

Potentieel Indicatie ASM-IV

**Een evaluatie voor gebruik binnen Rijkswaterstaat
middels analyse van veld en laboratorium metingen**

17 maart 2004

RIKZ werkdocument : w2004.108

Potentieel Indicatie ASM-IV

**Een evaluatie voor gebruik binnen Rijkswaterstaat
middels analyse van veld en laboratorium metingen**

17 maart 2004

RIKZ werkdocument : W2004.108

Auteur : J.R. Roberti
Gecontroleerd door : P.C.M. Jeurissen
Goedgekeurd door : J.H.M. van Doorn

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	iii
1 Inleiding	1
2 Meettechniek	3
2.1 Meetprincipe	3
2.2 Het instrument	4
2.2.1 Instrumentkop	4
2.2.2 Sensorstaaf	4
2.3 Overzicht van de specificaties	5
3 Toepassing door fabrikant	7
3.1 Enkele aangedragen mogelijkheden	7
3.2 Voorbeelden van resultaten	8
4 Informatiebehoefte	11
4.1 Kader	11
4.2 Onderzoek	11
4.2.1 Rijkswaterstaatinstellingen	11
4.2.2 NCK: Nederlands centrum voor Kustonderzoek	12
4.2.3 NCR: Nederlands centrum voor rivierkunde	13
4.2.4 Informatiebehoefte onderzoek	13
4.3 Beleidsadvisering, vorming en evaluatie	13
4.3.1 Informatiebehoefte van beleid	14
4.4 Beheer en bewaking	14
4.4.1 Informatiebehoefte beheer en bewaking	14
4.5 Concrete Informatiebehoefte	15
5 Meetresultaten	17
5.1 Meting in Petten	18
5.1.1 Plaatsing van het instrument	19
5.1.2 1 ^e Plaatsing en Periode 1	21
5.1.3 Periode 2;	27
5.1.4 Periode 3	32
5.1.5 2 ^e plaatsing en Periode 4	36
5.1.6 Overzicht	40
5.2 Metingen in het landelijke instrumenten bestand	42
5.2.1 Inspectie van fysieke maten	42
5.2.2 Experiment invloed ijkingbestanden	42
5.2.3 Droogvallen en nat worden	48
5.2.4 Troebelheid	52
6 Evaluatie en discussie	55
6.1 Bodemligging	55
6.1.1 Plaatsen en Ophalen	55
6.1.2 Ontgronding	55
6.1.3 Hoekcorrectie	56
6.1.4 Fout in de applicatie bodemligging voor Petten	57

6.2	Troebelheid	57
6.2.1	Lineaire respons van de individuele sensoren	57
6.2.2	Onderlinge Vergelijkbaarheid	57
6.2.3	Gevoeligheid	57
6.2.4	Afweging troebelheid	58
6.3	Waterstand en Druk	58
6.3.1	De klok	58
6.4	Ervaring uit de praktijk	59
6.4.1	Plaatsen	59
6.4.2	Functioneren	59
6.4.3	Robuustheid	59
6.4.4	Aangroei	59
6.4.5	Energieverbruik	60
6.4.6	Gebruikersvriendelijkheid	60
6.5	Kosten	60
7	Conclusie	63
8	Advies	65
9	Literatuur	67
10	Bijlage A: Tekening instrument	69
11	Bijlage B: Correspondentie over Storing.	71
12	Bijlage C: MATLAB-scripts	73
12.1	Inlezen data	73
12.2	Grafische weergave ruwe data	74
12.3	Grafische weergave waterstand, druk en bodem	79

1 Inleiding

De ASM-IV is een in-situ meetinstrument, dat autonoom kan worden ingezet voor metingen in de overgangszone tussen water en bodem. De ASM-IV is een optisch stappenbaak. Het instrument bestaat uit een ijzeren paal, die loodrecht in de waterbodem gestoken wordt. Deze paal is over een groot deel van zijn lengte voorzien van een reeks backscatter troebelheidmeters, die de reflectie van infrarood licht aan deeltjes registreren. Bij normaal gebruik bevindt het onderste deel van de reeks met troebelheidmeters zich in de waterbodem en het resterende deel van de sensoren bevindt zich in de waterkolom. Het instrument meet simultaan de bodemligging en de troebelheid van de waterkolom over een profiel vanaf de bodem tot de bovenste sensor van de reeks. Het instrument levert unieke informatie over het complexe gedrag van het vaste materiaal in de grenslaag tussen water en bodem. Dit gedrag is van groot belang voor een goede kwantitatieve beschrijving van het sediment transport. Betrouwbare informatie in de overgangszone tussen bodem en waterkolom is een schaars goed.

Sinds september 2002 werkt Rijkswaterstaat binnen het RIKZ project "Pettemer Meetraai" met een ASM-IV als bodemliggingmeter, voor het nauwkeurig bepalen van de variaties in de ligging van de zeebodem in de branding. Momenteel zijn geen andere autonome meetsystemen bekend die in de branding een betrouwbare tijdreeks van de bodemligging kunnen produceren. De dynamiek in de bodemligging is een gegeven, dat van belang is voor de bepaling van golfrandvoorwaarden.

Het instrument was bij aanvang van de inzet bij Petten een onbekend instrument voor Rijkswaterstaat. De nauwkeurigheid van het instrument voor het meten van bodemligging was niet vooraf vastgesteld. Op grond van de specificaties en het door de fabrikant geleverde demonstratie materiaal werd verwacht dat het meetsysteem zou moeten werken in de branding.

Voor Dir. Noord-Holland moeten de volgende vragen, die deels voortkomen uit directe applicatie van het instrument bij het Petten project, onderzocht worden:

- Is de ijking, die Dir. Noord Holland gebruikt bij het project wel de meest optimale voor de applicatie?
- Halen wij een centimeter nauwkeurigheid, zo nee wat is dan die nauwkeurigheid.
- Zijn er andere effecten waar, tijdens het meten, rekening mee gehouden moet worden.

In deze evaluatie wordt een begin gemaakt met de bepaling van de kwaliteit van de ASM- metingen voor bodemligging. Op basis van deze evaluatie wil Directie Noord Holland beslissen of ze dit instrument blijven inzetten.

Behalve Dir. Noord-Holland is ook RIKZ Hydro-instrumentatie (HI) geïnteresseerd in het instrument. HI wil kunnen beslissen of de ASM-4 opgenomen moet worden in het landelijk instrumenten bestand (LIB).

Daarvoor moet naast toepassing voor bodemligging nagegaan worden of met de ASM-IV ook troebelheid over een profiel bepaald kan worden. Hiermee wordt het instrument interessant voor sediment transport metingen in bredere zin.

Bij aanvang van dit project was er geen inzicht of het instrument de verwachting op het vlak van troebelheid meten waar kon maken. Hiervoor moest het instrument naast de veldmetingen ook in gecontroleerde omgeving worden getest. Aanvullende doelstelling voor de adviesvorming richting Hydro-instrumentatie was daarmee uit te zoeken of de ASM-IV geschikt is voor het meten van troebelheid. Daarbij voorzien van een onderbouwd advies voor welke toepassingen het systeem geschikt is. Het advies zal geleverd worden in de vorm van een potentieel indicatie.

Een potentieel indicatie bevat de volgende elementen.

- Een technische beschrijving meetmethode
- De verwachte meerwaarde voor Rijkswaterstaat
- Een beschrijving van het soort informatie dat meetmethode levert
- De samenhang met andere meetmethoden
- Identificatie van de doelgroepen voor de informatie
- De kosten van het meetsysteem
- Een analyse van de baten per doelgroep

Om adequaat op de wensen en vragen van Dir. Noord-Holland en Hydro-instrumentatie te kunnen inspelen zijn de volgende activiteiten binnen het project uitgevoerd:

- uitvoeren van enkele testmetingen in landelijke instrumenten bestand.
- analyseren van de metingen uitgevoerd in het laboratorium van het landelijke instrumenten bestand in september 2003
- analyseren van de metingen uitgevoerd van de veldmetingen bij Petten in de periode 2002-2003
- verzamelen kennis omtrent ontgronding rond palen en invloed op meetfouten
- schrijven advies

De resultaten van deze activiteiten zullen als onderbouwing dienen van het uiteindelijke advies, dat in dit document gegeven wordt.

2 Meettechniek

Op basis van de standaard documentatie van de fabrikant zal in dit hoofdstuk de meettechniek beschreven worden. Punten, die op grond van de eigen ervaring bijgesteld moeten worden, komen later in het document aan de orde.

2.1 Meetprincipe

Het instrument meet reflectie aan vaste deeltjes oftewel de troebelheid in het meetvolume met een reeks backscatter infrarood sensoren, die met vaste tussenafstanden (intervallen) zijn ingebed in een massieve roestvrijstalen paal. Het interval tussen de sensoren bedraagt 10 mm. Dit komt overeen met 100 sensoren per meter.

Elke sensor bestaat uit een infrarood bron en een infrarood detector. Het meetvolume wordt tot op 5 à 10 mm voldoende belicht om nog enige signaal terug te krijgen, hiermee komt het aangestraalde volume op circa 0,5 cm³. Het instrument is ontworpen voor metingen in de waterkolom. Opgeslagen worden de reflecties en de dynamische parameters die ontstaan in het meetvolume door de passage van sediment deeltjes die worden opgewerveld en meegevoerd door de waterbeweging.

Optische filters en een speciale lichtbron voorkomen interferentie van andere lichtbronnen. Dit maakt het instrument geschikt voor een divers scala aan meetlocaties, waaronder getijde gebieden met periodes van droogval.

Het instrument bevat drie additionele sensoren.

Door een inwendige inclinometer (tilt of hellingsmeter) in twee richtingen kunnen afwijkingen van de gewenste loodrechte oriëntatie van de paal, ten opzichte van het aardvlak bepaald worden. Het maximum bereik van deze sensoren bedraagt 60 graden in alle richtingen. De noodzakelijke berekening van de inclinatie (afwijking van de verticale lijn) gebeurt intern in het instrument.

Een interne niet-gecompenseerde druksensor detecteert de som van de hydrostatisch druk en de luchtdruk. Door de gemeten druk te corrigeren voor de luchtdruk kan de diepte van het instrument op een paar procent nauwkeurig bepaald worden. Daarnaast suggereert de fabrikant dat de druksensor informatie geeft over de sedimentatie op het moment van kentering in getijde gebieden. De achtergrond van deze bewering is onduidelijk.

Een interne temperatuur sensor registreert de temperatuur van de stalen behuizing van het instrument, welke op haar beurt is gekoppeld aan de water dan wel lucht en/of bodemtemperatuur

De activering en stroomvoorziening van de sensoren alsmede de verzending van signalen worden aangestuurd vanuit een centrale meetcomputer in de kop van het instrument. Deze waterdicht afgesloten eenheid bestaat uit een

microprocessor, een werkgeheugen, de additionele sensoren en energie voorziening.

Het energieverbruik van het instrument bedraagt minder 6mAs. Één 9V alkaline batterij geeft genoeg energie voor een periode 2 maanden bij een bemonsteringsfrequentie van 10 metingen elke 5 minuten of genoeg energie voor een periode van ongeveer 6 maanden in stand-by toestand.

De microprocessor voert alle noodzakelijke aansturingstaken uit. Binnenkomende data wordt verwerkt en vervolgens opgeslagen in het werkgeheugen. De geheugencapaciteit bedraagt 4MB in het standaard ASM-IV model en 8 MB in de rijkswaterstaat bestelde versie.

2.2 Het instrument

2.2.1 Instrumentkop

De roestvrijstalen kop van het instrument bevat de inclinometer, de temperatuursensor en de druksensor alsmede de microcontroller, het werkgeheugen en de energievoorziening. Een technische tekening van dit deel van het instrument kan gevonden worden in Bijlage A. Aan de bovenzijde van de kop (de top van de kop) is een venster voor optisch communicatie zichtbaar. De diameter van de kop bedraagt 60 mm. Onder de kop zit de stalen staaf met sensoren die een diameter van 40 mm heeft. Deze slanke afmetingen maken het instrument geschikt voor de meest uiteenlopende meetlocaties, waaronder snel stromende rivieren.



Figuur 1: Detailopname van de top van de reeks met sensoren

2.2.2 Sensorstaaf

De printplaat met elektronica en sensoren is slechts 15 mm breed en gemonteerd in de roestvrij stalen staaf. In figuur 1 staat een detailopname van de constructie van de sensoren. De optische sensoren en de noodzakelijke additionele elektronica zijn bevestigd op een reeks gescheiden platen die gezamenlijk zijn ingegoten in een speciale hars. Door deze wijze van constructie wordt de kans op breuk en kortsluiting gereduceerd als de staaf buigt onder invloed van het geweld van het water in rivieren en brandingzones. De

elektronica is opgebouwd uit energievriendelijke SMD onderdelen. De printplaten zijn slecht 5 mm dik en passen in een ondiepe groef in de stalen staaf. Door deze inbouw aan het oppervlak wordt voorkomen dat de sterkte van de staaf wordt aangetast. De hars, die onder vacuüm ontgast is, bevat geen lucht meer, waardoor het instrument geschikt is voor buitengaats gebruik.

2.3 Overzicht van de specificaties

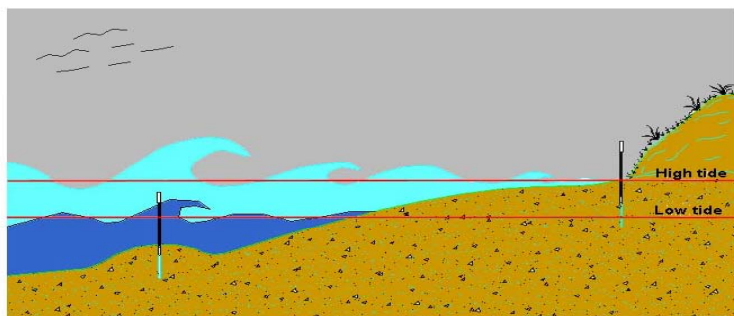
- Measuring method: optical
- Sensors: back scatter infrared sensors
- Sensor distance: 10 mm
- Number of sensors: 100 per meter
- Standard lengths of the instrument:
 - Type S: 1.9 m
 - Type N: 2.4 m
 - Type L: 2.9 m
- Diameter of the instrument:
 - Sensor area
 - Type S en N: 32 mm
 - Type L: 40mm
 - Head: 60mm
- Length measuring section:
 - Type S: 0.96 m
 - Type N: 1.44 m
 - Type L: 1.92 m
- Measuring intervals: 1 sec.no limit
- Sampling rate: 1 ... 255 samples per sec.
- Memory capacity: 4 MB standard

- Energy supply:
 - Main energy supply:
 - minimum : one alkaline 9V block battery;
 - maximum : two lithium 9V block battery
 - Memory backup: CR 1220 lithium 3 V battery
- Weight: 13 kg (Type N)
- Ambient temperature: -15...+45°C
- Installation depth: 50 m water depth max.

3 Toepassing door fabrikant

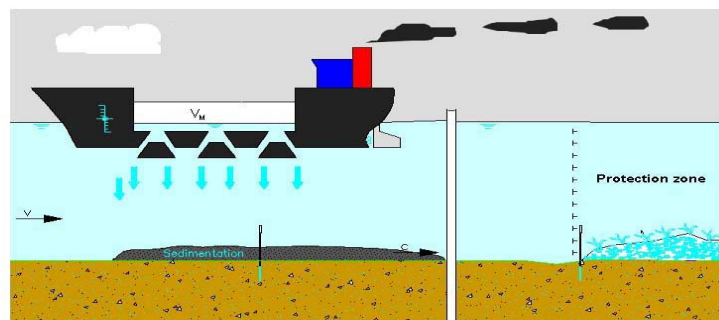
Het beeld, dat de fabrikant bij toepassing van het instrument voor ogen staat wordt in dit hoofdstuk uitgewerkt. Aangevuld met een door de fabrikant aangeleverd voorbeeld van een experiment met het meetinstrument. Een aantal haken ogen met betrekking tot de haalbaarheid van deze genoemde toepassingen komen later in het document aan de orde.

3.1 Enkele aangedragen mogelijkheden



Figuur 2: Inzet voor fysische en morfologisch onderzoek in de kustzone

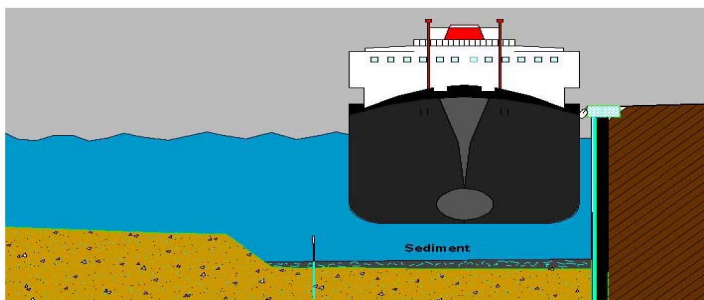
In figuur 2 wordt een situatie geschetst, die lijkt op de toepassing bij het Petten project. De meting wordt verricht in de kustzone in de branding. In dit geval twee systemen met overlappende bereiken toegepast. De informatie zal mogelijk interessant zijn voor fysische en morfologisch onderzoek rond de uitvoering van suppleties.



Figuur 3: Controle op de storting van bagger

In figuur 3 is een ASM-IV geplaatst in stortvak voor bagger. Hiermee wordt gesuggereerd dat op deze wijze de hoeveelheid gestort materiaal gemeten kan worden. Een tweede ASM-IV staat op de rand van een beschermd gebied in de

buurt van het stortvak. Dit systeem moet informatie geven over de invloed van de baggerstortactiviteiten op het beschermde gebied door bijvoorbeeld vertroebeling of aanslibbing.



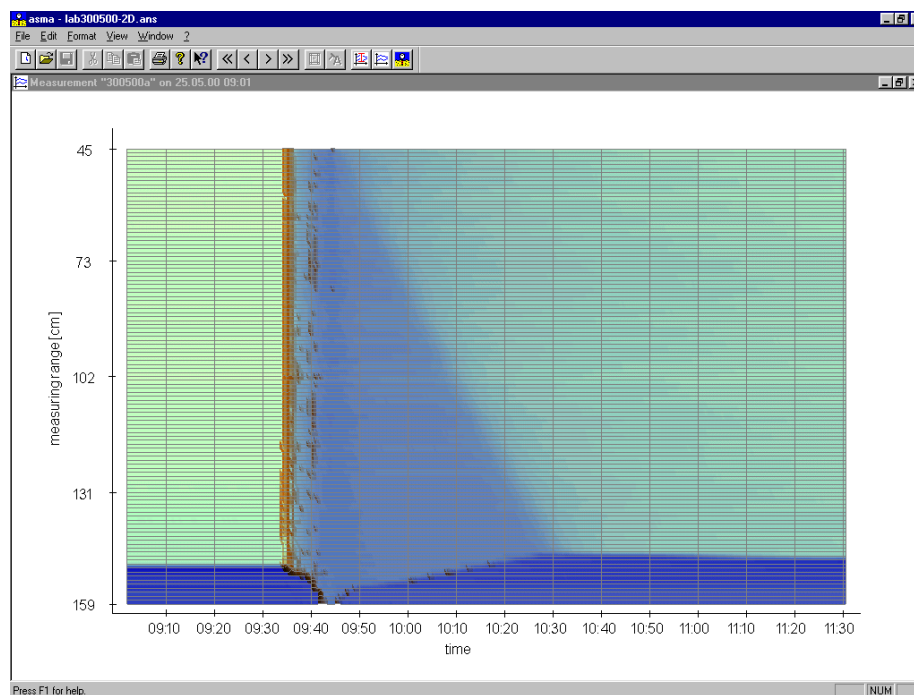
Figuur 4: Monitoring van aanslibbing in havens

In figuur 4 wordt de aanslibbing in een havenvak gemeten. Op grond van deze gegevens zou men de baggerinspanning kunnen regelen.

De schetste applicaties in figuur 3 en 4 zouden in de RWS praktijk moeten concurreren met akoestische methoden voor bodemligging.

3.2 Voorbeelden van resultaten

Het volgende experiment is een mooi voorbeeld van het meten van troebelheid in profielen. Het illustreert de werking van de ASM-IV met betrekking tot bodemligging en troebelheid. De grafieken in de komende twee figuren zijn gegenereerd met de standaard software van het systeem.



Figuur 5: Experiment met opwerveling en sedimentatie van slib in het laboratorium

In figuur 5 staat een grafiek met data van een ASM-IV meting, die in het laboratorium is uitgevoerd. In dit experiment was de ASM-IV geplaatst in een doorzichtige cilindervormige fiberglastank met daarin een laag slibbig sediment op de bodem. De diameter van de tank is 300 mm en de hoogte 1800mm. Elke horizontale lijn staat voor een stap van 1 cm langs het verticale meetbereik. (overeenkomstig het vaste interval tussen de OBS sensoren). Elke seconden wordt een meting uitgevoerd. Elke twee seconden wordt het gemiddelde over twee van deze metingen opgeslagen. Het profiel laat zien wat er gebeurt als het water in de kolom circa tien minuten wordt doorgemixt. Vervolgens wordt het mixen gestopt en bezinkt het opgewervelde materiaal weer naar de bodem. Het duurt circa drie kwartier voordat het gros van het materiaal weer op de bodem ligt.

In de meting van dit experiment zijn, drie verschillende kleuren zichtbaar. Het sediment is donkerblauw. Het lichtgroene gebied boven de bodem aan de linkerzijde van de grafiek bestaat uit helder water. Het sediment ligt bij aanvang van het experiment geheel uitgezonken op de bodem en er is geen gesuspendeerd materiaal in de waterkolom.

