast.						

Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 2.b NEN 9997-1 worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is echter in een bodemgesteldheid met zowel zeer slappe grondlagen als zeer vaste zandlagen met hoge conusweerstand onmogelijk om aan de eisen van toepassing klasse 1 voldoen zoals ook blijkt uit de bovenstaande tabel. Het bij Fugro gehanteerde

CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

meetsysteem voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door toepassing van digitale conussen, strikte kwaliteitscontroles en calibraties. In de praktijk is gebleken dat standaard Fugro sonderingen in de nieuwe norm tenminste in toepassingsklasse 3 vallen en voor een groot deel binnen klasse 2. Sonderingen volgens toepassingsklasse 3 in de nieuwe norm zijn vergelijkbaar met sonderingen volgens klasse 2 van de oude NEN 5140.

Toepassingklasse 1 sonderingen kunnen alleen met speciale gevoelige conussen met een beperkt meetbereik en een kleibodemprofiel met $q_c < 3$ MPa worden bereikt. In bodemprofielen waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen kan de hoogste meetnauwkeurigheid van klasse 1 enigszins worden benaderd door aanvullende maatregelen en procedures. Toepassingklasse 2 sonderingen kunnen in bodemprofielen, waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen, alleen worden verkregen door toepassing van digitale conussen met regelmatige calibraties, aanvullende uitvoeringsmaatregelen en kwaliteitscontroles. Toepassingklasse 1 is in deze bodem niet haalbaar. De enige praktische indicatie over de bereikte sondeerklasse is controle van calibraties en 0-puntsverlopen tussen het begin en eind van de sondering.

In de praktijk komt het af en toe voor dat sonderingen worden uitgevoerd, waarbij door de opdrachtgever is aangegeven dat de maaiveldhoogte niet ten opzichte van een vast referentiepeil (NAP) hoeft te worden vastgelegd. Deze sonderingen voldoen derhalve op dit punt niet aan **EN-ISO 22476-1**.

Klassenindeling NEN 5140

De norm NEN 5140 ging uit van vier kwaliteitsklassen. Voorafgaand aan de uitvoering diende een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse met bijbehorende toelaatbare meetonzekerheid het werk minimaal uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten conusweerstand, plaatselijke wrijvingsweerstand en diepte, zoals blijkt uit de onderstaande tabel.

klasse	Meetgrootheid	toelaatbare meetonzekerheid	meetinterval
1	Conusweerstand	0,05 MPa of 3%	20 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,01 MPa of 10%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 1 %	
2	Conusweerstand	0,25 MPa of 5%	50 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 15%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
3	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Helling	5°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
4	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Sondeerlengte	0,1 m of 1%	
Opmerking: De toelaatbare meetonzekerheid is de grotere waarde van de absolute meetonzekerheid en de relatieve meetonzekerheid. De relatieve meetonzekerheid geldt voor de meetwaarde en niet voor het meetbereik.			

Vergelijking van de gespecificeerde nauwkeurigheden van de NEN 5140 en NEN-EN-ISO 22476-1 laat zien dat de nauwkeurigheid van de meest in NL gehanteerde sondeerklasse 2 volgens NEN 5140 iets hoger ligt dan die van de toepassingklasse 3 volgens de ISO norm.

LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

BORINGEN / PEILBUIZEN

	mechanische boring (B)
	handboring (HB)
	niet uitgevoerde boring
	niet uitgevoerde handboring
	boring met peilbuis
	boring met peilbuis, ondiep en diep filter
	boring met peilbuis, ondiep, middeldiep en diep filter
	handboring met peilbuis
	hellingmeterbuis (HMB)
	gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF)
	boring derden
	boring derden met peilbuis

SONDERINGEN

	diep-/diepzware sondering
	middelzware sondering
	diep-/diepzware sondering met plaatselijke kleefmeting
	middelzware sondering met plaatselijke kleefmeting
	slagsondering
	niet uitgevoerde sondering
	waterspanningsmeter (WSM)
	sondering derden
	sondering derden met plaatselijke kleefmeting

Type sonderingen

M	middelzware sondering
D	diepsondering
DZ	diepzware sondering
S	slagsondering

Toegevoegde metingen

KM	meting van de plaatselijke kleef
P	meting van waterspanning
M	meting van de magnetische veldsterkte
G	meting van de geleidbaarheid
S	meting van de schuifgolfsnelheid (seismische meting)
T	meting van de temperatuur

LEGENDA / TERMINOLOGIE

grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

zand

	Zand, kleilig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleilig
	Veen, sterk kleilig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

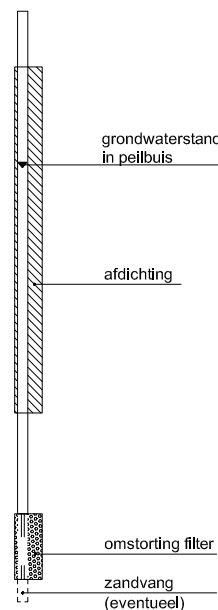
leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

Overige toevoegingen

	zwak humeus
	matig humeus
	sterk humeus
	zwak grindig
	matig grindig
	sterk grindig

Peilbuis



Monsters

	geroerd monster
	ongeroerd monster

Overig

	gemiddeld hoogste grondwaterstand
	grondwaterstand
	gemiddeld laagste grondwaterstand
	slib
	verharding / kern / asfalt
	puin

BIJLAGE VI INSTALLATIEPLAN MIRAMAP



Meet- en installatieplan nulmeting asfalt LiveDijkXL Lauwersmeerdijk

Versie 01 - 4 augustus 2013

Achtergrond van de metingen

In het kader van LiveDijkXL Lauwersmeerdijk voert Miramap een nulmeting van het asfalt aan de buitenzijde van de Lauwersmeerdijk uit. Deze meting wordt verricht m.b.v. een tweetal mobiele passieve microgolf radiometers. Tegelijkertijd loopt een camera mee om de bovenzijde van het asfalt vast te leggen en worden nauwkeurige GPS-RTK metingen gedaan om de locatie van anomalieën exact te bepalen en bij een eventuele vervolgmeting mogelijke deformaties te ontdekken.