Rond 9:35 wordt het water in beweging gebracht door middel van perslucht. De erosie van het bodemmateriaal begint en het sediment wordt opgewerveld in de waterkolom. The oranje zone geeft het gebied van hoge turbulentie, die optreedt tijdens dit proces.

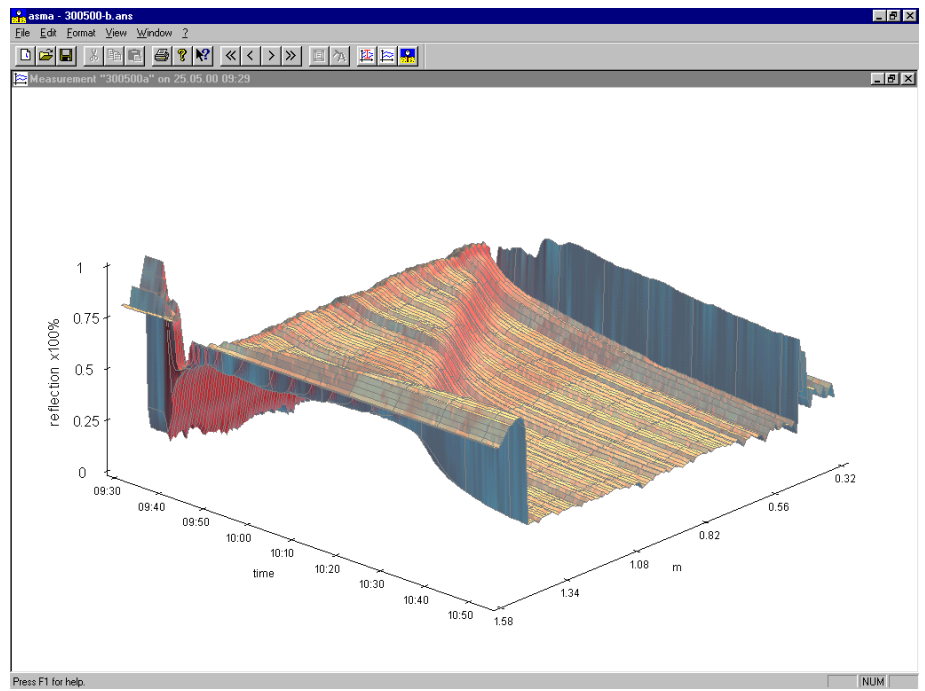
Om 9:44 wordt dit proces stilgelegd, omdat al het bodemmateriaal opgewerveld was. The blauwgrijze kleur geeft het gebied in de waterkolom aan met gesuspendeerd materiaal.

Om 9:45 begint het sediment al weer te accumuleren op de bodem door sedimentatie van gesuspendeerd materiaal onder invloed van de zwaartekracht.

Om 10:30 is grootste deel van het materiaal gesedimenteerd naar de bodem en werd het experiment beëindigd. Het bodemniveau is op dat moment hoger dan bij aanvang van het experiment. Dit komt omdat de pakking van het bodemmateriaal op dat moment nog kleiner lager was dan dat het materiaal van de uitgangsbodem.

Aan het einde van experiment om 11:30 bevat de waterkolom nog een zekere hoeveelheid gesuspendeerd materiaal met een lage sedimentatiesnelheid. Dit is direct zichtbaar in de meting want het heldere groen van de uitgangssituatie wordt niet meer bereikt.

De lineaire verschuiving omlaag van de sprong in de troebelheidverdeling als functie van de tijd toont aan dat het grootste deel van het bodemmateriaal tijdens het sedimentatie proces bestond uit gelijksoortige deeltjes van vergelijkbare grootte en dichtheid, die met gelijk valsnelheid omlaag bewegen. Het materiaal was dan ook zorgvuldig geselecteerd voorafgaande aan de test.



Figuur 6: De grafiek geeft een 3D weergave van de reflectie data. De hoogte van de reflectie (vertoebeling) kan worden gevolgd over de gehele tijdsregistratie van het experiment

4 Informatiebehoefte

4.1 Kader

Voor een onderbouwde introductie van de ASM-IV systemen in RWS is inzicht noodzakelijk in welke sectoren van RWS men concreet of mogelijk behoefte heeft aan het soort informatie, dat men met ASM-IV systemen kan genereren. Een ASM-IV meet op één locatie de volgende informatie als functie van de tijd:

- Bodemligging
- Profiel van troebelheid
- Druk
- Temperatuur

Het kan voorkomen dat een doelgroep al tevreden is met een beperkt deel van deze geboden informatie, hierdoor is een opsplitsing in doelgroepen en toepassingen noodzakelijk. Bijvoorbeeld bij het project bij Petten is men alleen geïnteresseerd in de bodemligging.

Globaal maken we onderscheid in drie toepassingsgebieden

- onderzoek
- beleidsadvisering, vorming en evaluatie
- beheer en bewaking

Binnen deze toepassingsgebieden zijn gebruikers(doel)groepen actief, die een specifieke informatiebehoefte vanuit hun taakstelling hebben

4.2 Onderzoek

Onder de noemer *onderzoek* vatten we alle activiteiten, die te maken hebben met vergroting van de kennis binnen Rijkswaterstaat op het gebied van sediment transport. Onderzoek is binnen Rijkswaterstaat het werkterrein van de specialistische diensten. Zoals valt te verwachten voor onderzoek vindt op dit werkterrein een zeer diverse hoeveelheid aan activiteiten plaats, waarbij elke betrokken afdeling weer een specifiek eigen insteek heeft. Voor de ASM-IV systemen zijn onderzoekers een belangrijke doelgroep, omdat deze gebruikers vaak extra informatie wensen over de fysische fenomenen, die niet te bepalen zijn met de huidige meetsystemen, zoals dat ook het geval is bij het Petten project .

Enkele Taakstellingen van onderzoek

- Inzicht verschaffen in de processen die door onze beheersactiviteiten beïnvloed worden en omgekeerd inzicht in de processen die beheersactiviteiten beïnvloeden.
- Ontwikkelen van gereedschap voor voorspellingen rond beheersactiviteiten. Dat wil zeggen ontwikkeling van modellen, die we hiervoor kunnen gebruiken.
- Kennisopbouw die voor het bovenstaande noodzakelijk is.

4.2.1 Rijkswaterstaatinstellingen

- **RIKZ** : Het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) is één van de zes specialistische diensten die nadrukkelijk zorg dragen voor de kennis binnen het ministerie. Deze kennis staat ten dienste van alle onderdelen van Verkeer en Waterstaat en - binnen randvoorwaarden - van relevante partners, daarbuiten zoals overige ministeries, lagere overheden, bedrijfsleven en het onderwijs. Het RIKZ werkt in opdracht van klanten, voornamelijk de regionale directies van Rijkswaterstaat, die zijn belast met opbouw, beheer en onderhoud van de infrastructuur in de rijkswateren.
 - Hoofdafdeling Onderzoek en Strategie:
 - afdeling OSV: veiligheid
 - afdeling OSK: kust en estuaria
 - afdeling OSA: waterkwaliteit en hydro-informatica
 - afdeling OSW:Wadden
 - afdeling OSD: Delta
- **RIZA**: De afkorting RIZA staat voor **Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling**. Het RIZA is het onderzoek en adviesinstituut van Rijkswaterstaat op het gebied van zoetwater in Nederland. Het instituut verzamelt gegevens over en doet onderzoek naar waterkwaliteit en waterkwantiteit. Op basis hiervan geeft het RIZA adviezen over het beheer van het zoetwater in Nederland en daarbuiten. Dit brede takenpakket vraagt om een multidisciplinaire benadering. Van biochemicus en hydroloog tot informaticus en bestuurskundige; de RIZA-medewerkers vertegenwoordigen een breed scala aan specialisaties.
 - Hoofdafdeling: Watersystemen: onderzoek en advies over integraal waterbeheer van de binnenwateren.
 - *WST (transport van water stoffen en slib)*: Met slib verplaatst ook vervuiling zich door het water, om uiteindelijk neer te slaan. Het RIZA ontwikkelt modellen die dit proces van waterbodempluimvervuiling voorspellen. Daarnaast onderzoekt RIZA het effect van vervuiling op het waterleven. Deze kennis is nodig voor o.a. het vaststellen van emissienormen.
 - *WSR (rivieren)*: Analyseren van de rivier en al zijn functies gezien vanuit de rivierkundige mogelijkheden. Kennis ontwikkelen van en adviseren over morfologische ontwikkelingen in en langs de rivier. Kennis ontwikkelen van en advisering over afvoeren en waterstanden in relatie tot bescherming tegen overstroming.
 - *WSE (ecologie)*: Fluctuaties van het waterpeil hebben onmiddellijk gevolgen voor o.a. natuur en landbouw. Het RIZA onderzoekt de effecten van ingrijpen in watersystemen op de functies van een gebied. Eutrofiëring en verdroging zijn belangrijke onderzoeksgebieden. Het onderzoek vormt de basis voor advisering, met nadruk op integraal watermanagement.

4.2.2 NCK: Nederlands centrum voor Kustonderzoek

Het NCK is een parapluorganisatie, waarbinnen veel van de landelijke onderzoeksactiviteiten op het gebied van sediment transport in het zoute water zijn ondergebracht. Door de nauwe samenwerking tussen het RIKZ en deze instituten op gebied van kennisontwikkeling wordt een deel van de informatiebehoefte van het RIKZ ook bepaald door de informatiebehoefte van deze instituten.

Partners:

- Waterloopkundig Laboratorium
- Universiteit Utrecht
- Universiteit Twente

-
- Technische universiteit Delft
 - RIKZ
 - Nederlands Instituut voor onderzoek der Zee (NIOZ)
 - TNO-NITG (Netherlands Institute of Applied Geosciences)

4.2.3 NCR: Nederlands centrum voor rivierkunde

De NCR is een vergelijkbaar parapluorganisatie als het NCK maar dan voor de zoete wateren en het RIZA.

NCR partners:

- Waterloopkundig Laboratorium
- Universiteit Utrecht
- Universiteit Twente
- Universiteit van Nijmegen
- Universiteit van Wageningen
- Technische universiteit Delft
- TNO-NITG (Netherlands Institute of Applied Geosciences)
- RIZA (Institute for Inland Water Management and Waste)
- ALTERRA

4.2.4 Informatiebehoefte onderzoek

De informatiebehoefte van onderzoek voor zover relevant voor de ASM-IV komt onder andere voort uit de volgende doelen en wensen, die meestal gekoppeld zijn aan de specifieke werkzaamheden en belangen van een Rijkswaterstaat:

- verkrijgen van proceskennis (wat gebeurt er in werkelijkheid)
- input voor afregelen van modellen voor zand en slibtransport
- input voor afregelen van modellen voor morfologie
- input voor afregelen van modellen voor golfbrandvoorwaarden
- input van real-time gegevens voor Kalman filtering van voorspellingsmodellen

4.3 Beleidsadvisering, vorming en evaluatie

De spelers met een informatiebehoefte in de advisering, vorming en evaluatie van beleid zijn:

- ministerie V&W: 'Nederland duurzaam beschermen tegen water en zorgen voor veilige verbindingen van internationale kwaliteit'. Daarvoor staat het ministerie van Verkeer en Waterstaat. Verkeer en Waterstaat:
 - ontwikkelt beleid voor verkeer, water en telecommunicatie, zorgt dat dit beleid wordt uitgevoerd en gehandhaafd
 - richt zich op de bereikbaarheid, veiligheid en leefbaarheid
 - houdt rekening met eigen verantwoordelijkheden van burgers, bedrijven en andere overheden
- Het DG Water van het ministerie V&W staat voor het waterbeleid in Nederland en draagt binnen de kaders van de nationale overheid de verantwoordelijkheid voor:
 - Veiligheid: bescherming tegen hoog water (zee en rivieren);
 - Leefbaarheid: ecologisch gezond water ten behoeve van duurzaam gebruik: de kwaliteit van het water, de waterbodems en oevers; Waterkwantiteit (ook grondwater): voorkomen wateroverlast en verdroging;

- Verbindingen: inrichting van het watersysteem voor diverse gebruiksfuncties en in overdrachtelijke zin 'verbinden' door het delen van kennis van water en betrekken van relevante partijen bij water problematiek;
 - Bouwgrondstoffen voorziening.
- Directoraat Generaal Rijkswaterstaat (RWS): RWS regisseert de uitvoering van het nationale waterbeleid. De dienst zorgt ervoor dat waterkeringen worden aangelegd en in stand worden gehouden. Tegelijkertijd heeft RWS de continue zorg voor voldoende en schoon zout en zoet water voor alle gebruikers: de natuur, de drinkwatervoorziening, de langbouw, de visserij, scheepvaart, recreatie en industrie. Het milieuvriendelijk beheren van de watersystemen gebeurt in goed samenspel met collega-ministeries, provincies en waterschappen.
- Advisering en ondersteuning door specialistische RWS diensten
 - RIKZ hoofdafdeling advies en beleid
 - RIZA hoofdafdeling watersystemen
- Gegevens voor beleidsevaluatie
 - RIKZ hoofdafdeling monitoring en informatiemanagement
 - MII : afdeling informatievoorziening en monitoring
 - RIZA hoofdafdeling informatie en meettechnologie
 - IMM : afdeling meetnetten
 - IML : afdeling laboratoria

4.3.1 Informatiebehoefte van beleid

De informatiebehoefte van beleid komt in veel gevallen neer op het monitoren van effecten van beleidsmaatregelen.

voorbeelden

- MWTL: monitoring waterstaatkundige toestand des Lands
 - *zwevend stof gehalten in de zoute en zoete wateren*

gewenste gegevens

- betrouwbare en goedkope zwevend stof concentraties

4.4 Beheer en bewaking

De direct verantwoordelijke voor het dagelijks beheer en bewaking van de Rijkswateren zijn de regionale directies van Rijkswaterstaat.

- *Regionale Directies*
 - Directie Noord-Nederland
 - Directie IJsselmeergebied
 - Directie Noord-Holland
 - Directie Zuid-Holland
 - Directie Zeeland
 - Directie Noord-Brabant
 - Directie Limburg
 - Directie Noordzee

4.4.1 Informatiebehoefte beheer en bewaking

De informatiebehoefte vanuit beheer komt onder andere voort uit de controlerende rol van de beheerder op het vlak van de naleving van de wet en de vergunningverstrekking binnen zijn beheersgebied. Denk hierbij aan

bijvoorbeeld controle metingen rond baggerwerkzaamheden. Daarnaast is een beheerder voor ingrepen in zijn watersystemen in veel gevallen verplicht een milieu effect rapportage op te stellen. Voor het inschatten en waar mogelijk reduceren van risico's op het vlak van veiligheid, economie en milieu zal in veel gevallen beroep worden gedaan op de kennisinstituten binnen Rijkswaterstaat.

voorbeelden:

- beheer
 - aanslibbing in havenvakken
 - controleren van baggerstorting op specifieke locaties
 - stabiliteit van bagger op stortingslocaties
- wet verontreiniging Oppervlakte water (WVO)
 - overloop van baggerdepots
 - monitoren van slibpluimen bij baggerwerkzaamheden
- MER
 - informatie over habitatverandering door extra vertroebeling door toename van slib in de waterkolom.

gewenste gegevens

- bodemdynamiek
- zwevend stof verspreidingen
- morfologische ontwikkeling watersystemen
- effect van ingrepen op milieu (b.v. vertroebeling)

4.5 Concrete Informatiebehoefte

Op dit moment is de informatiebehoefte richting de ASM-IV alleen concreet voor toepassing binnen de onderzoekssfeer met als directe vrager het project met metingen bij Petten. Voor de signalering van een concrete informatiebehoefte die voortkomt uit beheer en bewaking is een belangrijke rol weggelegd voor de informatiediensten. De informatiediensten zijn de directe leverancier van de informatie aan de gebruikers. Zij moeten hiervoor voldoende kennis over de beschikbare meetsystemen hebben. Zij kunnen hierbij ondersteuning aanvragen van Hydro-instrumentatie.

5 Meetresultaten

In de zomer van 2002 is door het Petten projectteam een ASM-IV aangeschaft met als doel het meten van de bodemdynamiek in het stormseizoen (oktober t/m april). Om de performance van de ASM-IV voor deze applicatie beter te kunnen beoordelen zijn naast de resultaten van de veldmetingen in Petten ook aanvullende metingen in het laboratorium van het landelijke instrumenten bestand uitgevoerd. Deze metingen hadden als doel meer inzicht in de werking van het meetsysteem op te bouwen. Daarnaast moest het meetsysteem middels deze relatief eenvoudige tests beter te beoordelen zijn. De primaire doelstelling van dit onderzoek is een beoordeling van het meetinstrument voor het kwantitatief meten van bodemligging en troebelheidprofielen.

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de veldmetingen en de laboratorium metingen beschreven. Er wordt een algemene beschrijving van de aard en kwaliteit van de verschillende soorten gegevens voor de achtereenvolgende meetperioden gegeven. Daarnaast zullen de tijdreeksen gecontroleerd worden op storingen, vreemde verschijnselen en mogelijk ongewenste effecten. Wanneer een dergelijke gebeurtenis optreedt, dan wordt nagegaan welke invloed dit heeft op de kwaliteit van de meetgegevens. Hier zal vaak een nadere analyse van de gegevens voor nodig zijn.



Figuur 7: Uitlezen en programmeren van de ASM-IV aan de voet van de Hondsbossche en Pettemerzeewering.

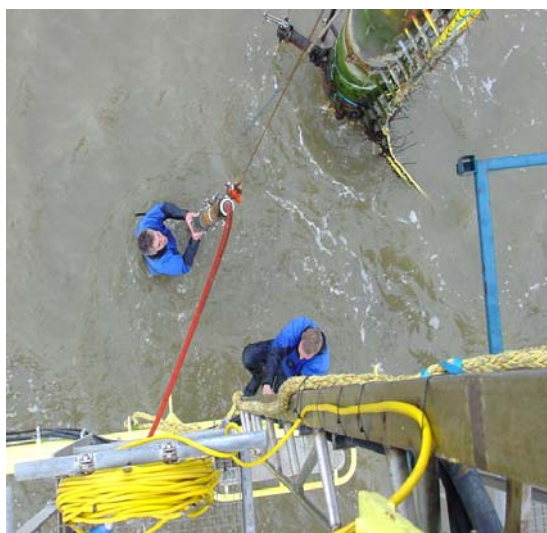
Voor de analyse van de meetgegevens is gebruik gemaakt van MATLAB versie 6.5. Hiervoor moest eerst een methode ontwikkeld worden om de data te kunnen importeren in de MATLAB omgeving. Standaard staan de meetgegevens van de ASM-IV in een binair formaat, dat alleen voor de standaard software van het instrument toegankelijk is. De standaard software heeft echter de mogelijkheid de meetgegevens naar een tekstbestand te

exporteren. Export van de volgende vier groepen van meetgegevens met tijdslabel is mogelijk.

1. 192 Reflectie signalen gemeten met de optische sensoren
2. druk, temperatuur en helling
3. 192 variatiegetallen voor de reflectie signalen.
4. positie bodem.

De parameters in de eerste twee groepen zijn werkelijk gemeten in het veld. De parameters in de laatste twee groepen zijn door de standaard software berekend zijn uit de meetgegevens van de eerste groep middels een niet nader bekend gemaakt algoritme.

Met een voor dit onderzoek speciaal ontwikkeld MATLAB script, dat is opgenomen in Bijlage C, konden de meetgegevens in de geëxporteerde tekstbestanden worden ingelezen in MATLAB. MATLAB is in dit onderzoek gebruikt voor de visualisatie van de meetgegevens in grafieken en voor nadere analyse van de waarnemingen. Daarnaast is af en toe gebruik gemaakt van Microsoft EXCEL.



Figuur 8: Plaatsing van de ASM-IV op locatie. De ASM-IV is gemonteerd aan dikkere holle stalen pijp die door middel van inspuiting van water de grond in gedreven wordt.

5.1 Meting in Petten

Bij Petten zijn met de ASM-IV daadwerkelijk metingen verricht van 25 november 2002 tot 12 juni 2003. Dit tijdsbestek is opgedeeld in vier aansluitende perioden met een datareeks.

- 1^e Plaatsing: 25 november 2002
 - Periode 1: 25 november 2002 t/m 9 december 2002
 - Periode 2: 9 december 2002 t/m 14 februari 2003
 - Periode 3: 14 februari 2003 t/m 19 maart 2003
- 2^e Plaatsing: 19 maart 2002
 - Periode 4: 19 maart 2003 t/m 12 juni 2003

Van elk van deze periode zullen de resultaten apart worden weergegeven en behandeld. Het instrument is tweemaal met behulp van een spuittechniek op de gewenste meetlocatie in de grond geplaatst. De eerste plaatsing van het instrument was op 25 november 2002. Op 19 maart is het instrument van zijn

plaats gelicht voor plaatsing van nieuwe batterijen. Vervolgens is het instrument voor de tweede maal geplaatst.

5.1.1 Plaatsing van het instrument

In figuur 7 is wordt de ASM-IV geprogrammeerd op het strand met behulp van een notebook met de bijgeleverde communicatie software. Bij de meting was de ASM-IV met klemmen bevestigd aan een dikke holle stalen buis, waarmee het instrument middels een spuittechniek in de grond geplaatst kon worden. De omstandigheden waaronder het instrument geplaatst moest worden zijn te zien in figuur 8. In tabel 1 zijn de gegevens opgenomen die bekend zijn over de plaatsing van het instrument. Voor de positiebepaling van punten in het veld maakt de informatiedienst gebruik van een total station.

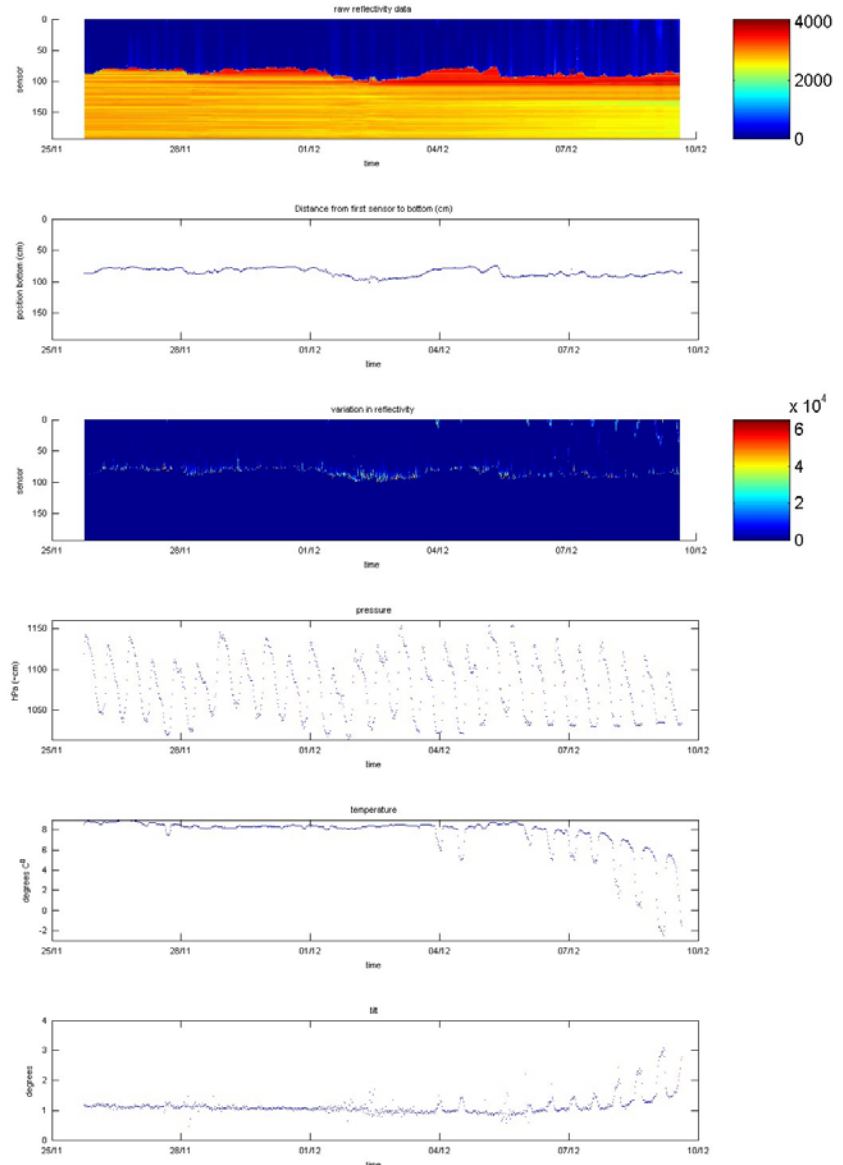
datum naam	waarde	Positie 1e sensor v.d. ASM-IV bepaald met total station	Bodemligging ASM-IV	Bodemligging ASM-IV	Bodemligging total station	Verschil bodemligging ASM-IV en total station
	eenheid	centimeters t.o.v. NAP	Centimetres t.o.v. 1° sensor	centimeters t.o.v. NAP	centimeters t.o.v. NAP	centimeters
25-nov-2002 18:00 1° Plaatsing Aanvang meetperiode 1		-	-86.5	(-208.2)* NAP	-	-
26-nov-2002 18:00 24 uur na 1° plaatsing		-	-77.4	(-199.1)* NAP	-	-
9-dec-2002 15:00 Einde meetperiode 1		-	-85.6	(-207.3)* NAP	-	-
9-dec-2002 15:33 Aanvang meetperiode 2		-	-85.5	(-207.2)* NAP	-	-
14-feb-2003 10:13 Einde meetperiode 2		-	-60.3	(-179.7)* NAP	-	-
14-feb-2003 10:59 Aanvang meetperiode 3		-121.7 NAP (*)	-60.8	-180.2 NAP	-180.2 NAP	0
04-mrt-2003 10:59 extra controle positie		-122.6 NAP	-63	-186.6 NAP	-179.8 NAP	6.8
19-mrt-2003 11:39 Einde meetperiode 3 Weghalen i.v.m. batterij		-122.6 NAP	-64.9	-188.1 NAP	-183.8 NAP	4.3
19-mrt-2003 14:00 2° Plaatsing Aanvang meetperiode 4		-154.6 NAP (**)	-43.0	-197.6 NAP	-	-
20-mrt-2003 14:00 24 uur na 2° plaatsing		-	-34.7	(-189.3)** NAP	-	-
12-jun-2003 8:40 Einde meetperiode 4		-	-18.8	(-173.4)** NAP	-	-

Tabel 1: Plaatsingsgegevens ASM-IV. De bodemligging in de 1^e en 2^e periode is berekend op basis van plaatsbepaling van 14 februari 2004. 3^e periode berekend met plaatsbepaling bij ophalen op 19 maart 2004. 4^e periode berekend op basis plaatsbepaling van 19 maart 2004 na plaatsing.

Bij vergelijking van de ASM-IV bodemligging met de bodemligging, die was bepaald met een total station in maart lijkt de ASM-IV de bodemligging te

onderschatten. De meting van de ASM-IV komt 4 tot 7 cm lager uit dan de waarnemingen met de total station. Dit zou een gevolg van de ontgronding rond de paal kunnen zijn.

ASM IV data, start:25-Nov-2002 18:00:00 stop:09-Dec-2002 15:00:00



Figuur 9: Visualisatie van de standaard output van de ASM-IV in periode 1

5.1.2 1^e Plaatsing en Periode 1

Op 25 november, na de grote storm die plaatsvond in oktober 2002, is de ASM-IV geplaatst op de meetlocatie bij Petten aan de voet van de Zeewering. De plaatsing is uitgevoerd bij laagwater op een punt waar op dat moment meer dan een meter water stond. De informatiedienst heeft met behulp van een total station (TS) de top van de ASM-IV in gemeten op de meetlocatie. De positie van de bovenste sensor is bepaald door te corrigeren voor de afstand tussen de top van het meetinstrument en de bovenste troebelheidsensor. Deze afstand is door de informatiedienst bepaald. Hierbij is geen hoekcorrectie toegepast voor de afwijking van de zuivere verticale oriëntatie van de ASM-IV.

In dit geval is dankzij de zorgvuldige werkwijze van de informatiedienst bij de plaatsing de fout die gemaakt wordt klein iets minder dan 0.3 millimeter voor de onderste sensor om dat het systeem na de plaatsing slechts 1 graad uit het lood stond, zie de onderste grafiek in figuur 9. Bij grotere hoeken loopt de fout op, waardoor een correctie voor de hoek aan te bevelen is. Dit hoeft niet in het veld te gebeuren, maar wel achteraf bij de verwerking van de meetgegevens. Wanneer het instrument is ingemeten ten opzichte van de top van het meetinstrument zorgen niet gecorrigeerde hoekfouten voor een systematisch te lage inschatting van de bodemligging.

De informatiedienst heeft een fout van 1 cm opgegeven voor de bepaling van de verticale positie met de Total Station.

Voor een optimale performance is het van grootste belang dat de hoogte van de bovenste sensor zorgvuldig wordt in gemeten. Helaas ontbreken op het instrument duidelijk markeringen, waar deze hoogte zich bevinden. Ook is de afstand tussen de top van het instrument en de positie van de eerste sensor niet beschreven in de handleiding.

De ASM-IV heeft in periode 1 vrijwel zonder storingen gemeten.

- Starttijd: 25-Nov-2002 18:00:00
- Stoptijd: 09-Dec-2002 15:00:00
- Aantal metingen: 1000
- Percentage goede metingen: 99.8 %
- Duur: 13 dagen; 21 uur; 0 minuten
- meetfrequentie: 1 meting per 20 minuten
- Positie eerste sensor: -121.7 cm t.o.v. NAP

In figuur 9 zijn de basis outputsignalen van het instrument grafisch weergegeven als functie van de tijd in een aantal grafieken. Het betreft grafieken met respectievelijk van boven naar beneden; het ruwe signaal van de 192 optische sensoren in counts (0-4095 => 12 bits); de (berekende) afstand van de bovenste sensor tot de bodem ; de (berekende) variatie in het ruwe signaal van de 192 optische sensoren; de gemeten druk niet geijkt ; temperatuur in graden Celsius en de hoekafwijking vanuit de gewenste loodrechte oriëntatie t.o.v. aardoppervlak in graden.

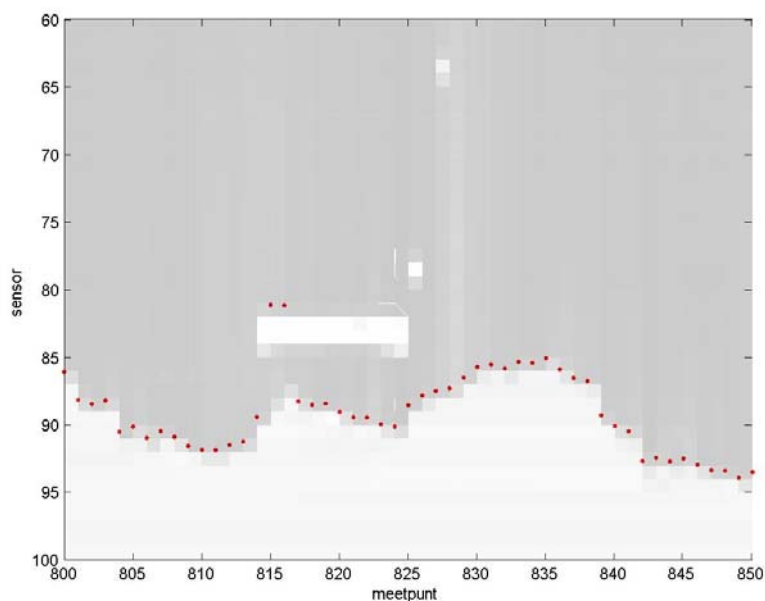
In de onderste grafiek van figuur 9 is zichtbaar dat gedurende periode 1 de oriëntatie van het instrument is veranderd. De afwijking bedraagt circa 1 graad in het begin tot maximaal 3 graden aan het einde van periode 1. Aan het einde van de reeks treden kleine veranderingen in de oriëntatie van het instrument op als functie van het getij. Bij laagwater is de uitwijking groter dan bij hoogwater.

Dit getij afhankelijke fenomeen is alleen zichtbaar in periodes, waarin de kop van het instrument boven water uitsteekt bij laag water.

Het is onduidelijk of dit verschijnsel op een echte hoekafwijking duidt of dat het een artefact betreft, bijvoorbeeld als gevolg van temperatuurf fluctuaties. Een aanwijzing richting deze laatste mogelijkheid vormt de sterke correlatie tussen de gemeten hoekverandering en de gemeten temperatuurveranderingen, die ook zijn weergegeven in figuur 8 in de tweede grafiek van onder. Een andere optie is verbuiging van het instrument onder invloed van de veranderde omstandigheden. In periodes met grotere golfhoogte vertoont de gemeten hoekmeting meer spreiding.

Bij de beschouwing van de ruwe signalen van de optische sensoren, die zijn weergegeven in de bovenste grafiek van figuur 9, in combinatie met de gemeten bodemligging, die is weergegeven in de tweede grafiek, blijkt dat overgang tussen waterkolom en bodem direct zichtbaar is in data. De bodem geeft veel meer signaal dan de waterkolom. Dit komt overeen met de verwachting dat een bodem meer licht zal reflecteren dan gesuspendeerde deeltjes in de waterkolom.

Perioden, waarin de waterstand extreem laag is zijn ook zichtbaar in de metingen. De waterstand valt dan binnen het bereik van de optische sensoren. uit deze perioden kwam naar voren dat de sensoren boven water meer signaal geven dan sensoren in de waterkolom. Dit verschijnsel is niet zo vreemd als het lijkt, maar daar komen we later op terug voor een nadere uitleg.



Figuur 10: In rood is de gedetecteerde bodemligging weergegeven boven op de weergave van de ruwe gegevens. Bij de ruwe gegevens komt wit overeen met veel signaal en grijs met weinig signaal. De bodem geeft onder normale omstandigheden veel signaal (wit). Het afwijkende signaal op sensor 82 en 83 is direct zichtbaar. De bodemligging wordt op twee punten te hoog geschat door de storing. Oorzaak is vermoedelijk bedekking van de sensoren met een reflecterend materiaal, dat met het water is aangevoerd, b.v. een stuk plastic

Ook in de derde grafiek van boven in figuur 9 met daarin de variatie per sensor is de overgang waterkolom bodem duidelijk zichtbaar. Ook de overgang lucht waterkolom is duidelijk zichtbaar in de betreffende periode met zeer laag waterstanden.

Op welke wijze uit de ruwe gegevens de bodemligging precies berekend wordt is door de fabrikant geen informatie verstrekt. Gegeven de duidelijke overgangen is het niet moeilijk om een functioneel algoritme op te stellen. In de verdere analyse van de bodemligging bij de veldmetingen beperken we ons tot het aanwijzen van punten in de data waar het detectie algoritme faalt.

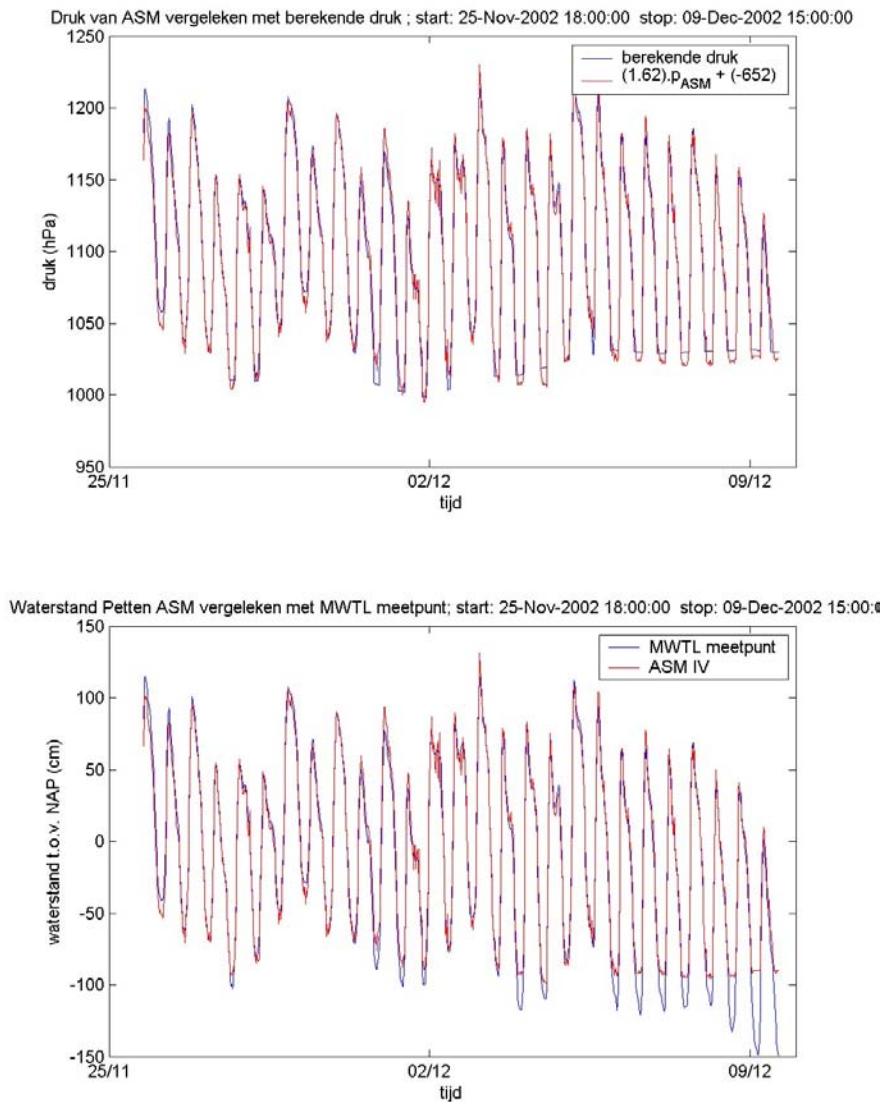
In de periode 1 heeft het algoritme voor detectie van de bodemligging goed gefunctioneerd op twee punten na. Het betreft de volgende metingen:

- Meting nr. 816; 07-Dec-2002 1:40:00
- Meting nr. 817; 07-Dec-2002 2:00:00

De bodemligging wordt in deze beide punten circa 6 centimeter te hoog geschat. Dit blijkt uit visuele inspectie van de ruwe gegevens zie figuur 10. De ruwe data vertoont ook een afwijking in deze periode. Het lijkt erop dat een aantal sensoren net een paar centimeter boven de bodem gedurende 2 uur bedekt zijn geweest door een goed reflecterend materiaal (misschien stuk plastic of zoiets.). Het algoritme heeft alleen bij de eerste twee metingen in deze periode last van deze bedekking, daarna spring het weer terug naar de juiste bodemligging. Terwijl het materiaal nog veel langer de sensoren bedekt. Dit wijst erop dat het algoritme redelijk robuust is opgezet.

Bij vergelijking van de reflectie data met de temperatuur meting lijkt bij temperaturen onder nul, wanneer de kop van de ASM-IV boven water steekt een klein temperatuursgebonden effect waarneembaar in het signaal van alle troebelheidsensoren, die in de bodem zitten. Dit is een punt van aandacht voor bespreking met de fabrikant. Hoewel het geen negatieve invloed heeft op de detectie van de bodemligging. Voor het gebruik van het instrument als troebelheidmeter is het effect van temperatuur van groot belang, omdat de ijking mogelijk licht temperatuursafhankelijk is. Dit is een zeer ongewenst effect.

De positie van de ASM-IV ten opzichte van NAP is gecontroleerd aan de hand van de bekende waterstand bij Petten Zuid en een overgang van een lucht naar water die zichtbaar is in de variatie data (metingnummer 918, 08-Dec-2002 11:40:00) in figuur 9 van het instrument. De overgang tussen water en lucht bevindt zich op dit moment op 37 cm onder de eerste sensor. De eerste sensor bevond zich volgens de plaatsbepaling met de total station op -122 cm t.o.v. NAP. De waterstand volgens de ASM-IV zou dus -159 cm t.o.v. NAP moeten zijn. De waterstand van Petten Zuid op dat zelfde tijdstip bedraagt -148 cm t.o.v. N.A.P. De afwijking tussen de gemeten waterstanden is 11 cm! Deze afwijking moet nader worden geanalyseerd, want een afwijking in de waterstand van 11 centimeter betekent ook dat de bodemligging ook 11 cm afwijking vertoont in absolute zin.



Figuur 11: In de bovenste grafiek staat de gemeten druk van ASM-IV na herijking samen met een berekende druk, die was afgeleid uit de waterstand van Petten-Zuid en de lokale luchtdruk (den Helder). De gemeten druk was geoptimaliseerd op deze berekende druk. Vervolgens is de waterstand berekent uit de gemeten druk van de ASM-IV gecompenseerd voor de lokale luchtdruk. In de onderste grafiek wordt deze ASM-IV waterstand vergeleken met de waterstand van meetpunt Petten Zuid. Sommige lage waterstanden liggen buiten het bereik van de druksensor.

De ASM-IV bevond zich in deze meetperiode het grootste gedeelte van de tijd onder water. Dit blijkt uit figuur 11. De druk gemeten met de ASM-IV zou gecorreleerd moeten zijn aan de lokale luchtdruk en waterstand. Uit een vergelijking van de meetgegevens met de luchtdruk metingen van het KNMI in nabijgelegen Den Helder en de waterstand gemeten op MWTL meetpunt Petten blijkt dat de druksensor van de ASM-IV niet geijkt is. Echter de correlatie tussen de signalen is wel dermate hoog dat na een zorgvuldige ijking

met redelijke betrouwbaarheid druk gemeten moet kunnen worden. Alleen in het onderste deel van het druk bereik vertoont het instrument niet lineair gedrag. Dit gedrag kan samenhangen met de manier waarop druk gemeten wordt. Een nadere toelichting van de fabrikant op de werking van drukmeting is gewenst.