De mobiele radiometers van Miramap zijn compacte en zeer gevoelige radiometers die wordt ingezet vanaf de grond, gemonteerd op een quad. Er wordt gemeten met twee radiometers voor een horizontale en verticale polarisatie. Op lastig bereikbare plaatsen kan deze radiometer eventueel ook lopend worden gebruikt.

De mobiele radiometer is een L-band radiometer, waarvan de resolutie 1x1 meter is. De L-band radiometer is een passieve sensor en meet de natuurlijke uitstraling van de ondergrond in het microgolvenbereik, bij een golflengte van 210 millimeter. De observatiediepte is een functie van bodemvocht en loopt van een paar centimeters voor verzadigde condities tot ongeveer 2 meter voor zeer droge omstandigheden. De mobiele L-band radiometer is uitvoerig en succesvol op asfalt getest en ingezet in Zeeland i.s.m. Projectbureau Zeeweringen.



Het resultaat van de metingen met de mobiele radiometers is een geo-gerefereerd bestand met daarin een lokaal beeld van de bodemvochtsituatie (bodemvochtpercentages) in en onder het asfalt, en locatie van gedetecteerde airpockets onder het asfalt (erosie). Tevens komt een geo-gerefereerd bestand met hoogten beschikbaar (hoogtekaart).

Voor de data-uitwerking, -interpretatie en -modellering werkt Miramap samen met VUA spin-off Transmissivity.



Locatie van de metingen en meetplan

- In overleg met de beheerder vinden de metingen van Miramap plaats tussen (en met inbegrip van) de dwarsprofielen waarin de waterspanningsmeter van van Alert Solutions worden geplaatst bij km 85 en km 86. Op die manier wordt een gedeelte asfalt zonder aanwezigheid staalslakken (km 85,0 – km 85,4 = 400 meter) en een gedeelte met aanwezigheid staalslakken (km 85,4 – km 86,0 = 600 meter) ingemeten.
- Op basis van eerdere metingen (valdeflectie en boorkernen) is gebleken dat zich op dit traject het slechtste asfalt bevindt.
- De breedte van de asfaltbedekking is gemiddeld 18 meter.
- Aan de zeezijde van de asfaltlaag bevinden zich koperslakblokken, deze worden niet ingemeten.
- Aan de landzijde van de asfaltlaag bevindt zich gras. In deze grasstrook direct naast het asfalt bevindt zich op km 85 en km 86 een waterspanningsmeter van Alert.
- Uitgangspunt is daarom om 10 lengteraaian in te meten die op elkaar aansluiten (9 raaien asfalt en 1 raai aangrenzend gras), om zo tot een volledige bedekking te komen.
- Over de trajectlengte waar staalslakken geplaatst zijn loopt aan de zeezijde een stroomvoorzieningskabel van StabiAlert. De verwachting is dat deze kabel geen verstoring oplevert voor de metingen.



Asfaltbekleding bij kmp 86 (breedte 18 meter)



Overgang asfalt naar gras bij kmp 86



Koperslakblokken bij vloedlijn (geen onderdeel van meting) en stroomvoorzieningskabel van StabiAlert



Kmp 86 op de kruin van de dijk



Het meetplan ziet er daarmee schematisch als volgt uit:



Tijdstip van de metingen

- De metingen vinden plaats in de eerste week van september, week 36. De meetdag is afhankelijk van weersomstandigheden en wordt in samenspraak met de beheerder bepaald. Idealiter wordt gemeten nadat de dijk enkele dagen geen regen heeft gehad. Ook tijdens de meting moet het droog zijn.
- De metingen vinden plaats direct nadat de waterspanningsmeters van Alert Solutions zijn geplaatst.
- Er wordt voorgesteld om te meten bij afgaand tij, om op die manier de invloed van in de dijk achterblijvend water te kunnen detecteren (op welke plaatsen blijft vocht langer achter). In week 36 is het getij op de Lauwersmeerdijk als volgt:

Datum	HW (cm)	LW (NAP)
Zondag 01 September 2013		
01:15		-71
07:45	92	
14:26		-85
20:40	82	
Maandag 02 September 2013		
02:56		-89
09:05	106	
15:30		-105
21:45	95	
Dinsdag 03 September 2013		
03:56		-106
10:06	117	
16:21		-119
22:35	103	



Woensdag 04 September 2013			
04:36			-116
10:45	123		
17:00			-126
23:05	106		
Donderdag 05 September			
05:16			-121
11:26	125		
17:46			-129
23:55	108		
Vrijdag 06 September			
05:50			-125
11:55	126		
18:16			-132

Boringen

Ter calibratie en verificatie van de MIRA metingen worden door KOAC-NPC op dezelfde dag boorkernen gezet. In totaal wordt van 8 boorkernen met een diameter van 100mm dikte en dichtheid van de asfaltlaag bepaald. De plaatsing van deze kernen is afhankelijk van anomalieën die tijdens de meting gevonden worden. Twee boorkernen worden in ieder geval bij km 85 en km 86 geplaatst, in lijn met de geplaatste waterspanningsmeters van Alert Solutions. De overige 6 kernen zijn verspreid over het gebied. Na boring worden de gaten weer dichtgemaakt.

BIJLAGE VII RESULTATEN BORINGEN KOAC-NPC

NOTITIE

Onderwerp : Resultaten boorkernonderzoek Lauwersmeerdijk
Projectnummer : 130316001
Aan : Roland Haarbrink
Van : Mark Weijers
Datum : 16 september 2013
Referentie : n130543/ov/maw

1 Inleiding

Voor een onderzoek op de Lauwersmeerdijk heeft KOAC·NPC op verzoek van Miramap boorkernen genomen en laagdikte- en dichtheidsmetingen van de kernen uitgevoerd.

De monsterneming is in opdracht van KOAC·NPC, productgroep Advies Vught op 6 september 2013 uitgevoerd door de firma Siems Wegenbouwlaboratorium.

Het onderzoek aan de asfaltcilinders is gerapporteerd onder analysenummer G13.0853 en is opgenomen in de bijlage.

2 Monsterneming

De bemonsterde waterbouwasfaltbeton is gelegen op het talud van de Lauwersmeerdijk tussen kilometer 85 en 86.

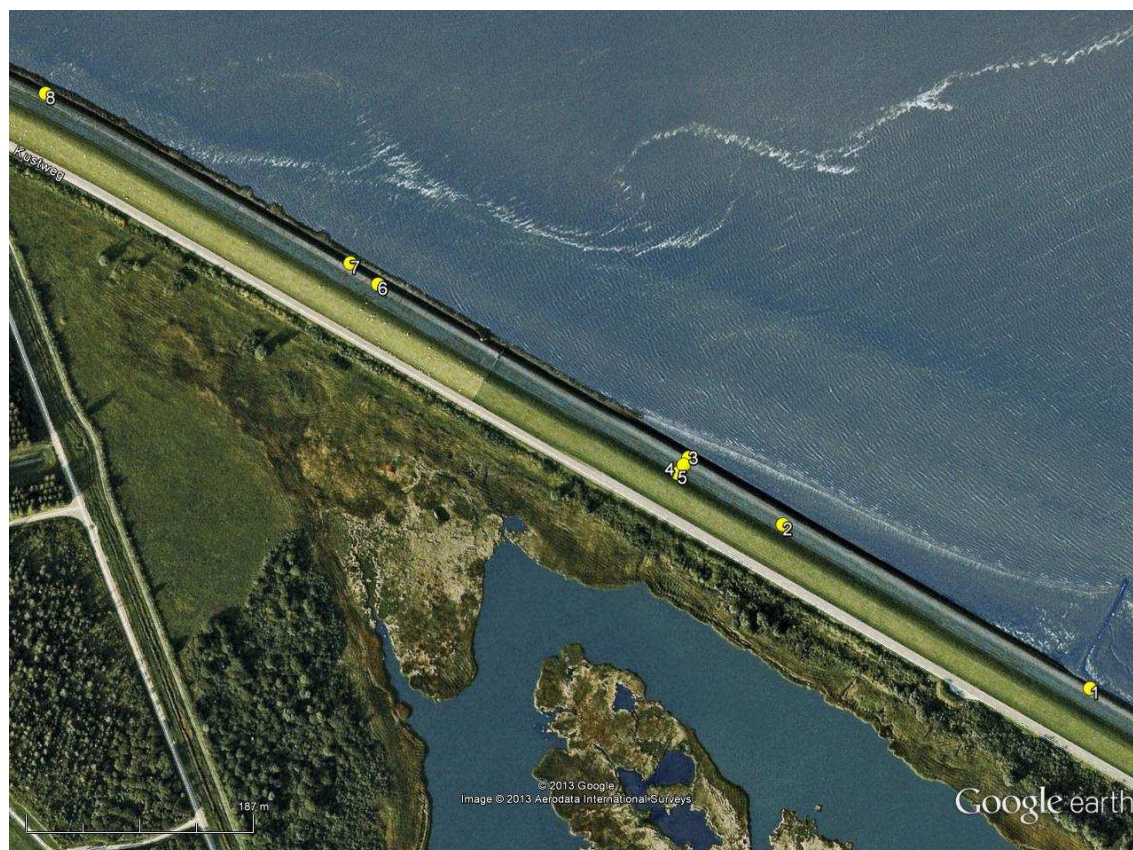
Voor de bemonstering en het onderzoek zijn door Miramap de boorlocaties op het talud uitgezet. De boorlocaties zijn met GPS vastgelegd (nauwkeurigheid ca. ± 2 m).

In tabel 1 is een overzicht van de boringen opgenomen.

In figuur 1 is de ligging van de boorkernen aangegeven.

Tabel 1 Overzicht boringen

Boorlocaties	GPS	
1	213914	602954
2	213660	603085
3	213582	603139
4	213578	603133
5	213573	603126
6	213325	603278
7	213302	603295
8	213050	603431


Figuur 1 Ligging boorkernen

3 Resultaten

Van de acht kernen is de laagdikte bepaald, waarbij onderscheid is gemaakt tussen oppervlakbehandelingen en het eigenlijke waterbouwasfaltbeton. Vanwege de dikte van de oppervlakbehandelingen van locatie 1, is van deze locatie de dichtheid van zowel de oppervlakbehandelingen als het waterbouwasfaltbeton bepaald. Van de overige locaties is alleen de dichtheid bepaald van het waterbouwasfaltbeton.

In de bijlage is het onderzoeksrapport opgenomen.

Bijlage

Beproevingscertificaat Asfalt G13.0853

KOAC-NPC PG Advies Vught
t.a.v. de heer ing. M. Weijers
Esscheweg 105
5262TV VUGHT

KOAC-NPC

Leonard Springerlaan 5
9727 KB Groningen
Postbus 8136
9702 KC Groningen

Tel. 088 562 26 72
Fax 088 562 25 11
info@koac-npc.com
www.koac-npc.com

Datum : 13 september 2013
Opdracht : G13.0853

Beproevingscertificaat asfalt

Opdrachtgever : KOAC-NPC, PG Advies Vught
Ontvangstdatum : 7 september 2013
Begin onderzoek : 7 september 2013
Einde onderzoek : 13 september 2013
Projectleider : de heer J.H. Buurman
Aantal bladen : 2
Aantal bijlagen : 1

Volgens opgave opdrachtgever

Werk : Boren cilinders Lauwersmeer
Factuur aan : KOAC-NPC, PG Advies Vught

De in deze rapportage vermelde resultaten zijn alleen van toepassing op de onderzochte monsters, tenzij anders vermeld. Nadere informatie over de uitvoering van de beproeving, meetonzekerheid en rapportage is op aanvraag beschikbaar. Zonder schriftelijke toestemming van KOAC-NPC mag het rapport of certificaat niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

1 **Monsterneming**

De monsterneming is door een andere productgroep van KOAC·NPC uitgevoerd. De monsterneming is beschreven in de rapportage van de betreffende productgroep.