De data van de ASM-IV in figuur 11 is middels een berekeningsprocedure omgewerkt tot een lokale waterstand. Hierbij is de ruwe data gecorrigeerd voor luchtdruk veranderingen en middels de kleinste kwadraten methoden gefit op een berekende druk. Deze berekende druk was afgeleid uit de waterstand h_{NAP} van Petten zuid en de luchtdruk p_{lucht} van KNMI meetstation Den Helder en de verticale positie van de ASM-IV t.o.v. NAP $h_{ASM,NAP}$. Aan deze berekende druk p_{ASM} is de ongeijkt e druk p_{raw} van de ASM-IV middels een least square fit geijkt. Hiervoor zijn de onderstaande vergelijkingen gebruikt.

$$\begin{cases} p_{ASM} = p_{lucht} + g\rho_{water}(h_{NAP} - h_{ASM,NAP}) \\ p_{ASM} = ap_{raw} + b \end{cases}$$

Voor een optimale fit van de gemeten druk aan de berekende druk werden de volgende waarden gevonden

$$a = 1.62$$

$$b = -652$$

$$h_{ASM,NAP} = -85,7$$

Om een optimale match te krijgen tussen de waarden in de vergelijking was het nodig een tijdscorrectie van plus 22 minuten op ASM-IV tijd toe te passen. Het kan zijn dat de interne klok van de ASM-IV niet goed was ingesteld, maar vooralsnog is het niet duidelijk waar het grote verschil vandaan komt. In de weergave van datum en tijd is deze correctie verder niet meegenomen. Uit eindelijk was de spreiding in het verschil geminimaliseerd op:

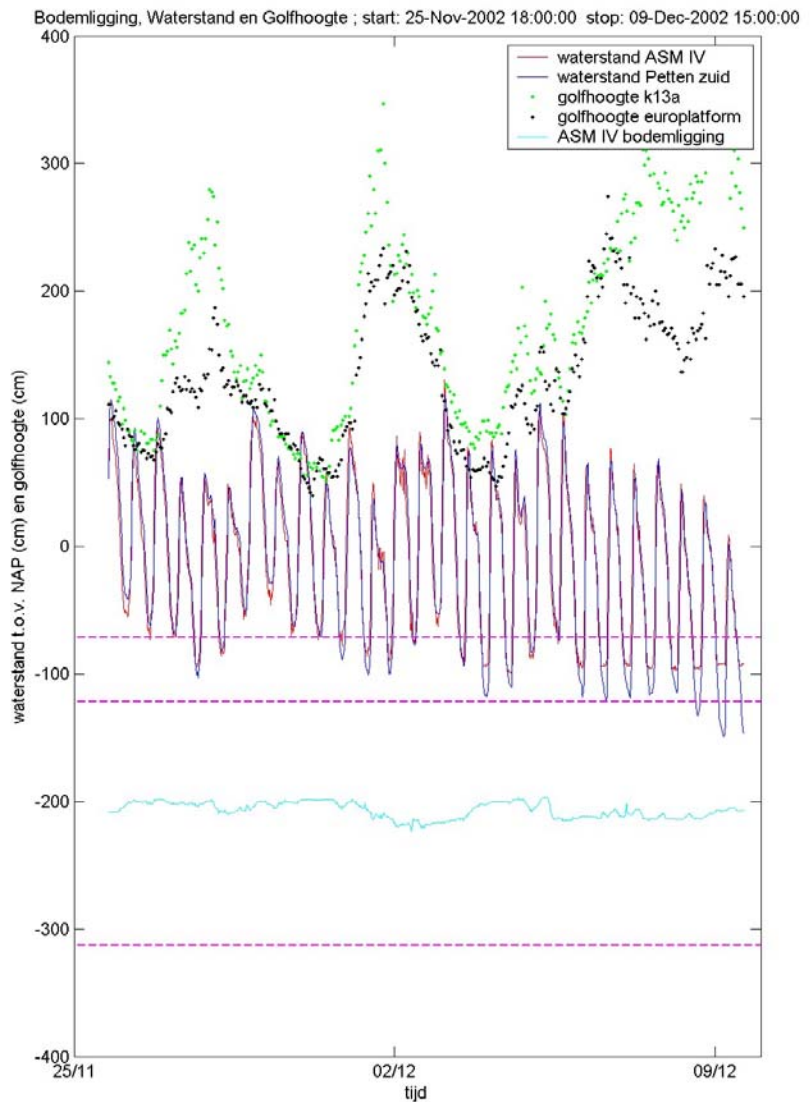
Standaard deviatie van het verschil = 7.73 hPa

Voor de berekening van de waterstand op basis van de ASM-IV druk is de volgende vergelijking toegepast.

$$h_{NAP} = h_{ASM,NAP} + \frac{(ap_{raw} + b - p_{lucht})}{g\rho_{water}}$$

Voor een eerste indruk is deze wijze van vergelijking afdoende om de belangrijkste punten rond de druk meting boven tafel te krijgen.

Naast de ijking van de druksensor zijn er nog enkele punten voor verbetering van de drukmeting van de ASM-IV aan te wijzen. Op het instrument ontbreekt aan een duidelijke markering van het referentie punt ten opzichte waarvan de drukmeting wordt uitgevoerd. Verder sluiten de drukmeting en het optisch sensor bereik niet op elkaar aan hierdoor valt er een onnodig gat. Bij de interpretatie van de meetresultaten is het druk signaal een uitermate nuttig gegeven om na te gaan, wanneer het instrument boven water heeft gestoken.

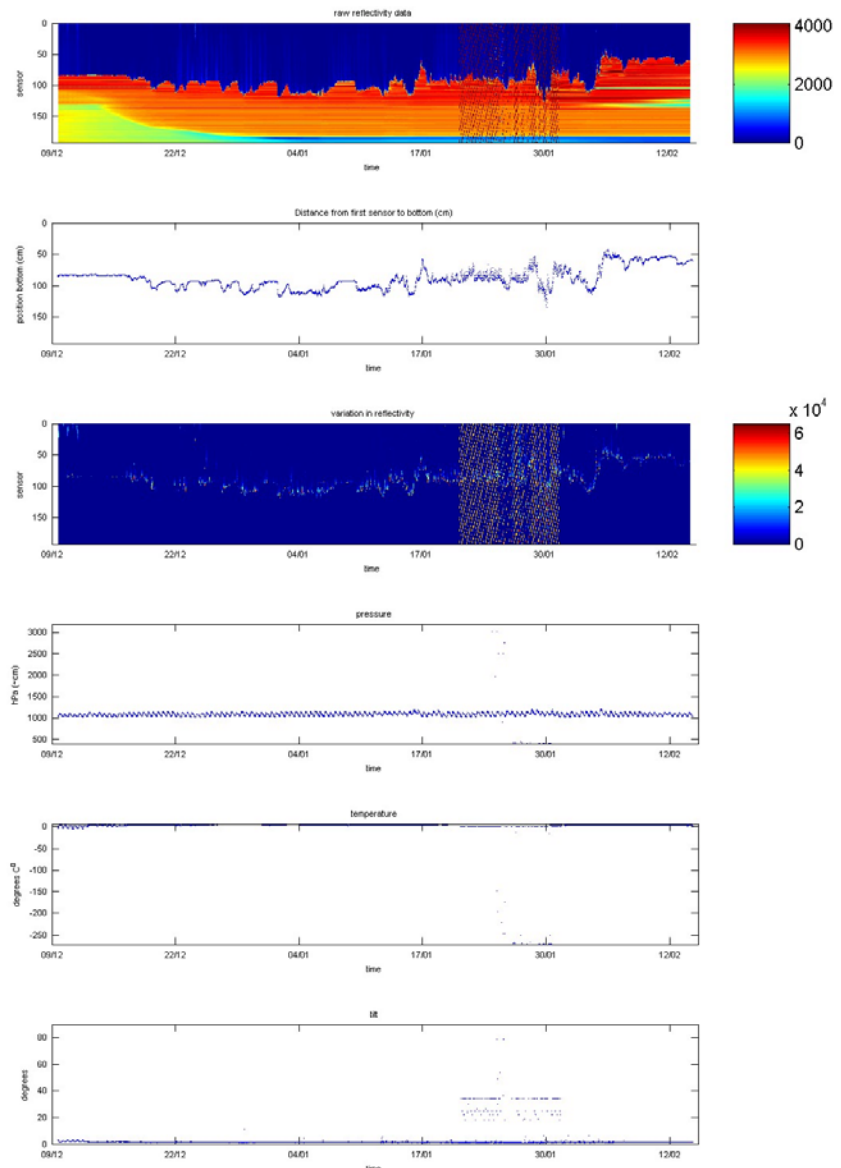


Figuur 12: Dynamiek van de waterbodem als functie van de tijd gezamenlijk weergegeven met golfhoogte en waterstand. De roze lijnen markeren het meetbereik van de optische sensoren en de top van het meetsysteem.

In figuur 12 zijn de meetgegevens van de ASM-IV gecombineerd met golfhoogte informatie. Voor de uiteindelijke gebruikers van de informatie is de samenhang tussen bodemdynamiek en golfhoogte van belang. Voor het functioneren van het instrument is van belang of het instrument onder alle omstandigheden blijft functioneren en op welke wijze de omstandigheden de resultaten van het instrument beïnvloeden.

Alleen in de meetgegevens van de hellingsmeting werd enige invloed van de golfwerking waargenomen. Deze invloed uit zich in een kleine toename in de spreiding de meetgegevens van de hellingsmeter.

ASM IV data, start:09-Dec-2002 15:33:10 stop:14-Feb-2003 10:13:10



Figuur 13: Visualisatie van de standaard output van de ASM-IV

5.1.3 Periode 2;

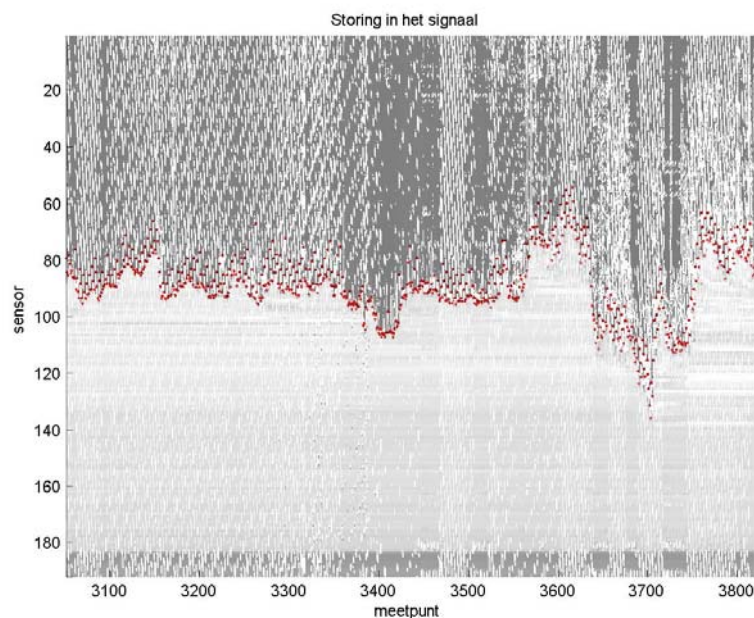
In periode 2 bevindt de ASM-IV zich op dezelfde locatie als in periode 1. Tijdens deze periode heeft de ASM-IV een aantal dagen met storing gehad.

- Starttijd: 09-Dec-2002 15:33:10
- Stoptijd: 14-Feb-2003 15:13:10
- Aantal metingen: 4809
- Aantal goede metingen: 4038
- Percentage goede metingen: 84.0 %
- Duur: 66 dagen; 19 uur; 0 minuten
- meetfrequentie: 1 meting per 20 minuten
- Positie eerste sensor: -121.7 cm t.o.v. NAP

- Start storing: meet punt: 3051; 21-Jan-2003 00:13:10
- Stop storing: meet punt: 3818; 31-Jan-2003 15:53:10

In figuur 13 is de standaard output van het instrument in deze periode weergegeven. Het betreft grafieken met respectievelijk van boven naar beneden; het ruwe signaal van de 192 optische sensoren in counts (0-4095 => 12 bits); de (berekende) afstand van de bovenste sensor tot de bodem ; de (berekende) variatie in het ruwe signaal van de 192 optische sensoren; de gemeten druk niet geijkt ; temperatuur in graden Celsius en de hoekafwijking vanuit de gewenste loodrechte oriëntatie t.o.v. aardoppervlak in graden.

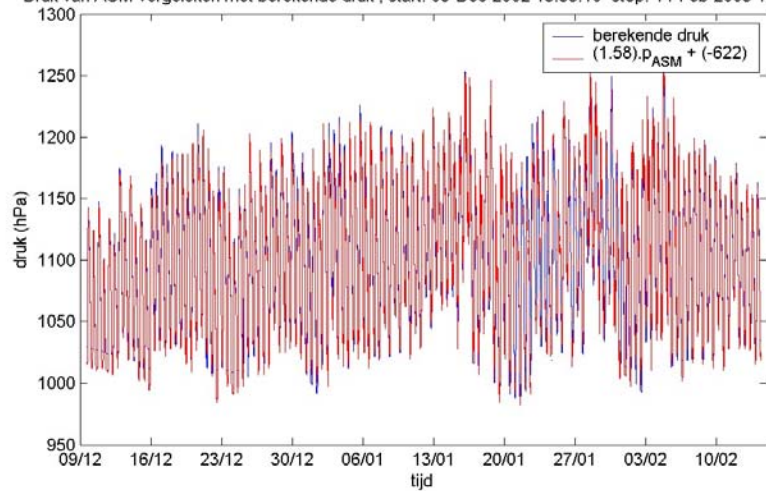
Tijdens 16 % van de metingen in periode 2 treedt storing in de signalen op. De resultaten van alle sensoren vertonen uitbijters tijdens de storing. Voor de bepaling van de bodemligging resulteert de storing in een grotere onnauwkeurigheid. Dit is te zien in figuur 14. Tijdens de storing is de bodemligging vaak te hoog geschat. De fout in de bodemligging kan oplopen tot circa 12 cm boven het juiste niveau.



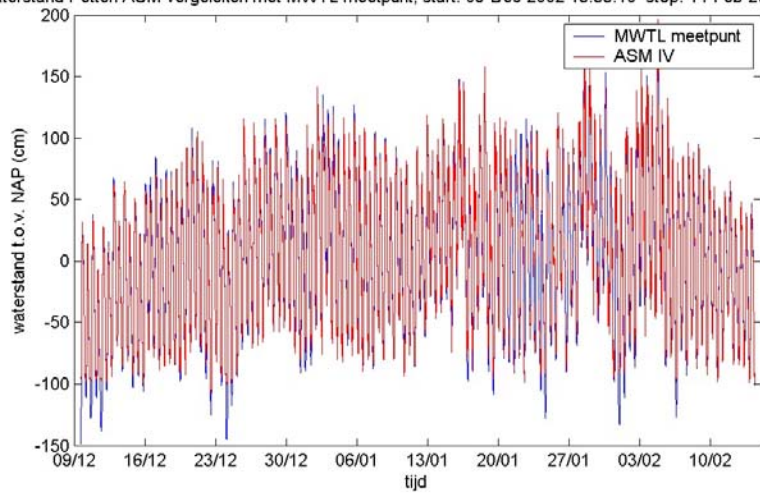
Figuur 14: De uitbijters in de data tijdens de storing zijn goed zichtbaar in de ruwe data van de optische sensoren. In rood is de gedetecteerde bodemligging weergegeven. Het is direct zichtbaar dat de bodemligging vaak te hoog wordt geschat.

Gezien de aard van de storing waarbij er over het hele signaal 15% van de punten uit uitbijters naar boven bestaan heeft het algoritme redelijk gepresteerd. Het algoritme moet robuust opgezet zijn om uit een dergelijk signaal nog een redelijke bodemligging te kunnen destilleren. Met enige extra inspanning is de juiste bodem hoogte nog wel uit de data af te lijden. Dit doel ligt echter niet binnen de scope van dit onderzoek. Op basis van figuur 14 is schatting gedaan hoeveel de gemiddelde bodemligging in de storingsperiode boven de juiste waarde ligt. De geschatte afwijking bedraagt 5 ± 3 cm boven de werkelijk bodem.

Druk van ASM vergeleken met berekende druk ; start: 09-Dec-2002 15:33:10 stop: 14-Feb-2003 10:13:10



Waterstand Petten ASM vergeleken met MWTL meetpunt; start: 09-Dec-2002 15:33:10 stop: 14-Feb-2003 10:13:10



Figuur 15: In de bovenste grafiek staat de gemeten druk van ASM-IV na herijking samen met een berekende druk, die was afgeleid uit de waterstand van Petten-Zuid en de lokale luchtdruk (den Helder). De gemeten druk was geoptimaliseerd op deze berekende druk. Vervolgens is de waterstand berekent uit de gemeten druk van de ASM-IV gecompenseerd voor de lokale luchtdruk. In de onderste grafiek wordt deze ASM-IV waterstand vergeleken met de waterstand van meetpunt Petten Zuid. Sommige lage waterstanden liggen buiten het bereik van de druksensor.

Bij de fit van de gemeten druk aan de waterstand van Petten-Zuid volgens de methodiek die is beschreven in de resultaten van periode 1 werden de volgende waarden gevonden voor de ijking van de druksensor.

$$a = 1.58$$

$$b = -622$$

$$h_{ASM,NAP} = -81,7$$

De grafische weergave van de gecorrigeerde druk staat in figuur 15. De interne klok van de ASM-IV moest met 24.5 minuten worden opgehoogd om goed op het gemeten getij (waterstand) van MWTL-meetpunt Petten-Zuid te passen.

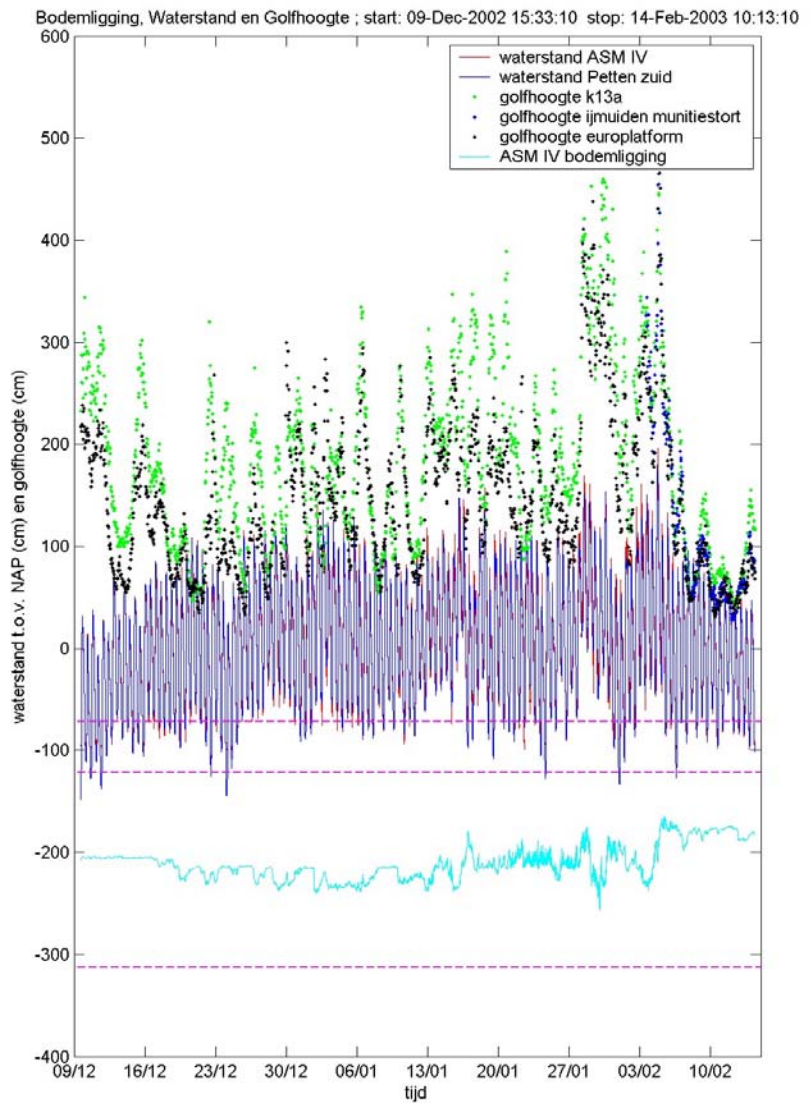
Uiteindelijk is voor periode 2 de spreiding in het verschil tussen de berekende druk uit de waterstand gecombineerd met de luchtdruk en de gemeten druk geminimaliseerd op:

Standaard deviatie van het verschil = 9.98 hPa

In de grafiek voor de temperatuur van figuur 13, de tweede van onder, is het effect van de storing zo groot dat de details in de niet verstoorde periode niet zichtbaar zijn. Het zelfde geldt voor de gegevens van de hellingmeter. Nadere analyse van de temperatuur gegevens geeft aan dat de temperatuur van het water in periode 2 varieerde tussen de 2 en 6 graden Celsius. In het begin van de meting heeft de sensor vaak boven water uitgestoken en werden lucht temperaturen tot 6 graden Celsius onder nul gedetecteerd.