2 **Gehanteerde onderzoeksmethode(n) of norm(en)**

Bij de uitvoering van het onderzoek is gebruik gemaakt van de volgende norm(en) of proefomschrijving(en):

NEN-EN 12697-36 Laagdiktebepaling verhardingslaag (Wegverhardingen)

NEN-EN 12697-6 Dichtheid van het proefstuk van asfalt (procedure B, droog waterverzadigd oppervlak)

Afwijkingen van de norm kunnen invloed hebben op de herhaalbaarheid, reproduceerbaarheid en/of betrouwbaarheid.

KOAC·NPC Laboratorium Groningen is door de RvA geaccrediteerd conform ISO/IEC 17025 onder L007 voor de met **(Q)** gemerkte verrichtingen.

3 **Resultaten van het onderzoek**

In bijlage 1 worden de resultaten van het onderzoek samengevat.

Voor akkoord:



J.H. Buurman
adjunct-manager Laboratorium regio noord

bijlage 1: Resultaten
Laagnummers voor monsters 1 t/m 8

Soort materiaal	1	2	3	4	5	6	7	8
WAB	1	1	1	1	1	1	1	1
Slijtlagen	2	2	2	2	2	2	2	2

Resultaten voor monsters 1 t/m 4

	K	L	1	2	3	4	Eenheid
(Q) NEN-EN 12697-36							
Laagdiktebepaling verhardingslaag (Wegverhardingen)							
Laagdikte	A	1	332*	185*	337*	221*	mm
		2	30*	8*	10*	10*	
(Q) NEN-EN 12697-6							
Dichtheid van het proefstuk van asfalt (procedure B, droog waterverzadigd oppervlak)							
Dichtheid proefstuk	A	1	2.193	2.167	2.214	2.281	Mg/m ³
		2	2.090				

Resultaten voor monsters 5 t/m 8

	K	L	5	6	7	8	Eenheid
(Q) NEN-EN 12697-36 Laagdiktebepaling verhardingslaag (Wegverhardingen)							
Laagdikte	A	1	204	290	329	324*	mm
		2	12	10	8	15*	
(Q) NEN-EN 12697-6 Dichtheid van het proefstuk van asfalt (procedure B, droog waterverzadigd oppervlak)							
Dichtheid proefstuk	A	1	2.275	2.232	2.278	2.214	Mg/m ³

* Laagdikte bij benadering, in verband met losliggende of gedeformeerd slijtlaag niet goed meetbaar.









BIJLAGE VIII NOTITIE DATAVALIDATIE WATERSPANNINGSMETERS

Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
Postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
fax 0570 69 73 44
www.witteveenbos.nl

onderwerp datacontrole waterspanningsmeters Lauwersmeerdijk
project Livedijk XL - monitoring Lauwersmeerdijk
opdrachtgever Stichting IJkdijk
projectcode GN207-1
referentie GN207-1/13-000.217
opgemaakt door ir. J.H. Boersma/dr.ir. P.M.J. Fest
goedgekeurd door ir. C.H. Clemens
status definitief
datum opmaak 3 december 2013
bijlagen I Verslag per dag
 II Quality report

paraaf



aan Stichting IJkdijk
kopie Waterschap Noorderzijlvest
 Alert Solutions

1. INLEIDING

Op 5 november jl. is door Witteveen+Bos een export gemaakt van de data in het DDSC van de waterspanningsmeters in de Lauwersmeerdijk. Voor een beschrijving van de installatie van de waterspanningsmeters wordt verwezen naar het overkoepelende monitoringplan. Witteveen+Bos heeft deze data gecontroleerd conform de eisen die zijn vastgelegd in het definitieve plan van aanpak (ref. GN207-1/zutd/014). In deze notitie zijn de resultaten daarvan vastgelegd.

2. CONTROLE DATAKWALITEIT EN INPUT

De data zijn getest op de volgende onderdelen:

- chronologie;
- ongeldige meetwaarde;
- dubbele meetwaarden;
- meetfrequentie;
- buiten meetbereik;
- dood signaal;
- staptrends en outliers;
- lineaire trend;
- correlatie met KNMI luchtdruk;
- correlatie barometrische druk.

De data die is aangeleverd wordt op kwaliteit getoetst in het tijdsinterval van 9 september 2013 tot 23 september 2013. Als voor dit tijdsinterval de uitkomsten goed zijn, en geen re-

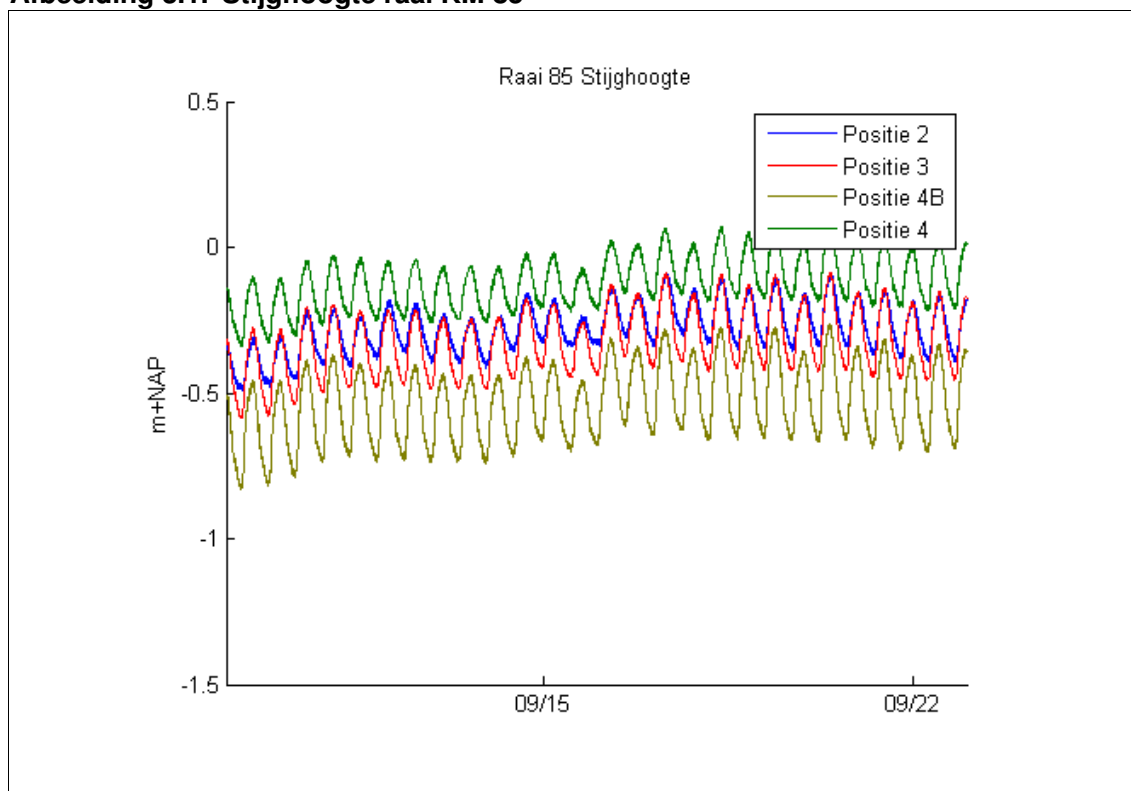
den tot twijfel veroorzaakt voor de rest van de periode, dan is de validatie afgerond. Bij twijfel op kwaliteit wordt tijdsinterval vergroot, met opnieuw 2 weken.

Het project omvat in totaal 12 meetpunten. Van elk meetpunt zijn 4 meetreeksen uit het DDSC gehaald, namelijk: baro, waterspanning_ruw, waterspanning en stijghoogte. De waterspanning wordt berekend op basis van de ruwe waterspanning en de baro. De stijghoogte is vervolgens weer een afgeleide van de waterspanning. Er zijn dus eigenlijk maar 2 signalen die gecontroleerd dienen te worden, de baro en waterspanning of stijghoogte.

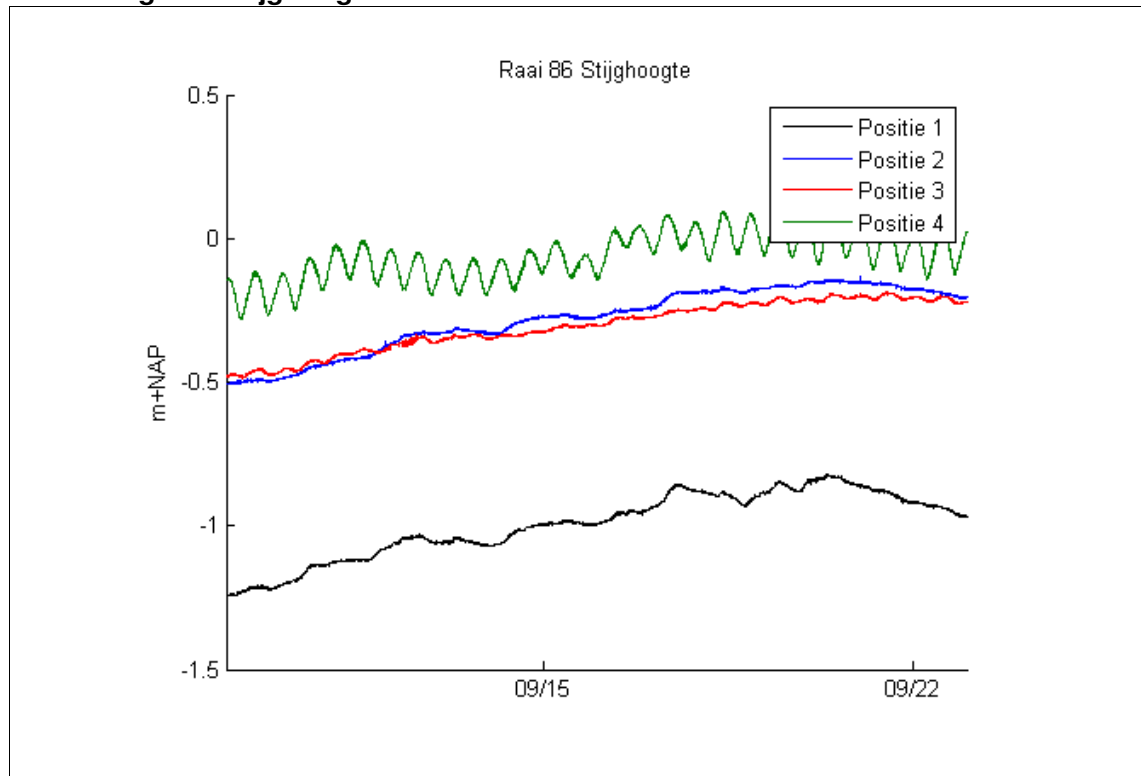
3. RESULTATEN

In bijlage I is een schematisch overzicht opgenomen van de kwaliteit van de data per dag. In bijlage II is een overzicht gegeven van de kwaliteitslabels die zijn toegekend aan de data over de periode 9 t/m 22 september. In de afbeelding 3.1 t/m 3.3 is voor de 3 toegekende raaien (KM85, KM 86 en KM 87) de stijghoogte grafisch weergegeven.