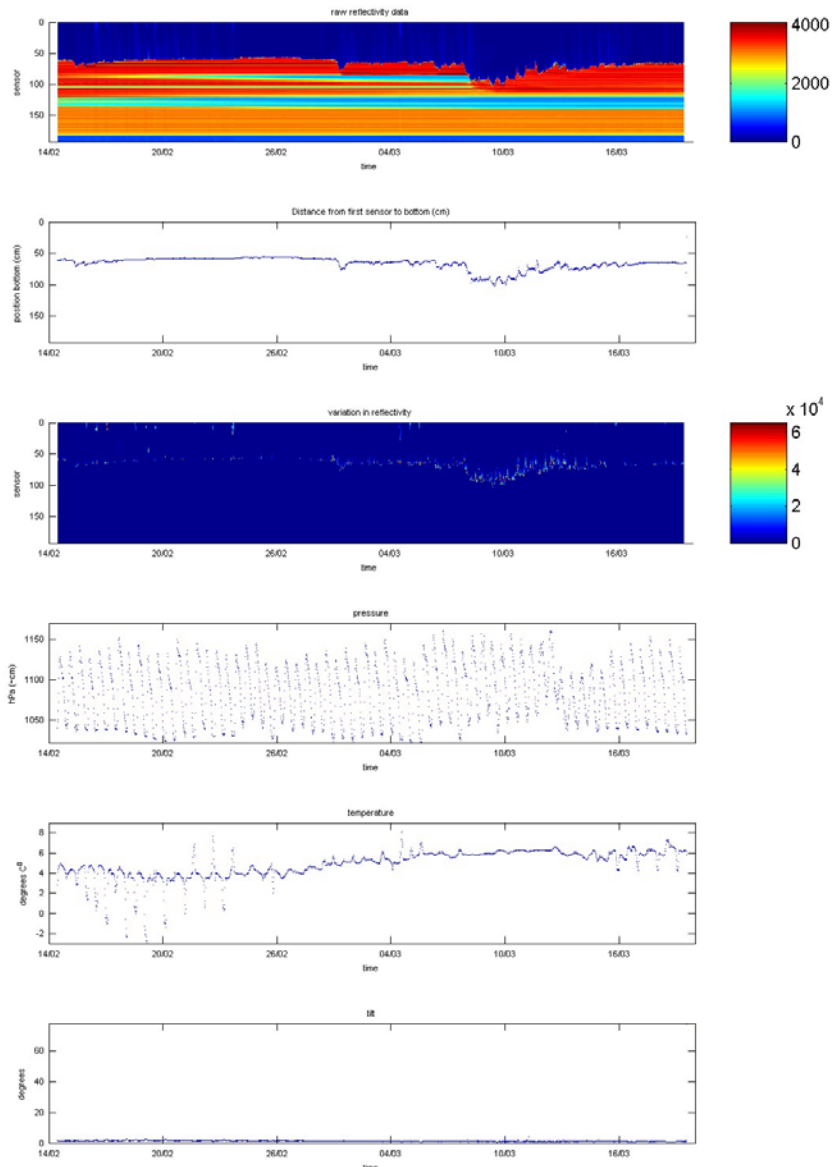
Tijdens periode 2 is de oriëntatie van het instrument weinig veranderd. De afwijking bedraagt circa 2 graden bij aanvang van de meting tot circa 1.5 graden aan het einde van de meting. Met uitzondering van de tijd, waarin het instrument boven water steekt, want dan bedraagt de afwijking circa 3 graden. Het is onduidelijk of dit verschijnsel een echte hoekafwijking is of dat het een artefact betreft bijvoorbeeld als gevolg van temperatuurf fluctuaties. Deze waarneming sluit aan op de ervaring in de eerste periode. In de storingsperioden vertonen de gegevens van de hellingsmeter veel uitbijters.

In figuur 16 zijn de meetgegevens van de ASM-IV gecombineerd met golfhoogte informatie. Ook in periode 2 werd alleen in de meetgegevens van de hellingsmeting enige invloed van de golfwerking waargenomen. De invloed uit zich in een kleine toename in de spreiding de meetgegevens.



Figuur 16: Dynamiek van de waterbodem gemeten door de ASM-IV als functie van de tijd gezamenlijk weergegeven met golfhoogte en de ASM-IV waterstand.

ASM IV data, start:14-Feb-2003 10:59:04 stop:19-Mar-2003 12:59:04



Figuur 17: Visualisatie van de standaard output van de ASM-IV

5.1.4 Periode 3

De ASM-IV heeft in periode 3 zonder storing gemeten, alleen de laatste twee punten zijn verstoord vermoedelijk omdat het instrument eerst van de plaats gelicht is en naar de wal gebracht voor dat de meting gestopt werd.

- Starttijd: 14-Feb-2003 10:59:04
- Stoptijd: 19-Mrt-2003 12:59:04
- Aantal metingen: 2383
- Percentage goede metingen: 99.9%
- Duur: 33 dagen; 2 uur; 0 minuten
- meetfrequentie: 1 meting per 20 minuten

- Positie eerste sensor: -122.6 cm t.o.v. NAP

In figuur 17 is de standaard output van het instrument in deze periode weergegeven. Het betreft grafieken met respectievelijk van boven naar beneden; het ruwe signaal van de 192 optische sensoren in counts (0-4095 => 12 bits); de (berekende) afstand van de bovenste sensor tot de bodem ; de (berekende) variatie in het ruwe signaal van de 192 optische sensoren; de gemeten druk niet geijkt ; temperatuur in graden Celsius en de hoekafwijking vanuit de gewenste loodrechte oriëntatie t.o.v. aardoppervlak in graden.

De bodemligging is gedurende hele periode zonder zichtbare storing gedetecteerd.

Twee meetpunten zijn verstoord, doordat het instrument gelicht werd van zijn locatie voordat de meting beëindigd werd. Het betreft de laatste twee metingen in de reeks:

- Meting nr. 2382; 19-Mar-2003 12:39:04
- Meting nr. 2383; 19-Mar-2003 12:59:04

Verder is de meting geheel vrij van storingen. De uitwijking van het instrument bedraagt bij aanvang circa 1.5 graad tegen 1 graad aan het einde van de meting. Wanneer het instrument met de kop boven water steekt treden tijdens de vorstperiode in het begin hoeken op tot 3 graden. Daarnaast treedt in periodes met verhoogde golfslag meer spreiding op in de afwijking, ook weer als de instrumentkop boven water steekt.

De grafische weergave van de gecorrigeerde druk staat in figuur 18. De gemeten druk is gefit aan de waterstand van Petten-Zuid conform de procedure die is beschreven in de paragraaf met resultaten van periode 1. De volgende waarden werden gevonden.

$$a = 1.61$$

$$b = -647$$

$$h_{ASM,NAP} = -90.6$$

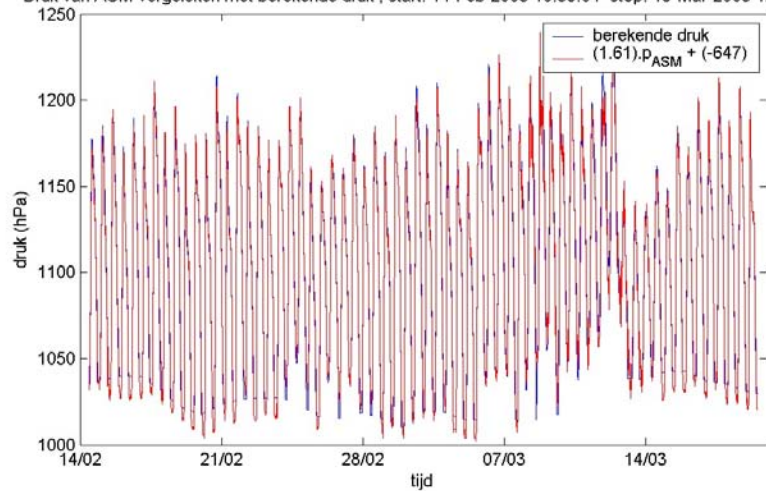
De interne klok van de ASM-IV moest met 29 minuten worden opgehoogd om goed op het gemeten getij (waterstand) van MWTL-meetpunt Petten-Zuid te passen.

Uiteindelijk is de spreiding in het verschil tussen de berekende druk uit de waterstand gecombineerd met de luchtdruk en de gemeten druk voor deze periode geminimaliseerd op:

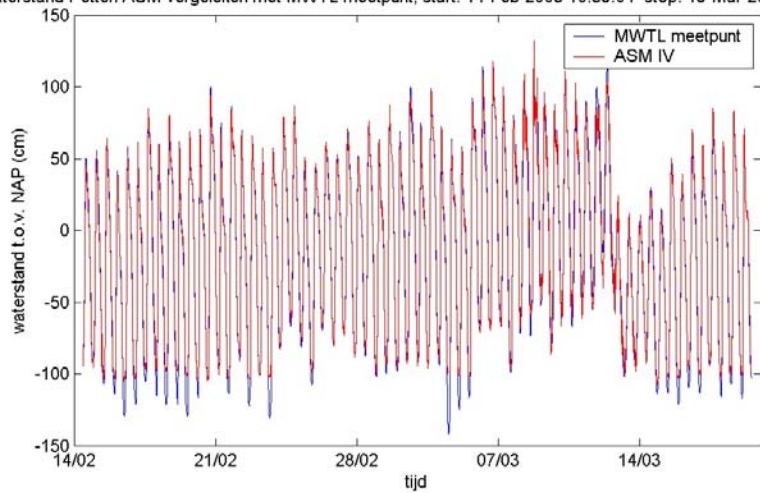
Standaard deviatie van het verschil = 7,63 hPa

Het geen overeenkomt met een spreiding in het verschil in waterstand van 7,6 centimeter.

Druk van ASM vergeleken met berekende druk ; start: 14-Feb-2003 10:59:04 stop: 19-Mar-2003 12:59:04

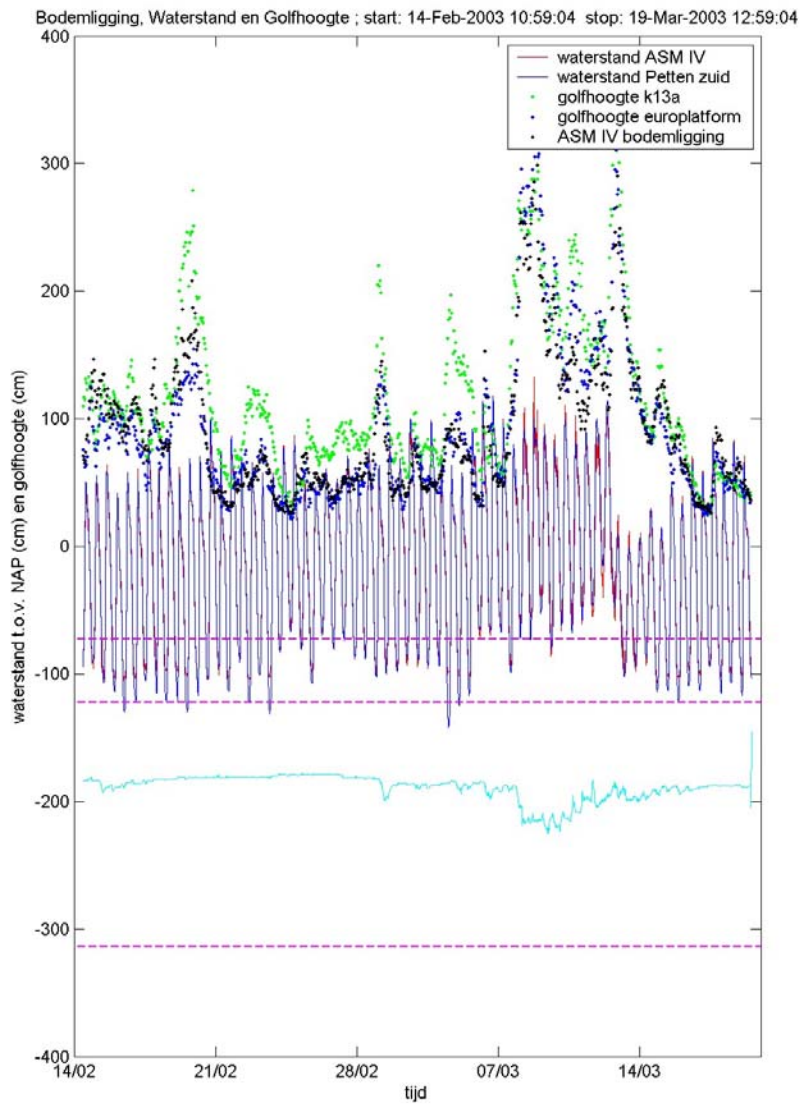


Waterstand Petten ASM vergeleken met MWTL meetpunt; start: 14-Feb-2003 10:59:04 stop: 19-Mar-2003 12:59:04



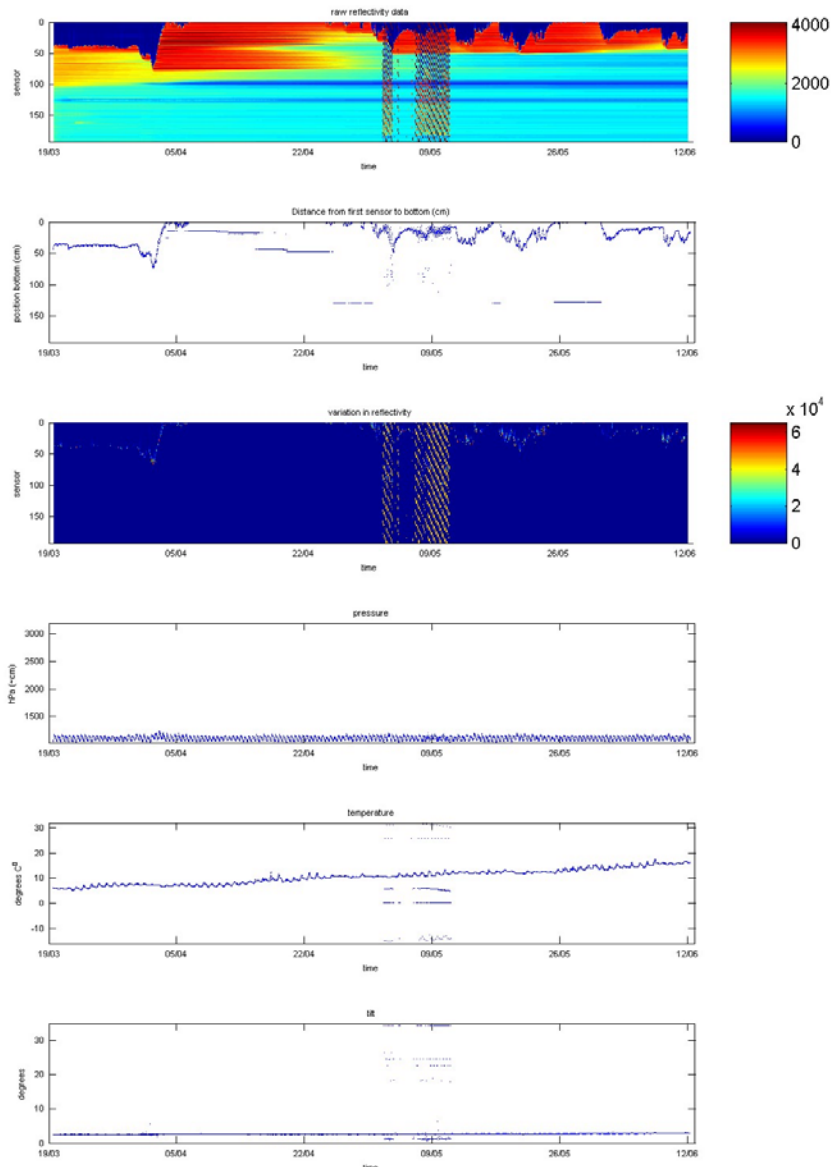
Figuur 18: In de bovenste grafiek staat de gemeten druk van ASM-IV na herijking samen met een berekende druk, die was afgeleid uit de waterstand van Petten-Zuid en de lokale luchtdruk (den Helder). De gemeten druk was geoptimaliseerd op deze berekende druk. Vervolgens is de waterstand berekent uit de gemeten druk van de ASM-IV gecompenseerd voor de lokale luchtdruk. In de onderste grafiek wordt deze ASM-IV waterstand vergeleken met de waterstand van meetpunt Petten Zuid. Sommige lage waterstanden liggen buiten het bereik van de druksensor.

In figuur 19 zijn de meetgegevens van de ASM-IV gecombineerd met golfhoogte informatie. Wederom is alleen in de gegevens van de hellingsmeter enige effect van de golfhoogte zichtbaar in de vorm van meer spreiding.



Figuur 19: Dynamiek van de waterbodem gemeten door de ASM-IV als functie van de tijd gezamenlijk weergegeven met golfhoogte en de ASM-IV waterstand.

ASM IV data, start:19-Mar-2003 14:00:00 stop:12-Jun-2003 08:40:00



Figuur 20: Visualisatie van de standaard output van de ASM-IV

5.1.5 2^e plaatsing en Periode 4

Voorafgaand aan deze periode was de ASM-IV uit de bodem gelicht om de batterijen te vervangen. Bij het terug plaatsen van het instrument was het instrument dieper (te diep) in de bodem geplaatst. In deze periode heeft de ASM-IV een aantal dagen met storing gehad.

- Starttijd: 19-Mrt-2003 14:00:00
- Stoptijd: 12-Jun-2003 8:40:00
- Aantal metingen: 6105
- Aantal goede metingen: 3859 (63 %)
- Aantal goede metingen na correctie voor buiten bereik; 2807 (47%)
- Duur: 66 dagen; 19 uur; 0 minuten

- meetfrequentie: 1 meting per 20 minuten
- Positie eerste sensor: -154.6 t.o.v. NAP (**)
- Start storing: meet punt: 3051; 21-Jan-2003 00:13:10
- Stop storing: meet punt: 3818; 31-Jan-2003 15:53:10

Bij de inspectie van de ruwe sensor gegevens in figuur 20 bovenste grafiek springen twee kenmerken van deze periode in het oog. Het eerste kenmerk is dat er een storing in een deel van de dataset aanwezig is, die vergelijkbaar is met de storing in de tweede periode. In de bovenstaande punten lijst is de aanvang en het einde van deze storing aangegeven. Het tweede kenmerk is de te diepe plaatsing van het instrument, waardoor de bodemligging voor een deel van de meetperiode boven het sensorbereik heeft gelegen. Voor de evaluatie is het belang of het instrument deze toestand zelf herkend.

De detectie van de bodemligging is weergegeven in de tweede grafiek in figuur 18. In de storingsperiode was de bodemligging binnen het bereik van de sensoren. De bodemligging vertoont meer ruis en bevat een fors aantal uitbuiters, ook omlaag. In periode 2 werd de bodemligging door de storing te hoog geschat, dat was nu niet het geval. Er zijn stukken in de data aan te wijzen waar de bodem te hoog wordt geschat maar ook waar de bodem te laag wordt geschat. Verder blijkt de bodemligging geheel fout wordt geschat, wanneer de bodem boven het bereik van de optische sensoren ligt. De standaard software is niet in staat deze situatie te herkennen. De bodem wordt ergens in de bodem gelegd waar de data een opgaande flank vertoont, geredeneerd vanuit het signaal van de top sensor omlaag langs de reeks van sensoren. Dit betekent vooralsnog dat de bij de validatie handmatig afgevlagd moet worden. De situatie is visueel makkelijk te herkennen in de data, daarom moet het mogelijk zijn slimmer software te ontwikkelen die deze situatie goed herkent. De uitspraak die je in dit geval zou kunnen doen is dat de bodemligging hoger ligt dan de bovenste sensor. De laagste waarde die gedetecteerd werd is 2.1 cm onder de bovenste sensor. Het feitelijk meetbereik voor bodem is dus zeker 2 cm korter dan afstand tussen de bovenste en de onderste sensor.

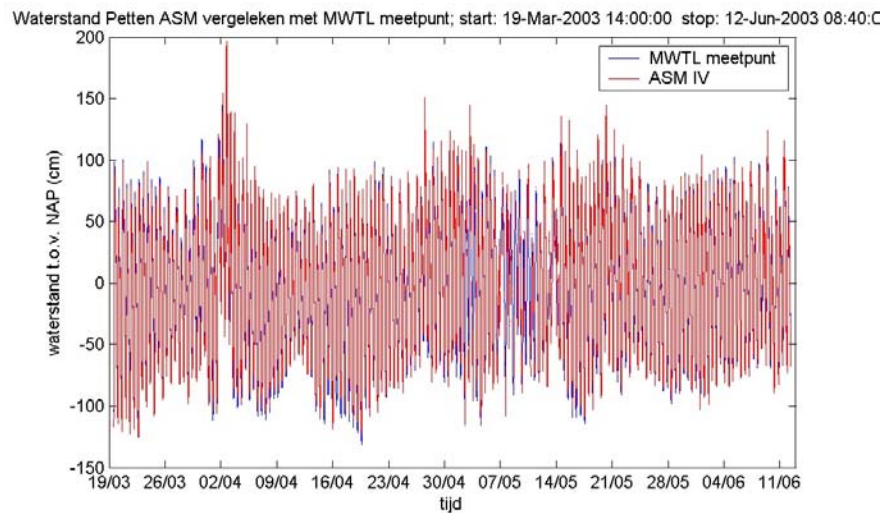
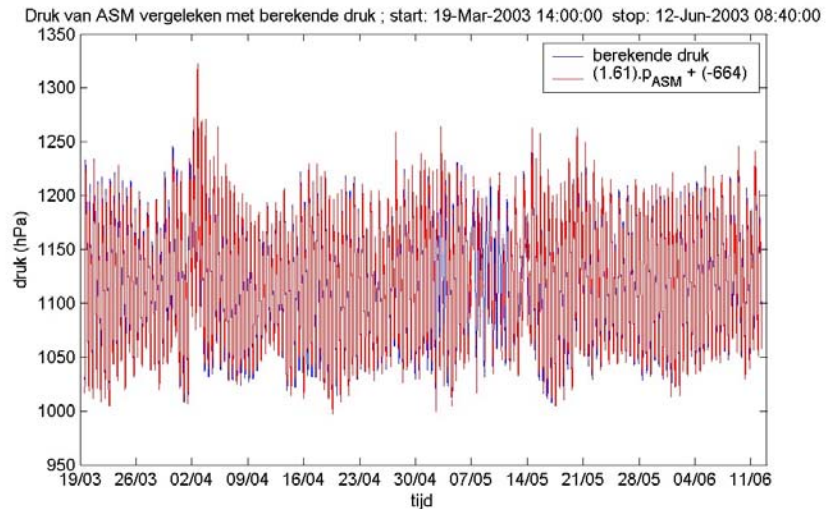
De meting van de druk is goed verlopen, behalve in de periode met storing. In die periode vertoont de dataset een groot aantal makkelijk herkenbaar uitbijters omhoog. Helaas niet goed zichtbaar in de figuur 20 met de standaard output van de ASM-IV. In figuur 21 is het signaal van de druk meting vergeleken met de waterstandsmeting in Petten-Zuid. De gemeten druk is gefit aan de waterstand van Petten-Zuid conform de procedure die is beschreven in de paragraaf met resultaten van periode 1. De volgende waarden werden gevonden.

$$a = 1.61$$

$$b = -664$$

$$h_{ASM,NAP} = -104.1$$

De interne klok van de ASM-IV moest met 26 minuten worden opgehoogd om goed op het gemeten getij (waterstand) van MWTL-meetpunt Petten-Zuid te passen.