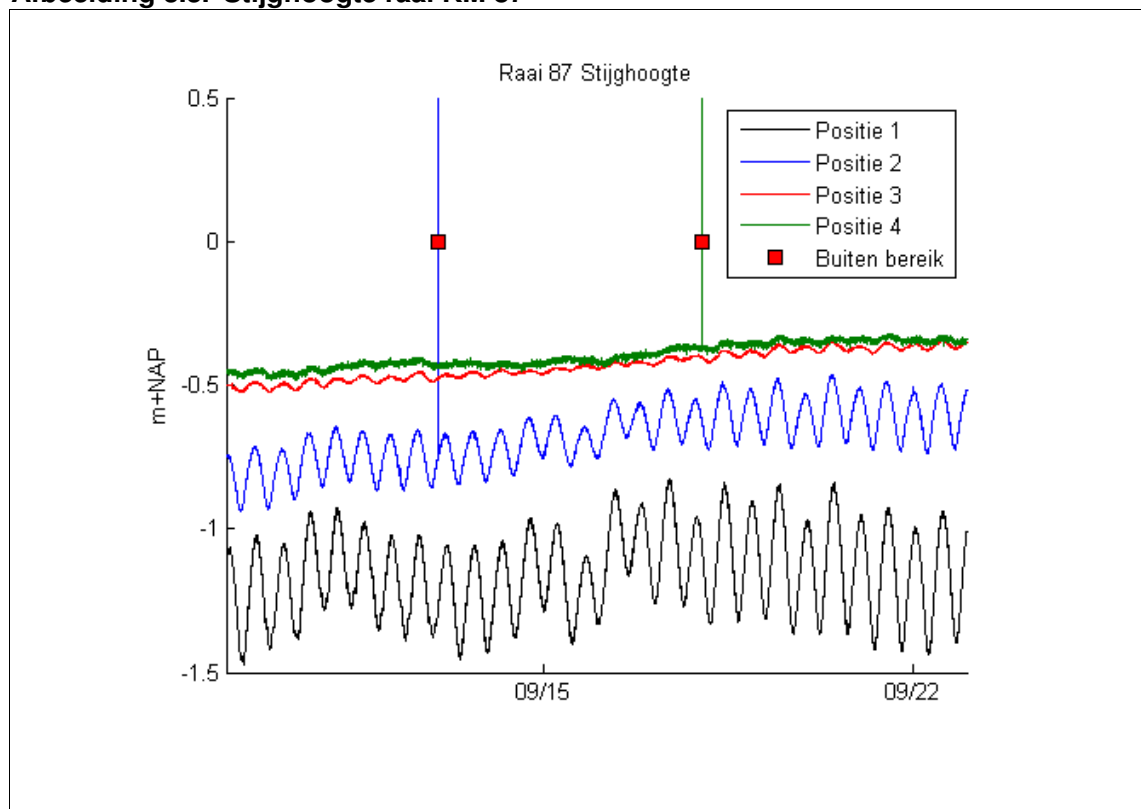
Afbeelding 3.1. Stijghoogte raai KM 85



Afbeelding 3.2. Stijghoogte raai KM 86



Afbeelding 3.3. Stijghoogte raai KM 87



3.1. Chronologie

De meetreeksen zijn gecontroleerd op chronologie. Alle geleverde reeksen voldoen: de data in de meetreeksen zijn chronologisch geordend.

3.2. Ongeldige meetwaarden

Ongeldige meetwaarden zijn niet-numerieke waarden of waarden die een fout vertegenwoordigen (zoals '-999'). Er zijn geen ongeldige meetwaarden aangetroffen.

3.3. Dubbele meetwaarden

Er zijn geen meetwaarden aangetroffen met een identiek datum/tijd-stempel binnen één reeks.

3.4. Meetinterval

Bij alle meetreeksen is gecontroleerd op het tijdsinterval. De metingen worden eens per minuut geregistreerd. Als er twee minuten verstreken zijn, zonder een tijdsmeting, dan is er een gat ontstaan, dat aantal gaten is gemeten. Er komen geen gaten voor in de tijdreeksen. Het aantal samples is bij elke meetreeks 20164 ± 1 over de periode van 2 weken.

3.5. Buiten bereik

Metingen die zich buiten het meetbereik van de sensor bevinden, kunnen worden afgekeurd. Voor de stijghoogte is aangenomen dat metingen hoger dan +5 NAP, en lager dan -5 NAP onrealistisch zijn. Voor de (ruwe) waterspanningsmeters en de barometers is uitgegaan van een bereik van 0 tot 2500 mbar. De gecorrigeerde waterspanningsmeter heeft dus een (theoretisch) bereik van -2500 tot 2500 mbar.

Bij de meetreeksen van LMD_87_2 en LMD_87_4 (sub stijghoogte, waterspanning en waterspanning ruw) komt een buitenbereikmeting één keer voor, op de momenten:

LMD_87_2 13 september 2013, 00:03:00

LMD_87_4 18 september 2013, 00:02:15

Deze laatste meting is overigens een 'extra' meting, de meting staat in de context:

18 september 2013, 00:02:00

18 september 2013, 00:02:15

18 september 2013, 00:03:01

In afbeelding 3.3 zijn de buitenbereikmetingen in de stijghoogte aangegeven.

3.6. Lineaire trend

Er is een lineaire trend-test uitgevoerd op alle meetreeksen. Vanwege het maansgetij is een toets op 14 dagen niet relevant. Daarom is de trend berekend over de periode van 9 september tot en met 3 november (tweemaal het maansgetij). In geen van de meetreeksen is een significante trend aangetroffen ($\alpha = 95,0 \%$).

3.7. Correlatie met KNMI-metingen

Alle luchtdrukmeetreeksen worden gecontroleerd op correlatie met de luchtdrukmetingen van het KNMI. De vergelijkende meetreeksen zijn de waarden die gemeten zijn in Leeu-

warden (weerstation 270) en in Hoorn (op Terschelling, weerstation 251). Als de correlatiecoëfficiënt lager is dan 0.99, dan wordt de reeks afgekeurd. Dit is bij geen van de reeksen het geval.

3.8. Correlatie barometrische druk

De gecorrigeerde waterspanningsmeter mag geen correlatie hebben met de luchtdrukmeetreeks. Bij een correlatiecoëfficiënt van meer dan 0.8 (of minder dan -0.8), wordt de reeks afgekeurd. Dit is bij geen van de reeksen het geval.

4. CONCLUSIES

De data van de waterspanningsmeters zijn gecontroleerd voor de periode 9 t/m 22 september 2013. In twee waterspanningsmeters is 1 buiten bereik-metingen gevonden. Deze afwijkingen zijn te verwaarlozen (<0,005%) ten opzichte van de hoeveelheid metingen in de betreffende periode.

Op basis van de datacontrole kan worden geconcludeerd dat de waterspanningsmeters in de periode van de SAT goed functioneerden en daarmee is de SAT afgerond.

BIJLAGE I VERSLAG PER DAG

locatie	meetperiode													
Lauwersmeerdijk	09-09-2013	10-09-2013	11-09-2013	12-09-2013	13-09-2013	14-09-2013	15-09-2013	16-09-2013	17-09-2013	18-09-2013	19-09-2013	20-09-2013	21-09-2013	22-09-2013
LMD_85_2BARO														
LMD_85_2SH														
LMD_85_3BARO														
LMD_85_3SH														
LMD_85_4BBARO														
LMD_85_4BSH														
LMD_85_4BARO														
LMD_85_4SH														
LMD_86_1BARO														
LMD_86_1SH														
LMD_86_2BARO														
LMD_86_2SH														
LMD_86_3BARO														
LMD_86_3SH														
LMD_86_4BARO														
LMD_86_4SH														
LMD_87_1BARO														
LMD_87_1SH														
LMD_87_2BARO														
LMD_87_2SH														
LMD_87_3BARO														
LMD_87_3SH														
LMD_87_4BARO														
LMD_87_4SH														
Aantal niet werkende of niet betrouwbare data leverende waterstandmeters	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0

BIJLAGE II QUALITY REPORT

Sensorname	from	to	# samples	B	G
LMD_85_2BARO	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	0	20164
LMD_85_2SH	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	0	20164
LMD_85_3BARO	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	0	20164
LMD_85_3SH	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	0	20164
LMD_85_4BBARO	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20163	0	20163
LMD_85_4BSH	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20163	0	20163
LMD_85_4BARO	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20165	0	20165
LMD_85_4SH	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20165	0	20165
LMD_86_1BARO	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	0	20164
LMD_86_1SH	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	0	20164
LMD_86_2BARO	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	0	20164
LMD_86_2SH	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	0	20164
LMD_86_3BARO	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	0	20164
LMD_86_3SH	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	0	20164
LMD_86_4BARO	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	0	20164
LMD_86_4SH	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	0	20164
LMD_87_1BARO	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	0	20164
LMD_87_1SH	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	0	20164
LMD_87_2BARO	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	0	20164
LMD_87_2SH	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	1	20163
LMD_87_3BARO	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20165	0	20165
LMD_87_3SH	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20165	0	20165
LMD_87_4BARO	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20165	0	20165
LMD_87_4SH	09-09-2013 0:00	22-09-2013 23:59	20164	1	20163
KNMI-270BAROKNMI	09-09-2013 0:00	23-09-2013 0:00	337	0	337
KNMI-251BAROKNMI	09-09-2013 0:00	23-09-2013 0:00	337	0	337

**BIJLAGE IX OVERLEG SPECIALISTEN ASFALTBEKLEDING LAUWERSMEERDIJK
MIRAMAP**

Overleg Specialisten Asfaltbekleding Lauwersmeerdijk

Datum: 4 December 2013, 9:00 – 11:00 uur

Locatie: Hoofdkantoor Waterschap Noorderzijlvest in Groningen

Aanwezig: Peter Lalkens, Jan Willem Nieuwenhuis, Heine van Maar (Waterschap Noorderzijlvest), Richard de Jeu (VU Amsterdam/Transmissivity), Arjan de Looft (KOAC-NPC) en Roland Haarbrink (Miramap).

Verslag: Roland Haarbrink (Miramap)

Kopie: Rina Clemens (Witteveen en Bos)

- Doel van het overleg was om door kennisuitwisseling tussen de specialisten te komen tot een beter inzicht over hoe de gemeten datasets uit de nulmeting van Miramap kunnen worden gekoppeld aan de doelen van de beheerder: (1) welke locaties moeten bij storm worden bewaakt (waar zijn de kwetsbare locaties?) en (2) inschatting of de bekleding gereconstrueerd dient te worden, of de bekleding veilig functioneert.
- Een goede asfaltlaag zou minimaal 12-13 cm dik moeten zijn (hoe dikker de laag hoe beter). De Miramap data laten zien dat de asfaltlaagdikte varieert tussen 13 en 35 cm.
- Het grillige verloop van het Miramap asfaltdikte en -vocht kan verklaard worden door de aanleg t.z.t. in batches. Door de data te vergelijken met valdeflectie data en boringen van KOAC-NPC zou dit evt. bevestigd kunnen worden. -> **ACTIE: KOAC-NPC levert data aan Miramap. Liefst voor de kerstvakantie.**
- Een goede asfaltlaag heeft een laag vochtgehalte. Eerdere bevindingen tonen aan dat goed waterbouw asfalt een di-electrische constante heeft van 4 tot 5. Een lagere waarde impliceert meer holle ruimten en een hogere waarde (tot ongeveer 9) impliceert vocht. Op basis van de Miramap data wordt ter vergelijking geschat dat het bereik van di-electrische constanten op dit dijkvak ligt tussen 5 en 8.
- Het vochtgehalte onderaan de dijk is hoger, dit kan verklaard worden door de hogere toegankelijkheid van water onderaan de dijk. Enerzijds vanuit de Waddenzee en anderzijds door regenwater dat over de dijk naar de teen loopt. De grondlaag onder het asfalt (voornamelijk zand) blijkt uit ervaring uniform droog te zijn, waardoor deze laag nauwelijks effect zal hebben op variaties in de Miramap data.
- Over het algemeen bevat de asfaltbekleding geen elasticiteit meer en is erg broos. De oppervlaktebehandeling hecht slecht en er zijn veel bollingen veroorzaakt door vocht. Het schoonblazen van scheuren en ingieten (daglassen) gebeurt bij voorkeur niet meer, teveel lapwerk. Bij voorkeur plaatselijk frezen en opvullen (dagfrezen), echter hier bestaat ook het gevaar dat grote stukken slijtlaag loslaten. Om de koppeling te maken tussen de bestaande daglassen, dagfrezen en oude boringen met de Miramap data wordt voorgesteld om deze door een landmeter van het waterschap in te meten en vervolgens te combineren in een GIS. -> **ACTIE: Noorderzijlvest voert landmetingen uit en levert data aan Miramap. Liefst voor de kerstvakantie.**
- Nadat de Miramap data in een GIS overlay zijn gecombineerd met de boringen, valdeflectiemetingen en locaties van daglassen, dagfrezen en oude boorgaten, wordt beter inzicht gekregen in de waarde van de Miramap data voor de beoogde twee doelen. -> **ACTIE: Miramap (i.s.m. VU/Transmissivity) combineert alle beschikbare data, koppelt deze terug naar de partijen en rondt het monitoringsplan asfalt LivedijkXL in januari 2014 af.**
- Op basis van de vergelijking kan afstemming plaatsvinden tussen de nulmeting en de beheerpraktijk en kan gegrond advies worden opgesteld voor vervolg (bijvoorbeeld het opstellen van een risicokaart). Het risico van met name de asfaltbekleding in westelijke richting naar Lauwersoog wordt hoog ingeschat en is dus belangrijk om te monitoren.
- Voor verschilmetingen op het huidige stuk dijk is het interessant om aan de teen bij boorkern 2 te boren, hier zou de asfaltdikte relatief dik moeten zijn.