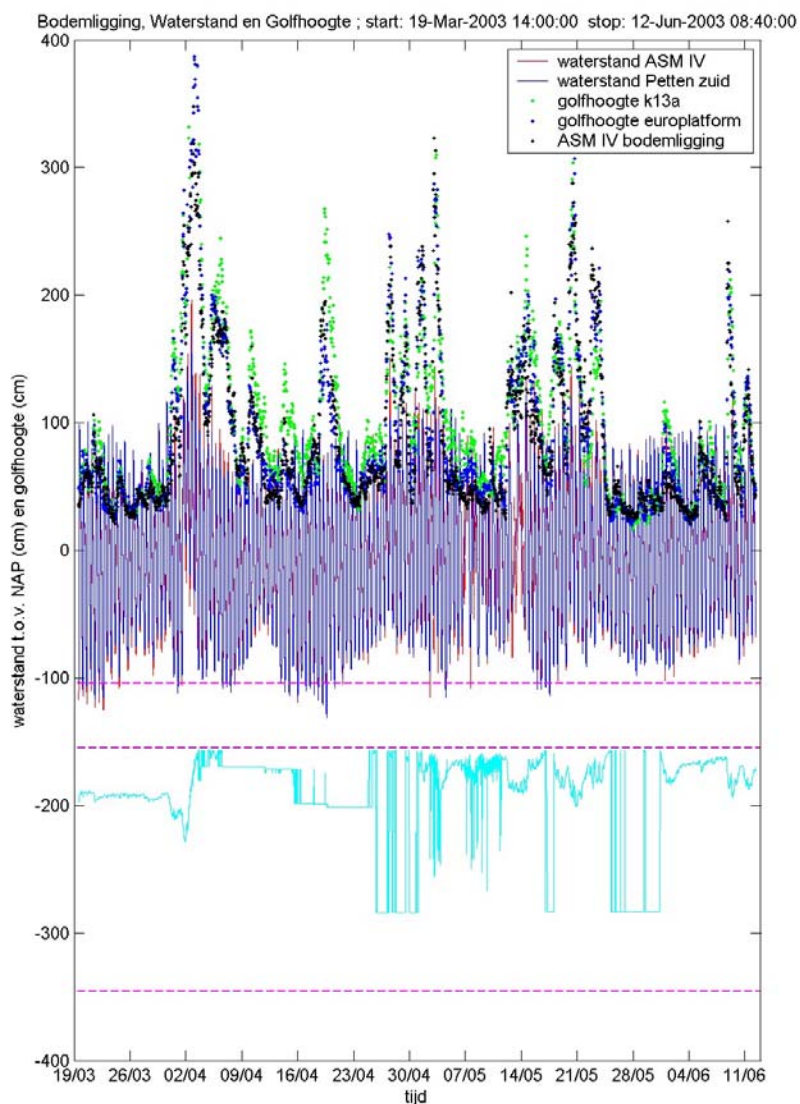
Figuur 21: In de bovenste grafiek staat de gemeten druk van ASM-IV na herijking samen met een berekende druk, die was afgeleid uit de waterstand van Petten-Zuid en de lokale luchtdruk (den Helder). De gemeten druk was geoptimaliseerd op deze berekende druk. Vervolgens is de waterstand berekent uit de gemeten druk van de ASM-IV gecompenseerd voor de lokale luchtdruk. In de onderste grafiek wordt deze ASM-IV waterstand vergeleken met de waterstand van meetpunt Petten Zuid. Sommige lage waterstanden liggen buiten het bereik van de druksensor.

Uiteindelijk is de spreiding in het verschil tussen de berekende druk uit de waterstand gecombineerd met de luchtdruk en de gemeten druk voor deze periode geminimaliseerd op:

Standaard deviatie van het verschil = 12,3 hPa

Het geen overeenkomt met een spreiding in het verschil in waterstand van ruim 12 cm

De temperatuur meting is goed, behalve in de periode met storing. In de storingsperiode bevat de temperatuur meting makkelijk herkenbare uitbuiters. Ook data van de hellingsmeter is aangetast in deze periode. Het signaal bevat een groot aantal uitbijters in die periode. De helling verandert weinig van 2.5 graden bij aanvang naar 2,9 graden aan het einde van meetreeks. Bij verhoogde golfslag treedt iets meer spreiding op in de data.



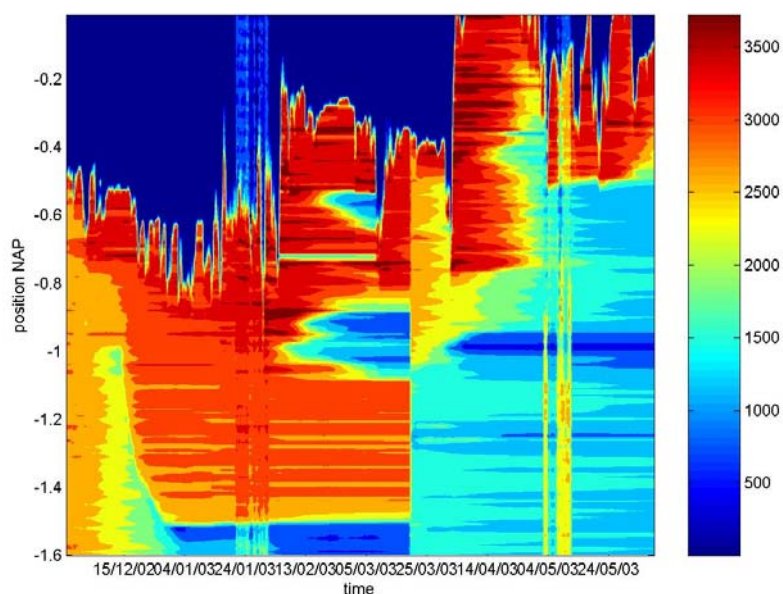
Figuur 22: Dynamiek van de waterbodem gemeten door de ASM-IV als functie van de tijd gezamenlijk weergegeven met golfhoogte en de ASM-IV waterstand.

In figuur 22 is de dynamiek in de waterkolom weergegeven samen met de ASM-IV bodemligging. Er is geen poging gedaan foutieve meetpunten in de bodem detectie te verwijderen.

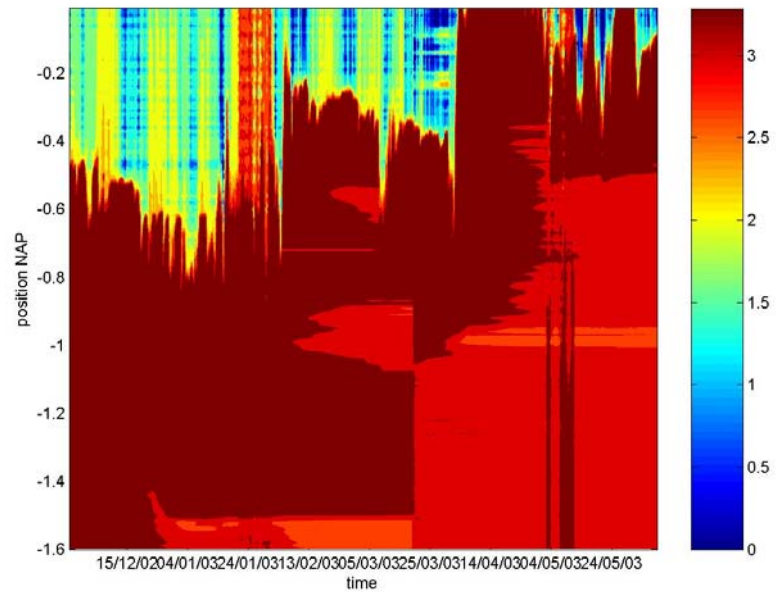
5.1.6 Overzicht

In figuur 23 en 24 zijn de ruwe datasets van de vier perioden samengevoegd. Wat in figuur 23 opvalt is de enorm dynamiek in de reflectie van de bodem, omdat deze reflectie veranderingen veel groter zijn dan de reflectie veranderingen in de waterkolom lijkt er in de waterkolom helemaal niks te gebeuren. Dit is echter niet het geval. In figuur 24 is de logaritme van het reflectie signaal genomen. Door deze ingreep word de dynamiek in de bodem minder gezichtsbepalend. Het lagere bereik dat overeen komt met de waterkolom vertoont nu wel veel dynamiek. Dit vormt een aanwijzing dat de ASM-IV toch bruikbaar is als troebelheidsmeter in de waterkolom.

Verder illustreren beiden figuren de enorme dynamiek in de bodemligging over de gehele meetperiode van ruim 6 maanden.



Figuur 23: Ruwe reflectie data van de optische sensoren van de ASM4. de kleuring komt overeen met een specifiek intensiteit van het signaal in counts. Het troebelheidsprofiel is langs de verticale as geplaatst. De overgang van waterkolom naar bodem is over de hele periode duidelijk zichtbaar, daarnaast zijn er veel veranderingen in het reflecterende vermogen van de bodem zichtbaar. De dynamiek in de reflectie van de bodem worden mogelijk veroorzaakt door veranderingen in de dichtheid van het bodemmateriaal



Figuur 24: In deze grafiek is in kleur de logaritme van het ruwe reflectie signaal van de ASM4 weergegeven. Op deze wijze wordt direct zichtbaar dat de waterkolom ook dynamisch is. Periodes met verhoogde troebelheid worden afgewisseld met rustige periodes met weinig signaal

5.2 Metingen in het landelijke instrumenten bestand

In het laboratorium van het landelijk instrumenten bestand zijn aanvullende tests uitgevoerd om een beter inzicht te verwerven in de werking en de prestaties van het instrument onder controleerbare omstandigheden.

De tests waren zodanig ingericht dat met meer zekerheid de volgende vragen van een antwoord voorzien kunnen worden.

- Welke invloed heeft de keuze voor een specifieke ijking op de meetresultaten?
- Hoe goed wordt de bodemligging gedetecteerd?
- Wat zijn de beperkende factoren in de detectie van de bodemligging?
- Hoe goed zijn de sensoren als troebelheidmeter?
- Kan het instrument een troebelheidsprofiel meten?

5.2.1 Inspectie van fysieke maten

De onderlinge ligging van de optische sensoren is bepaald.

- Afstand tussen eerste sensor (1) en laatste sensor 1 (192)
 - gemeten afstand: 1906,0 mm
 - verwachte afstand: 1910,0 mm
 - afwijking: 4 mm
- Berekende gemiddelde afstand tussen de sensoren: 9,98 mm

Nog uit te voeren

- afstand tussen druk sensor en eerste sensor is onbekend op basis van de tekening wordt vermoed dat de onderste O ring van de instrument kop maatgevend is.

5.2.2 Experiment invloed ijkingbestanden

In het LIB is de oude test opstelling van de stappenbaken gebruikt. Dit systeem bestaat uit een drukvat en een grote perspex buis van circa twee en halve meter lengte. De ASM-IV werd in de buis geplaatst. In het drukvat bevond zich voldoende water om de buis geheel te kunnen vullen met water. Het vullen gebeurde door het vat onder druk te zetten met perslucht, vervolgens kon met een kraantje de buis gecontroleerd met water worden gevuld. Door de opbouw van de testopstelling kon de buis niet in verticale oriëntatie worden gebruikt, maar alleen onder een hoek. Tijdens de tests was deze hoek t.o.v. de verticaal circa 45 graden.

Door zijn lengte was het onmogelijk om met de bestaande opstelling de gehele ASM-IV onder water te plaatsen. Onder alle omstandigheden bevond een deel van het sensorbereik zich boven water. Hierdoor kon de druksensor niet getest worden. De waterbodem werd gesimuleerd door een grijze PVC pijp over de ASM-IV te plaatsen.

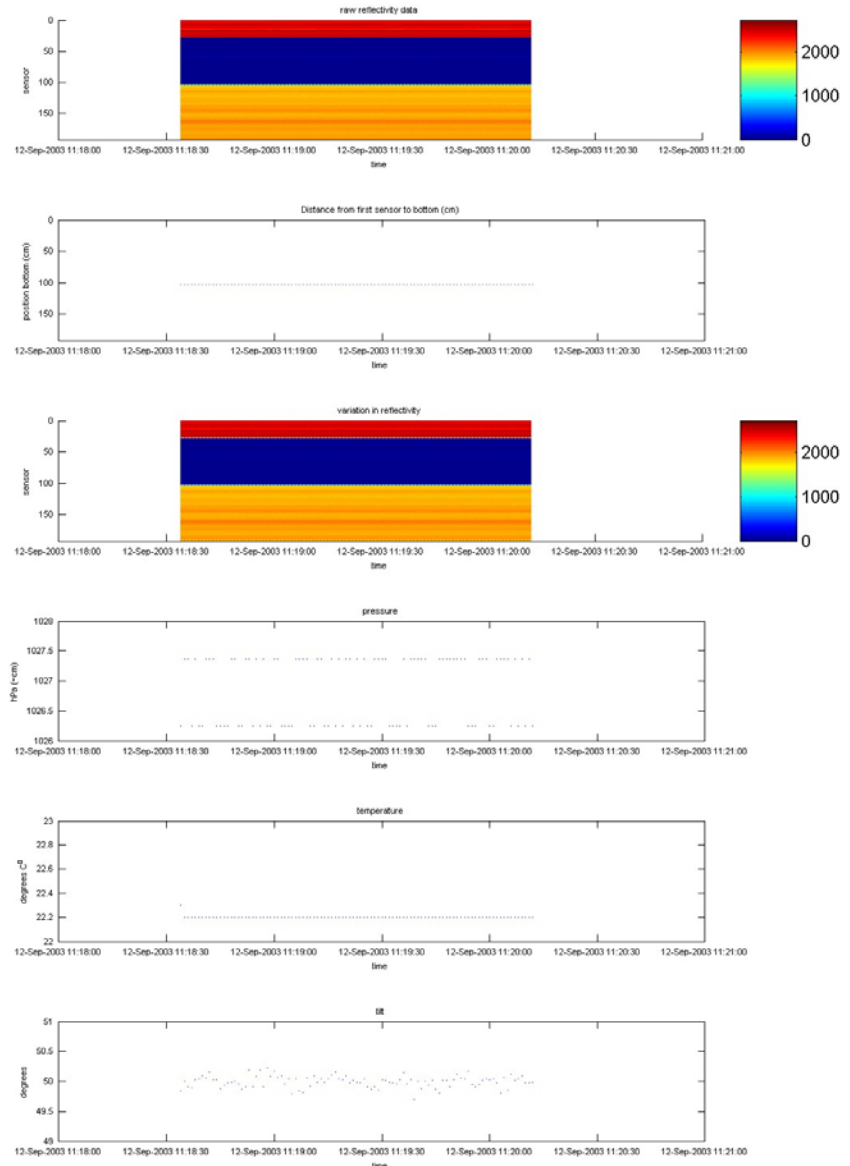
Met de ASM-IV werden vier ijkingbestanden meegeleverd.

1. 53mud010
2. 53sanbot
3. 53mudbot
4. 53san050

De veldmetingen in Petten zijn uitgevoerd met 53sanbot. Met elk van deze ijkingen is een meting uitgevoerd onder identiek omstandigheden. De test opstelling was daarbij tot maximale hoogte gevuld met water. In dit

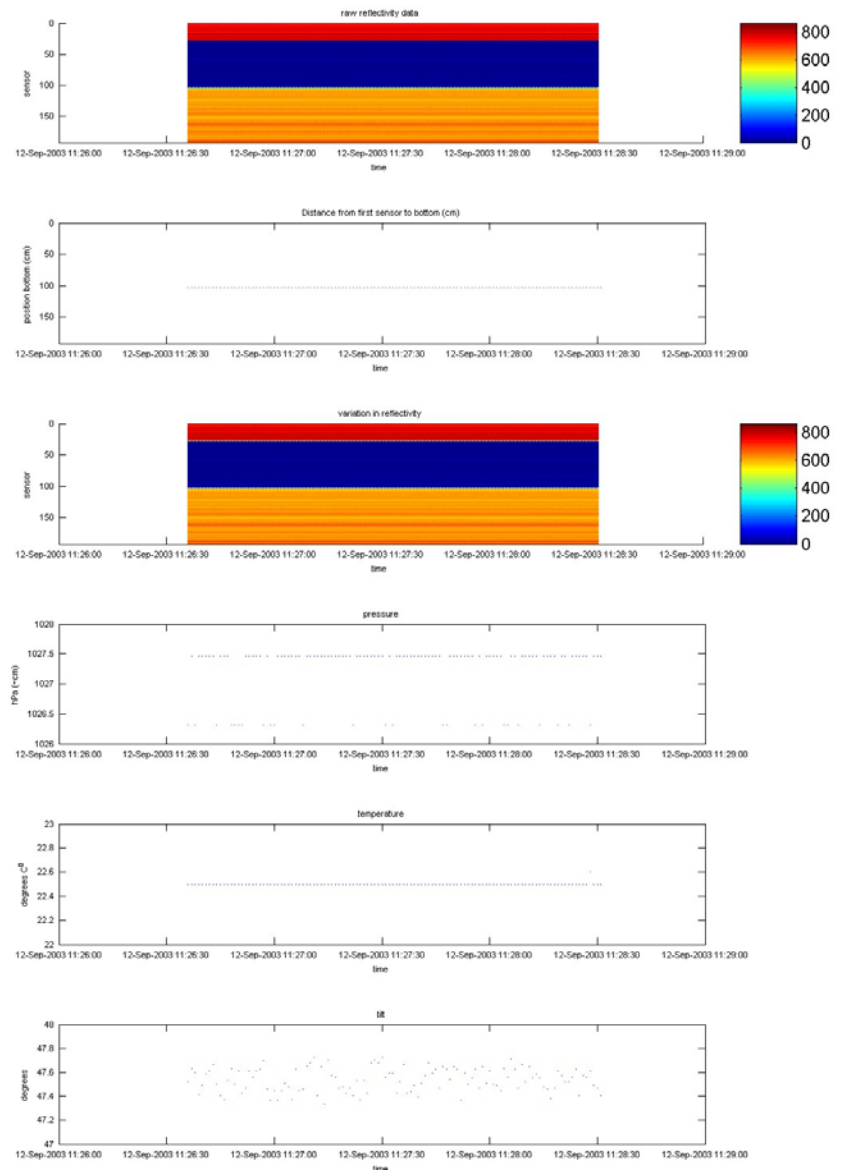
experiment was de overgang van water naar bodem ingesteld tussen 103cm en 104cm onder de eerste sensor. In figuur 25 t/m 28 zijn de resultaten grafisch weergegeven voor de verschillende ijkingbestanden.

ASM IV data, start:12-Sep-2003 11:18:34 stop:12-Sep-2003 11:20:12



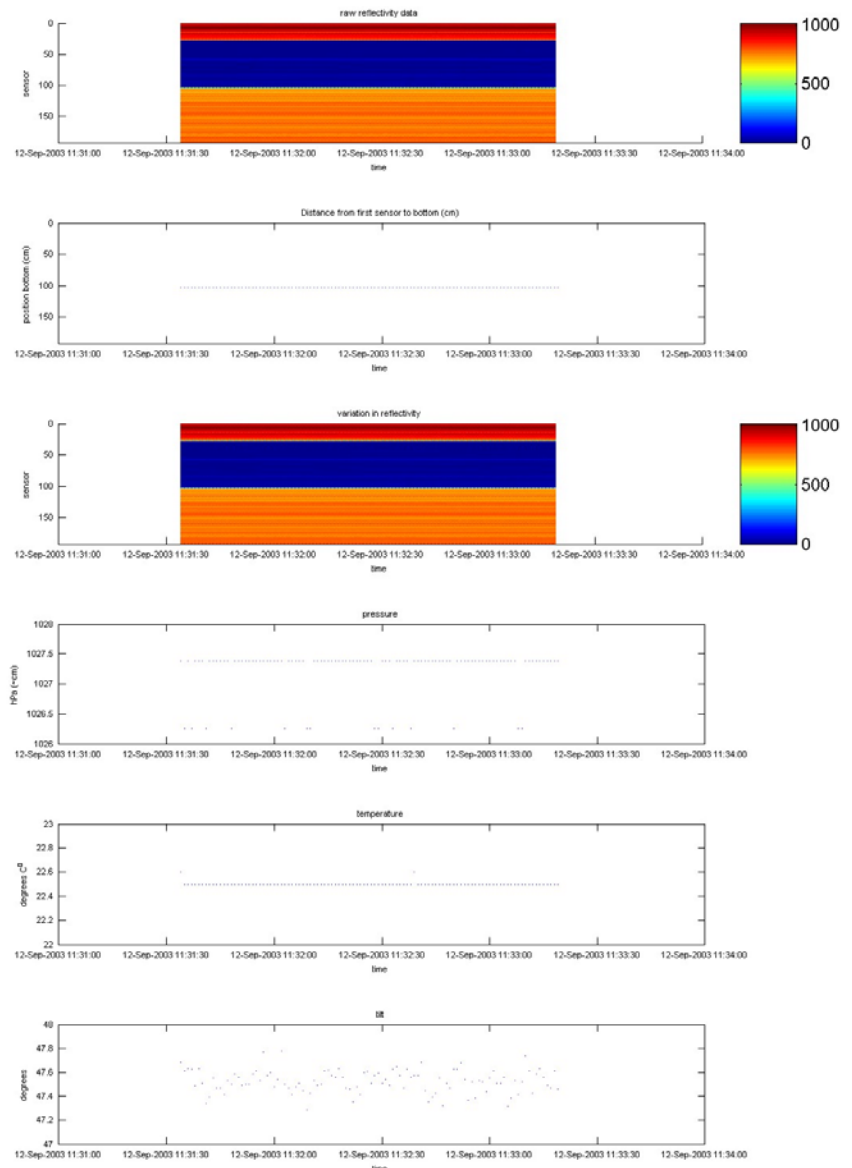
Figuur 25: IJkingbestand; mud010. Het signaal van de sensoren in lucht is hoog (rood). Het signaal van de sensoren in de waterkolom is zeer laag (blauw). Het signaal in de bodem, die met behulp van een omhullende PVC pijp is gesimuleerd, is lager dan lucht (oranje).