BIJLAGE X OPERATIONEEL BEHEER MONITORING SYSTEEM

Operationeel beheer monitoringsysteem

Na installatie van een meetnet en nadat de SAT naar tevredenheid is uitgevoerd, is het systeem bedrijfsklaar. De periode van meten start. Vanaf dat moment dient het systeem operationeel gehouden te worden. Deze activiteit valt uiteen in de volgende werkzaamheden:

- Data doorgifte en opslag;
- Data validatie;
- Data distributie;
- Data visualisatie;
- Stroomvoorziening;
- Service bij storing.

Hieronder worden de verschillende onderdelen toegelicht met daarbij specifiek de werkwijze voor de Lauwersmeerdijk.

Data doorgifte en opslag

Het betreft het verzenden van de meetdata uit het veld en de opvang van de meetdata in daartoe geëigende databases. Tevens behoort hier het constateren van storingen in data verzending toe. Voor het project Lauwersmeerdijk heeft Alert Solutions de ModemLoggers voorzien van SIM kaarten en draagt zij zorg voor de opvang van de meetdata op eigen servers. Als onderdeel van de opdracht Lauwersmeerdijk onderhoudt Alert Solutions de SIM kaart contracten en stelt zij server ruimte beschikbaar voor opslag. Alert Solutions voert geen dagelijkse controle op data doorgifte uit.

Data validatie

Het betreft het valideren van de meetdata, zodat de gebruiker van gevalideerde meetgegevens gebruik kan maken. Als onderdeel van de validatie kan tevens worden beoordeeld of sprake is van uitval van data punten. Afhankelijk van de afspraken hieromtrent kan dit tot een service vraag leiden.

Voor het project Lauwersmeerdijk is de validatie uitgevoerd op twee weken aan meetdata. Dit als onderdeel van de SAT. De validatie is uitgevoerd met een software pakket van Witteveen+Bos, de 'Dataprofeet'. Door Witteveen+Bos is de data gevalideerd en is de betreffende data set akkoord bevonden, ofwel de dataset voldeed aan de eisen die daaraan vooraf zijn gesteld. In Fase 1 is geen data validatie op de overige meetdata voorzien.

Data distributie

Het betreft het doorzenden van de meetdata naar databases van de klant. Voor project Lauwersmeerdijk is door Alert Solutions conform wens van de opdrachtgever een directe lijn met het DDSC ingeregeld. Via deze lijn worden dagelijks alle meetgegevens naar het DDSC doorgezet. Het betreft het doorzenden van de ruwe (niet gevalideerde) meetgegevens. Zie hiervoor ook het onderdeel 'Data validatie'. Als onderdeel van de opdracht heeft Alert Solutions de directe link met het DDSC ontwikkeld en geïmplementeerd.

Data visualisatie

Het betreft de mogelijkheid om de data te visualiseren voor gebruik in de praktijk. Voor project Lauwersmeerdijk wordt hiervoor conform wens van de opdrachtgever gebruik gemaakt van het DDSC. Het beheer van het DDSC ligt bij derden.

Stroomvoorziening

Het betreft de zorg voor het continu van stroom voorzien van de meetsystemen. Voor project Lauwersmeerdijk wordt gebruik gemaakt van accu's in de ModemLoggers. De omvang

van de accu's is berekend op een 2-jarige gebruiksduur bij 1x per 15 minuten meten en 1x per dag verzenden. Alert Solutions draagt binnen deze randvoorwaarden voor voldoende accu capaciteit.

In het beginstadium van het project is de meetfrequentie op 1x meting per minuut gesteld. Dit heeft tot een versnelde leegloop van de accu buffer geleid. Om het systeem operationeel te houden heeft Alert Solutions reeds een eerste ronde vervanging van alle batterijen uitgevoerd.

Service bij storing

Het betreft het analyseren en mogelijk verhelpen van storingen aan het systeem. Deze storingen kunnen worden geconstateerd aan de hand van de data doorgifte (bijvoorbeeld op basis van het ontbreken van meetwaarden volgens de ingestelde meet- en verzendfrequentie) en/of tijdens de data validatie (de aanwezigheid van meetwaarden die buiten de randvoorwaarden liggen). Dergelijke storingen kunnen optreden in de soft- en/of hardware van het meetnet en in het veld of in de IT infrastructuur op afstand.

Alert Solutions heeft in het kader van de opdracht Lauwersmeerdijk het volgende service en onderhoud pakket aangeboden: "Binnen 15 werkdagen na constatering repareren/vervangen van defecte sensoren en/of modemloggers indien deze defect zijn geraakt en/of geen betrouwbare data meer leveren. Wanneer de defecten zijn ontstaan buiten de invloedssfeer van Alert Solutions (bijvoorbeeld vandalisme) valt herstel buiten de service voorwaarden."

Als onderdeel van deze service bepaling heeft Alert Solutions voor project Lauwersmeerdijk een software update op alle ModemLoggers doorgevoerd en is een vervangende ModemLogger geleverd. Deze laatste is in nauwe samenwerking met en onder uitvoering van NZV in het veld geplaatst.