ASM IV data, start:12-Sep-2003 11:26:36 stop:12-Sep-2003 11:28:31



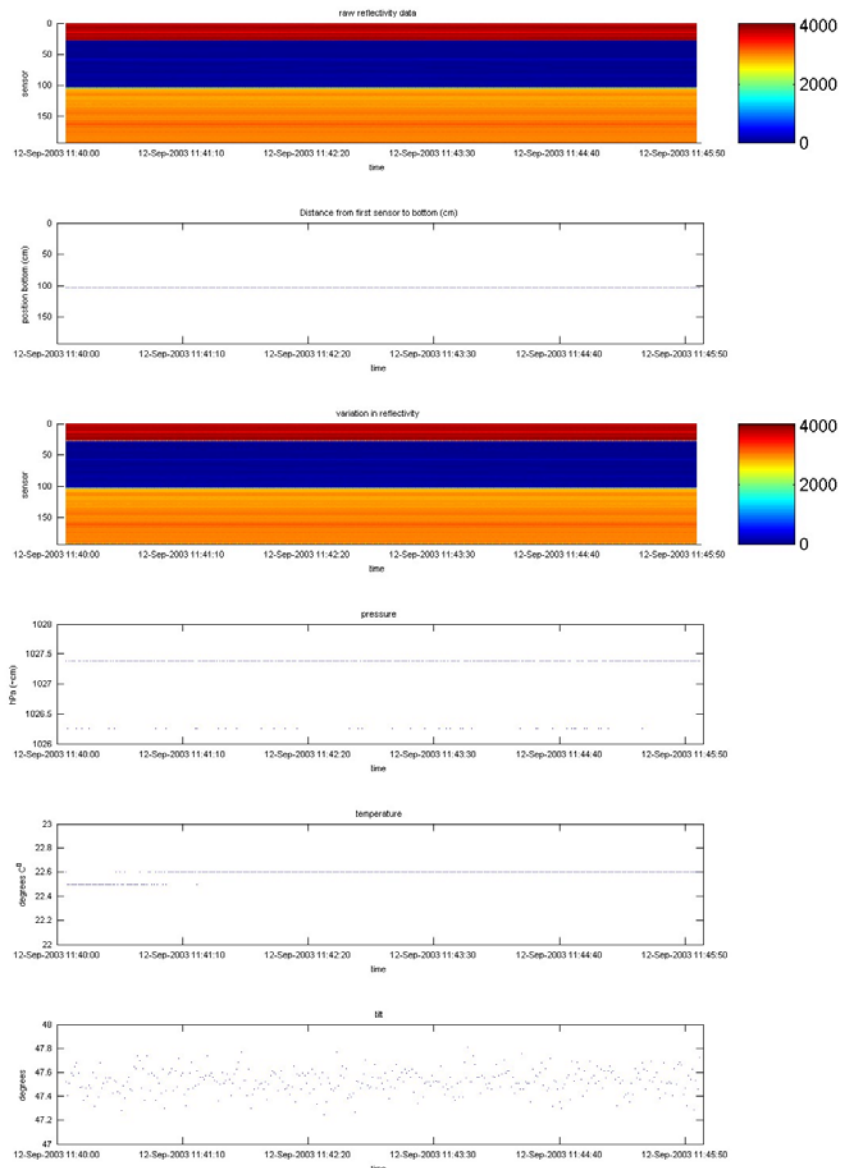
Figuur 26: IJkingbestand; Sandbot. Het signaal van de sensoren in lucht is hoog (rood). Het signaal van de sensoren in de waterkolom is zeer laag (blauw). Het signaal in de bodem, die met behulp van een omhullende PVC pijp is gesimuleerd, is lager dan lucht (oranje).

ASM IV data, start:12-Sep-2003 11:31:34 stop:12-Sep-2003 11:33:19



Figuur 27: IJkingbestand: mudbot. Het signaal van de sensoren in lucht is hoog (rood). Het signaal van de sensoren in de waterkolom is zeer laag (blauw). Het signaal in de bodem, die met behulp van een omhullende PVC pijp is gesimuleerd, is lager dan lucht (oranje).

ASM IV data, start:12-Sep-2003 11:40:05 stop:12-Sep-2003 11:45:58



Figuur 28: IJkingbestand: Sand050.

Van elke dataset is een tijdsgemiddeld diepteprofiel bepaald van de gemeten reflectie onder stationaire identieke omstandigheden. Van het tijdsgemiddelde diepteprofiel werd vervolgens het maximum, het minimum, de mediaan en het gemiddelde bepaald.

De gegevens voor elke ijking staan in de onderstaande tabel 2

Bestand	Minimum	Mediaan	maximum	gemiddelde
53sanbot	0	606	867	402,5
53mudbot	0	745	1020	490,8
53mud010	0	1.880,5	2.730	1.240,1
53san050	0	2.933,5	4.095	1.962,4

Tabel 2

Deze waarden kunnen worden vergeleken met de bovenste grafieken in de vier bijbehorende figuren. De omstandigheden zijn bekend, waardoor de volgende waarnemingen kunnen worden gedaan voor de aangeboden omstandigheden.

- De mediaan ligt binnen de range van intensiteit waarden van de sensoren in de gesimuleerde bodem (grijze PVC-pijp)
- Het maximum treedt op in lucht
- Het minimum treedt op in water
- Signaal lucht groter dan signaal bodem.
- Het gemiddelde ligt lager dan de mediaan, maar kan niet direct aan een stuk van de verticaal gekoppeld worden. Het niveau valt op de overgang van lucht naar water en op de overgang van water naar bodem

De hoge signaalintensiteit van lucht lijkt op het eerste gezicht verrassend, want er bevinden zich weinig deeltjes in lucht, waaraan het signaal gereflecteerd zou kunnen worden. De oorzaak van het fenomeen is vermoedelijk het gevolg van het ontwerp van de ASM-IV. De sensoren van de ASM-IV zijn ingegoten in een laag hars. Het uitgezonden infrarode licht beweegt zich eerst door een aantal millimeter dikke laag hars, voordat het meetvolume wordt bereikt. Aan de overgang van hars naar lucht of hars naar water kan reflectie optreden door het verschil in brekingsindex. Waarschijnlijk geeft lucht een hoger signaal dan water als gevolg van de grotere brekingsindex overgang tussen hars en lucht.

Ook het signaal van de bodem is lager van intensiteit dan het signaal dat van sensoren in lucht afkomstig is. De lage intensiteit van de bodem komt door de keuze voor donkergrijs PVC. Deze bodem is weinig reflectief, dus wordt een situatie gecreëerd met een moeilijke detectie. Er zijn geen daglicht invloeden op de metingen waargenomen.

Verder waren twee sets ijkingen in omloop met identieke naamvoering, maar afkomstig van verschillende jaren. Uit controlemetingen bleek dat gelijknamige ijkingen identieke resultaten gaven, waardoor we vermoeden dat ze volledig identiek waren.

Uit de test kan geconcludeerd worden, dat het verschil tussen de genoemde ijking bestanden met name een versterkingsfactor is. Met deze versterkingsfactor kan de gevoeligheid en daarmee het bereik van het instrument worden ingesteld. De meest gevoelige ijking voor het instrument was 53san050. Bij deze instelling werd het signaal van de sensoren, die zich in lucht bevonden afgetopt op de maximale waarde 4095. De ongevoeligste ijking betreft 53sanbot, die ook voor de Petten metingen was gebruikt. Een zandbodem is relatief licht van kleur en zal veel licht reflecteren. In de Petten meting varieert het signaal van de zandbodem over bijna het gehele bereik van de sensor. Over de keuze van de huidige ijking kan geconcludeerd worden dat de gevoeligheid van het instrument goed was ingesteld voor detectie van bodemligging in Petten.

Het signaal van de bodemligging in de tweede grafiek van boven in de figuren 25 t/m 28 is geanalyseerd. Het resultaat staat in de onderstaande tabel 3

bestand	minimum	mediaan	maximum	gemiddelde
53mud010	103,28	103,28	103,31	103,29
53sanbot	103,28	103,29	103,30	103,29
53mudbot	103,30	103,31	103,33	103,29
53san050	103,28	103,29	103,30	103,29

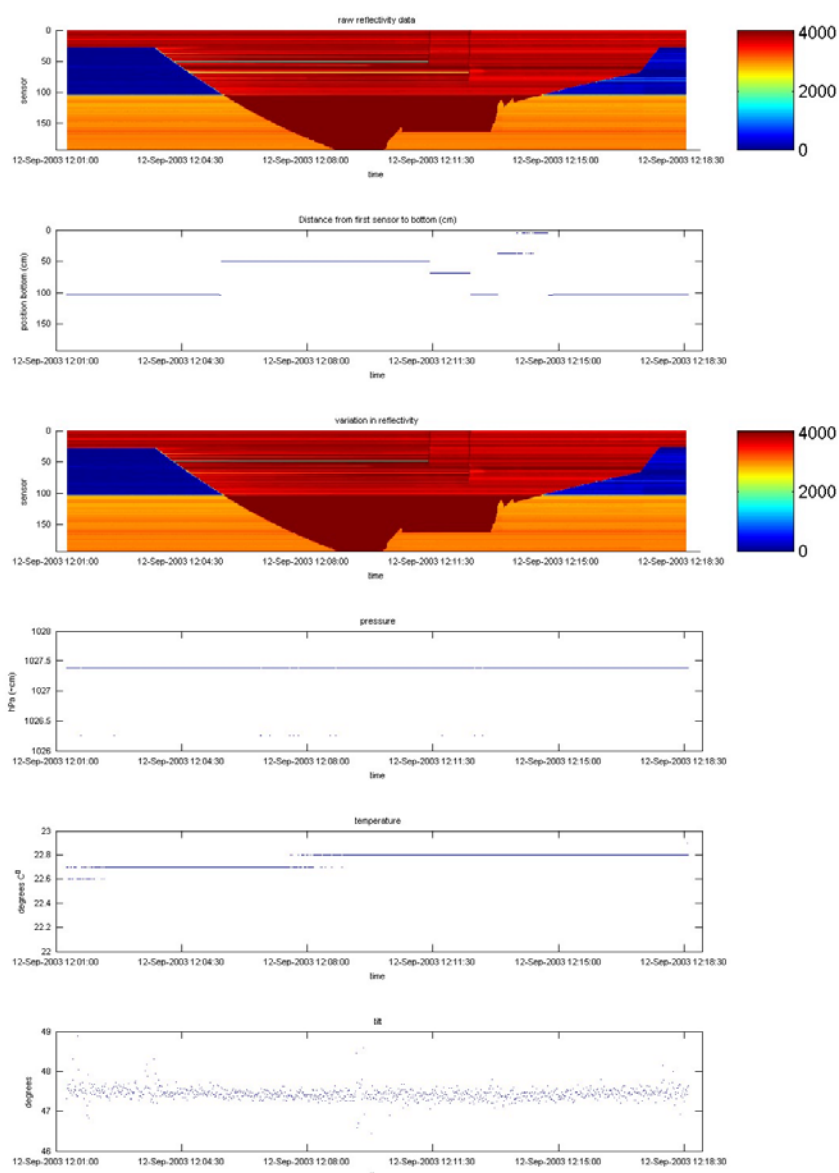
Tabel 3

De bodemligging was handmatig ingesteld op 103.5 ± 0.5 . De gedetecteerde waarden verschillen niet significant van deze waarde, waaruit geconcludeerd kan worden dat onder de gegeven omstandigheden het systeem naar behoren heeft gefunctioneerd.

5.2.3 Droogvallen en nat worden

Met dezelfde testopstelling is een tweede experiment uitgevoerd. Dit experiment was dynamischer van opzet. Gesimuleerd werd een waterbodem die droogvalt en weer onder water komt te staan.

ASM IV data, start:12-Sep-2003 12:01:18 stop:12-Sep-2003 12:18:37



Figuur 29: Droogvallen en nat worden met ijkingbestand 53san050

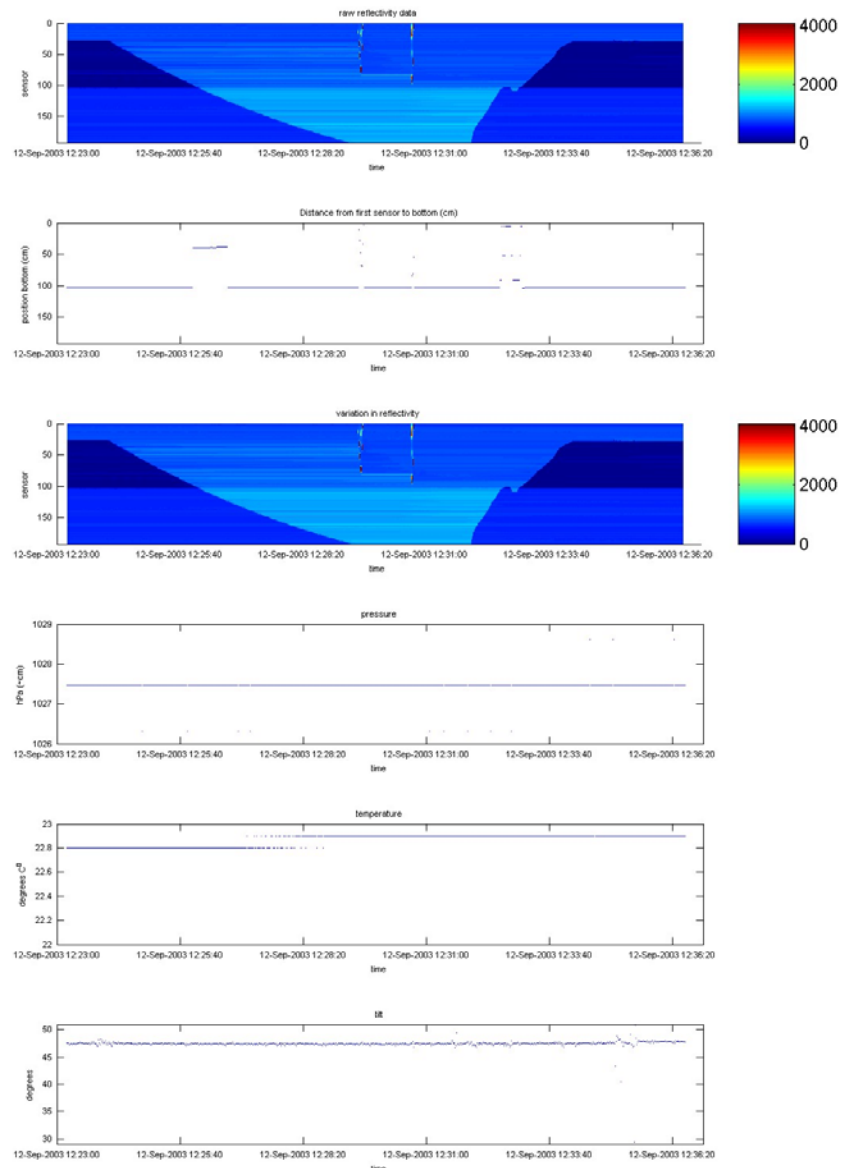
In figuur 29 is de dataset weergegeven van het experiment, dat is uitgevoerd met de gevoeligste ijking 53san050. De kleuring in de bovenste grafiek met het ruwe signaal is vergelijkbaar met de verdeling lucht water en bodem in figuur 28.

- het rode gebied komt overeen met lucht
- het donkerblauwe gebied komt overeen met de waterkolom
- het oranje gebied met de natte bodem
- het donkerrode gebied met de droge bodem

De waterstand is direct zichtbaar in de gegevens. In eerste instantie als de overgang van rood naar donkerblauw. De waterstand begint na enige tijd te dalen. Tot de waterstand lager ligt dan de bodem bestaat er een overgang water lucht. Daarna gaat deze over in een overgang van droge bodem naar natte bodem. In de tweede grafiek van boven staat de gedetecteerde bodemligging. In het twee deel van de grafiek loopt de waterstand weer op.

Wat op valt is dat de bodemligging fout gedetecteerd wordt op het moment dat de bodem droogvalt. De oorzaak van dit effect waren waterdruppeltjes, die na het droogvallen nog op het instrument zaten precies voor de sensoren. Twee druppels zijn zichtbaar als een gele en lichtblauwe lijn in het rode gebied. Het signaal van deze druppeltjes was lager veel lager dan meting in lucht, maar ook lager dan de droge en de natte bodem. Na handmatige verwijdering van de betreffende druppeltjes springt het signaal van de bodemdetectie weer naar het juiste niveau. Echter de detectie blijft onder deze omstandigheden erg gevoelig voor verstoring, want door het aanbrengen van druppeltjes verspringt het niveau weer naar een foute waarde. Pas op het moment dat er weer water op de bodem staat werkt het algoritme weer naar wens. Hieruit kan worden afgeleid dat het minimum in de data door het algoritme wordt gehanteerd als het signaal van de waterkolom. In het geval van de misser kwam het minimum overeen met de druppeltjes. Voor de praktijk worden op grond van deze ervaring alleen problemen verwacht bij droogval van de meetlocatie tijdens een regenbui of een ander moment van natte depositie van boven.

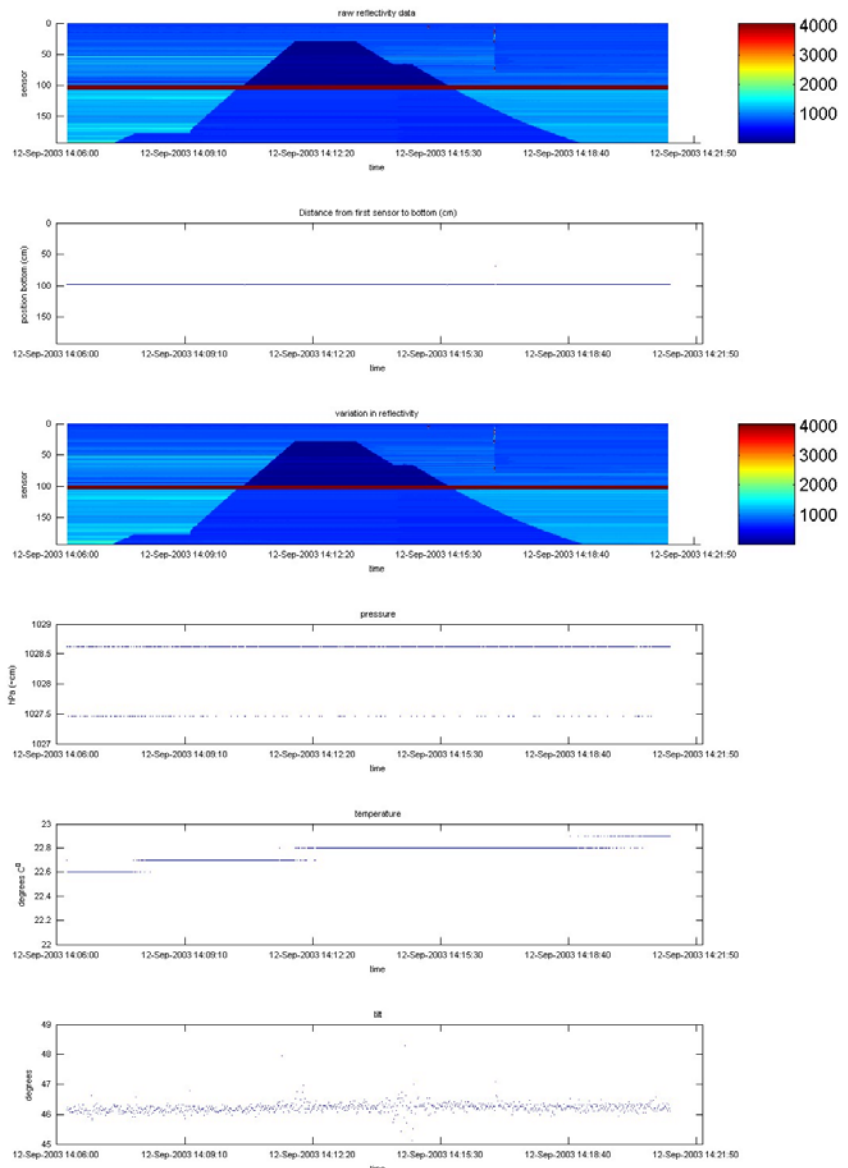
ASM IV data, start:12-Sep-2003 12:23:13 stop:12-Sep-2003 12:36:37



Figuur 30: Droogvallen en nat worden met ijkingbestand 53sanbot

In figuur 30 wordt hetzelfde experiment herhaalt met een minder gevoelige ijking. De kleuring van lucht, water en bodem valt hierdoor anders uit dan in figuur 29. Ook nu gaat de detectie van de bodemligging weer mis op de overgangen van nat naar droog en omgekeerd. De lage signaal intensiteit van de natte bodem ten opzichte van het signaal in lucht was vermoedelijk de oorzaak van de gevoeligheid op de overgangen.

ASM IV data, start:12-Sep-2003 14:06:15 stop:12-Sep-2003 14:21:11



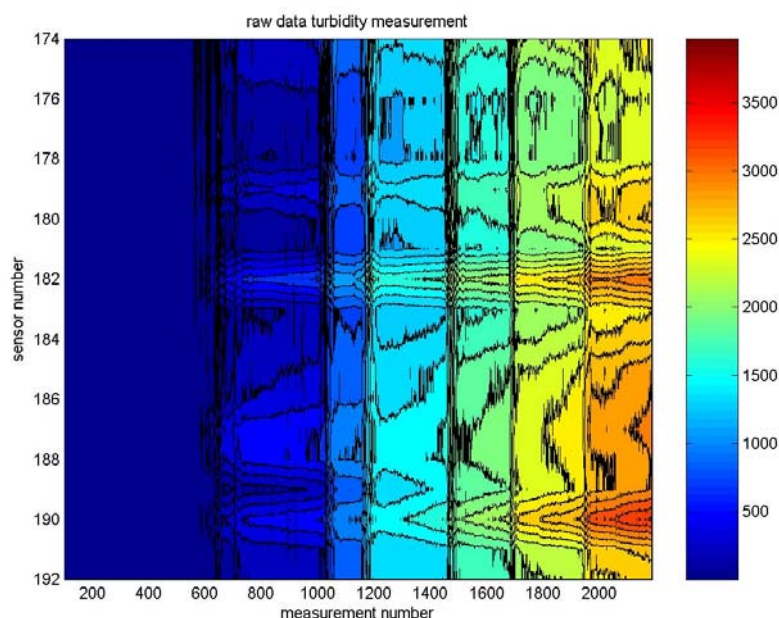
Figuur 31: Droog beginnen dan stijgend water en vervolgens droogvallen met ijkingbestand 53sanbot . Op de overgang waterbodembodem zit wit teflontape als simulatie hoogreflectieve bodem de rest van het bodem signaal is de PVC pijp.

Daarom werd in het volgende experiment een lichte hoogreflecterende bodem gesimuleerd door middel van het aftapen met wit teflon tape van een aantal sensoren. Het resultaat van het aftapen is direct te zien als een rode lijn in de ruwe gegevens in de bovenste grafiek van figuur 31. In dit geval waren er geen problemen met de bodem detectie. Uit deze resultaten blijkt dat bodemdetectie beter werkt bij lichte waterbodems dan bij donkere waterbodems. Voor het optimaal functioneren van het algoritme, zowel onder als boven water, moet de bodem meer signaal geven dan de lucht. Zolang de ASM-IV zich deels onderwater bevindt wordt de bodem altijd goed gedetecteerd.

5.2.4 Troebelheid

De ASM-IV bestaat uit een reeks troebelheidsensoren. Wat zijn de eigenschappen van het instrument voor het meten van troebelheid. In het volgende experiment zijn de onderste 20 sensoren in een ton van bekende afmetingen geplaatst. Het water in de ton werd met behulp van een mixer in beweging gehouden. Vervolgens werd stapsgewijs een bekende hoeveelheid wit poeder (nanotek; aluminiumoxide) aan het water toegevoegd. Dit testmateriaal wordt in het laboratorium van het landelijke instrumenten bestand ook gebruikt voor de controle van de troebelheidmeters van de Hydrolab Datasonde.

In figuur 32 is de ruwe output van de onderste 20 optische sensoren van het experiment in een contour plot weergegeven. Voor het experiment zijn alleen deze 20 sensoren van belang de rest van de sensoren bevond zich boven water.



Figuur 32: De onderste sensoren zijn in een waterbak met mixer geplaatst. Stapsgewijs wordt een gecontroleerde hoeveelheid nanotek poeder aan het water toegevoegd.

In het signaal zijn direct de stappen, waarmee nanotek poeder werd toegevoegd, zichtbaar. Wat verder opvalt is dat niet alle sensoren in het profiel evenveel signaal geven onder identieke omstandigheden. Deze verschillen treden op onregelmatige wijze op. Dit betekent dat de gevoeligheid van de individuele sensoren wisselt langs de reeks. Het water in de ton werd redelijk goed gemixt, waardoor de omstandigheden boven en onder goed vergelijkbaar waren. Voor elke concentratie stap werd over de data over een goed gekozen tijdsinterval gemiddeld. Vervolgens werd van dit tijdsgemiddelde diepteprofiel het minimum; het maximum; de mediaan en het gemiddelde bepaald. de waarden zijn opgenomen in tabel 4.

	Concentratie (mg/l) Nanotek	Signaal ASM-IV Minimum	Signaal ASM-IV mediaan	Signaal ASM-IV maximum	Signaal ASM-IV gemiddelde
Stap 0	0	0	0	10	0.005
Stap 1	170	99	305	716	334
Stap 2	350	715	927	1286	927
Stap 3	520	1182	1414	1806	1417
Stap 4	690	1575	1827	2272	1840
Stap 5	870	1943	2264	2843	2286
Stap 6	1040	2273	2660	3386	2682

Tabel 4

Middels lineaire regressie werd op basis van de gemeten waarden in tabel 4 voor het minimum, maximum, mediane en gemiddelde signaal het verband met de aangeboden concentratie bepaalt. Het resultaat staat in de onderstaande tabel 5.

	Helling	fout helling	const	fout const
min	0.422	± 0.022	51	± 30
median	0.378	± 0.011	12	± 18
max	0.315	± 0.007	-35	± 15
mean	0.377	± 0.009	10	± 15

Tabel 5

Uit deze tabel blijkt dat de fout in de bepaalde hellingen klein is, minder dan 5%. Dit betekent dat de respons van de sensoren redelijk goed lineair is. De ASM-IV sensoren zijn dus goede troebelheidmeters met een groot bereik. Echter door de kleine fout per individuele sensor verschillen de hellingen van het minimum, maximum, mediaan significant van elkaar. De helling van het gemiddelde verschilt niet significant van de helling van de mediaan. Onder gelijke omstandigheden is het maximum 30% groter dan het minimum. Dit bevestigt het vermoeden dat de onderlinge afstemming van de sensoren in de ijking nog onvoldoende is. Voor het meten van troebelheidsprofielen is een zorgvuldiger ijking op sensor niveau noodzakelijk. De flexibiliteit van het instrument maakt dat een dergelijke ijking wel uitvoerbaar moet zijn. De fout kan dan teruggebracht worden tot minder dan 5%.

6 Evaluatie en discussie

6.1 Bodemligging

Uit de metingen is gebleken dat de ASM4 de lokale bodemligging nauwkeurig meet. De initiële fout in de detectie in de bodemligging komt overeen met de afstand van één centimeter tussen de individuele sensoren.

initiële fout bodemligging = ± 1 cm

Uit het controle van de fysieke maten van het instrument bleek dat de gemiddelde afstand tussen de sensoren = 0.9979 ± 0.0005 cm bedroeg.

Hiervoor moet gecorrigeerd worden anders wordt een extra fout geïntroduceerd van 4mm over het totale meetbereik van het systeem.

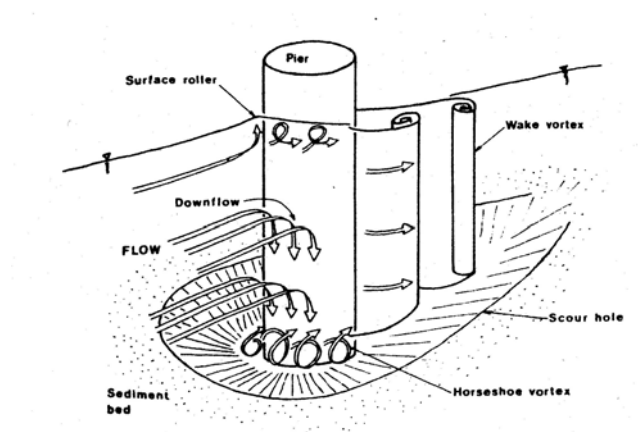
6.1.1 Plaatsen en Ophalen

De ASM-IV was ingemeten met een Total Station. Volgens de opgave van de informatiedienst was de plaatsbepaling op één centimeter nauwkeurig in de verticaal.

Fout plaatsbepaling = 1 cm

Uit de vergelijking met waterstand van meetpunt Petten Zuid kwam nog een afwijking van 11 cm naar voren. De oorzaak van dit verschil is nog niet achterhaald en zal niet worden meegenomen in de berekening van de totale fout. (Mogelijk een systematisch fout plaatsbepaling = 11cm)

6.1.2 Ontgroning



Figuur 33: Stroompatroon en ontgrondingskuil rond een paal

Bij de fout schatting is nog geen rekening gehouden met ontgronding rond het instrument zie figuur 33. Het instrument is een stalen pijp, die in de bodem is gestoken. Een dergelijk object verstoort de stroming. De stroomsnelheid rond de paal is verhoogd, waardoor een ontgronding zal ontstaan. Bij de metingen is dit aspect beperkt onderzocht met behulp van een total station tijdens periode 3 in maart zie tabel 1 in paragraaf 5.1.1. De ASM-IV vindt in die periode een bodemligging die 4 tot 7 cm lager lag dan gemeten waarde met de total station. Een schatting voor de ontgronding kan worden gedaan met de volgende vergelijking (lit. 3)

$$h_{s,max} = \alpha b$$

met:

$\alpha = 1$ voor stroom en niet brekende golven

$\alpha = 1.9$ voor stroom en brekende golven

$b = 0.04$ diameter ASM

Op grond van deze relaties wordt verwacht dat een meting van de bodemligging met de ASM-IV tussen 4 en 7.6 cm te laag zal liggen. Dit komt redelijk overeen met de geconstateerde afwijkingen. Verwacht wordt dat de mate van ontgronding rond de paal varieert als functie van de tijd, omdat de omstandigheden en de aanvoer van zand steeds veranderen. Dit maakt een correctie voor de ontgronding nodig. Voor de fout als gevolg van ontgronding worden de volgende waarden afgeschat op basis van het gemeten verschil en de theoretisch verwachting

Een systematisch fout : -4 cm t.o.v. N.A.P.

Een extra toevallige fout : 3 cm

Het meten van veranderingen in de bodemligging is in principe ongevoelig voor de systematische afwijking die voortkomt uit de ontgronding, zolang deze niet te veel verandert als functie van de tijd, daarom wordt een hogere nauwkeurigheid verwacht voor het meten van veranderingen. Gezien de grote fout in het resultaat als gevolg van onzekerheid in de ontgronding zouden aanvullende meetgegevens wenselijk zijn.

6.1.3 Hoekcorrectie

Als de ASM-IV bij aanvang niet loodrecht in de bodem geplaatst is dan moet een correctie worden uitgevoerd voor de afwijkingshoek θ . Als h_0 de positie van bovenste sensor, zorgvuldig is bepaald ten opzichte van het referentievlak (N.A.P.), dan wordt de positie h_n van de n-de sensor daaronder beschreven met de volgende vergelijking.

$$h_n = h_0 - n \cdot \Delta h \cdot \cos(\theta)$$

met

h_0 = positie bovenste sensor

h_n = positie n-de sensor onder de bovenste sensor

Δh = de vaste afstand tussen twee sensoren

θ = de afwijkingshoek

Als deze fout niet gecorrigeerd wordt, dan zal de bodemligging systematisch te laag worden geschat

$$f_{out} = n\Delta h(\cos\theta - 1)$$

Bij hoeken groter dan 6 graden bedraagt de systematische fout op de onderste sensor meer dan 1 cm. Met de standaard software wordt deze correctie niet uitgevoerd, daarom moet er bij grote hoeken in de nabewerking van de gegevens alsnog een correctie uitgevoerd worden. De positie h_o moet zowel bij aanvang van de meting als bij het einde van de meting bepaald worden.

6.1.4 Fout in de applicatie bodemligging voor Petten

Voor de metingen met de ASM-IV in Petten wordt de totale fout geschat.

- Systematische fout : - 4 cm t.o.v. N.A.P.
 - Ontgronding : - 4 cm t.o.v. N.A.P.
 - Hoek : 0 mm
 - (? Plaatsbepaling: -11 cm t.o.v. N.A.P.)
- Toevallige fout : 3.3 cm
 - Ontgronding : 3 cm
 - Plaatsbepaling : 1 cm
 - Systeem : 1 cm

De grootste toevallige fout wordt veroorzaakt door de ontgronding. Ook bij de inschatting van de systematische fout is ontgronding weer de grootste foutenbron, behalve dan dat er twijfel bestaat over de plaatsbepaling na vergelijking met de waterstand van Petten Zuid.

6.2 Troebelheid

De ASM-IV bestaat uit een reeks troebelheidsmeters, waarvan een aantal specifieke kenmerken onderzocht zijn in het Landelijke instrumenten bestand.

6.2.1 Lineaire respons van de individuele sensoren

Uit de metingen is gebleken dat respons van de sensoren met een lineair verband beschreven kan worden. De fout in de helling bedroeg in dat geval minder dan 5 %. De standaard meetfout per punt per sensor bedroeg circa 4% van het totale bereik.

6.2.2 Onderlinge Vergelijkbaarheid

Een punt van aandacht is de onderlinge vergelijkbaarheid van de sensoren. Uit de metingen bleek dat de sensoren met de huidige ijkingbestanden tot circa 30 % van elkaar konden afwijken. Dit is teveel voor een goed troebelheidsprofiel. De oorzaak van deze verschillen moet gezocht worden in een gebrekkige ijking, want uit de handleiding blijkt dat de versterkingsfactor voor elke individuele sensor apart kan worden ingesteld.

6.2.3 Gevoeligheid

Met de gevoeligste ijking (53san050) bedroeg voor Nanotek poeder de resolutie van de ASM-IV: 0.3 mg/l per count

Deze waarde kan worden beschouwd als de ondergrens van de resolutie. Voor slib en zeker voor zand zal de resolutie hoger liggen, doordat bij gelijke massaconcentratie de vertroebeling veel minder is dan bij Nanotek poeder. De gevonden waarde is goed vergelijkbaar met de ingestelde gevoeligheid van de OBS-3 ten tijde van het vergelijkend onderzoek troebelheidmeters (lit. 4). Wordt de meest ongevoelige ijking (53sanbot) van de ASM-IV gebruikt dan gaat de resolutie tenminste een factor 4 omhoog.

6.2.4 Afweging troebelheid

Na een verbeterde ijking van het systeem kan men met de ASM-IV 4 goed troebelheidprofielen meten ook onder extreme omstandigheden, zoals je vindt in de branding tijdens een storm. Is men specifiek geïnteresseerd in regimes met een lage vertroebeling dan verdient het aanbeveling om de gevoeligheid van de ASM-IV maximaal in te stellen door de applicatie van een speciale ijking bestand. De bovengrens van het meetbereik uitgedrukt in concentratie Nanotek poeder ligt op

- Gevoelig : 1.3 g/l (ijking 53san050)
- Ongevoelig : 5 g/l (ijking 53sanbot)

6.3 Waterstand en Druk

De ASM-IV meet geen waterstand maar druk. Voor berekening van de waterstand uit druk moeten de volgende gegevens bekend zijn: de dichtheid van het water, de luchtdruk, de gravitatieversnelling en de verticale positie van het instrument ten opzichte van een referentievlak. De luchtdruk zal men ter plaatse aanvullend moeten meten. De dichtheid van het water in de Hollandse kustzone kan men afleiden uit de geleidendheid van het water.

Uit de vergelijking van de ASM-IV meting met de waterstand bij Petten-Zuid kwamen een aantal beperking van het huidige systeem naar voren. De druk sensor wordt niet geijkt aangeleverd. De druk meting functioneert alleen optimaal als de hele kop van de ASM-IV onder water is. Het is niet duidelijk ten opzichte van welk punt op de ASM-IV de druk gemeten wordt. Het druk bereik en het bereik met de optische sensoren sluiten niet op elkaar aan.

Na optimalisatie bedroeg de afwijking in de gemeten druk tijdens de Petten meting tussen de 7 en 12 (hPa)

In zijn huidige opzet is de druk meting vooral in kwalitatieve zin bruikbaar. Er moet nog het nodig aan het instrument verbeterd worden om er een goede kwantitatieve meting van te maken.

6.3.1 De klok

Uit de vergelijking van druk met de waterstand van Petten-Zuid kwam naar voren dat de klok van de ASM-IV niet goed was ingesteld. De klok van de ASM-IV liep 22 t/m 29 minuten achter. Het vermoeden bestaat dat de klok van het notebook, dat is gebruikt voor de instelling van het systeem niet juist is geweest. Een goede instelling van de interne klok is een basis voorwaarde voor een goede meting.

6.4 Ervaring uit de praktijk

Directie Noord-Holland heeft met de ASM-IV gewerkt gedurende een geheel storm seizoen in het veld bij Petten. Wat kan op grond van de ervaring opgedaan in deze periode vastgesteld worden over

- Plaatsen
- Functioneren
- Robuustheid
- Energieverbruik
- Aangroei
- Gebruikersvriendelijkheid

Deze punten zullen achtereenvolgend aan de orde komen.

6.4.1 Plaatsen

De ASM-IV moet verticaal in de grond gestoken worden tot de bodem zich ruim binnen het bereik van de optische sensoren bevindt. Een drie meter lange ijzeren paal met een doorsnede van 40 mm gaat niet vanzelf de bodem in. Het is een meetinstrument dus het is waarschijnlijk niet bedoeling om het instrument met een moker de grond in te drijven. Op een droogvallend stuk grond zou men gat kunnen graven en daar het instrument in plaatsen. Geen van deze suggesties verdient aanbeveling.

Dir. Noord Holland heeft gekozen voor een elegante, degelijke wijze van plaatsen. Zij hebben de ASM-IV gemonteerd op een holle stalen buis. Door water onder druk via deze holle buis de grond in te spuiten kon men de constructie op gecontroleerd wijze in het sediment laten zakken, hierbij moesten wel mannen met lieslaarzen het water in.

Het aantal manieren om het systeem te plaatsen zal wel moeten worden verbreed om ook diepere locaties met het instrument uit de voeten te kunnen. Misschien is het een idee om de punt van het instrument te voorzien van een grondboor kop, zodat het instrument de grond in geschroefd kan worden. Aanvullende communicatie met de fabrikant op dit punt is gewenst.

6.4.2 Functioneren

In de metingen bij Petten bleek de meetdata van een aantal perioden een storing te bevatten. Het achterliggende probleem bleek een slecht gesoldeerde geheugen chip te zijn zie de correspondentie met de fabrikant in Bijlage B. Op deze storingen na heeft systeem technisch goed gefunctioneerd. Alle sensoren hebben de metingen overleefd. Er is geen achteruitgang in de kwaliteit van de gegevens vastgesteld.

6.4.3 Robuustheid

Het instrument heeft het stormseizoen in uitstekende condities doorstaan. Op grond hiervan kan niet anders geconcludeerd worden dat het instrument onder woeste omstandigheden zijn robuustheid bewezen heeft.

6.4.4 Aangroei

De ASM-IV heeft geen bescherming tegen biologische aangroei. Desondanks heeft het instrument tot juni probleemloos gemeten. Voor een applicatie als

troebelheidmeter zal de aangroei een beperkende factor voor de inzet zijn zeker in het zomer seizoen. In de handleiding is een sectie gewijd aan de omgang met biologisch en gewone vervuiling van het instrument.

6.4.5 Energieverbruik

De ASM-IV is zuinig. Met één set alkaline batterijen kon drie maanden worden gemeten. Met een set Lithium Batterijen moet deze periode op te rekken zijn tot 6 maanden. Of dit in de praktijk gehaald wordt zal blijken uit de ervaring van het stormseizoen 2003-2004.

6.4.6 Gebruikersvriendelijkheid

Het instrument wordt geleverd voorzien van een korte en een uitgebreide handleiding. Een groot deel van de handleiding gaat over de werking van de bijgeleverde software.

De communicatiesoftware van instrument is geïntegreerd in het software pakket dat ook voor de presentatie van de resultaten wordt gebruikt. Deze software werkt vanaf elke standaard PC en is eenvoudig te bedienen. Het instellen van het instrument voor een meting heeft Dir. Noord Holland geen moeite gekost. Een klein ongemak betreft de communicatiekabel, die is aan de korte kant. Het downloaden van een lange datareeks kost redelijk wat tijd een kwartier tot twintig minuten. Zeker als je met een notebook op je hoofd met je lieslaarzen in diep in het water staat, is dat geen pretje.

De analysesoftware van systeem is uitgebreid en netjes verzorgd. Er kunnen snel mooie plaatje mee gemaakt worden. Echter voor de data-analyse bij dit onderzoek schoot de presentatie mogelijkheden van de standaard software te kort, omdat ook op numeriek niveau naar de gegevens gekeken is. De standaard software is ongeschikt voor data validatie. De meetdata kan eenvoudige geëxporteerd worden als tekstbestand. Een dergelijk bestand kan makkelijk in MATLAB en Excel worden ingelezen.

De totaal indruk is dat de ASM-IV een doordacht opgezet meetinstrument is, dat zich makkelijk laat bedienen.

6.5 Kosten

ASM-IV	kostprijs	meetbereik	lengte instrument
Type S	9000,00 €	0.96 m	1.9 m
Type N	10000,00 €	1.44 m	2.4 m
Type L	11000,00 €	1.92 m	2.9 m

Tabel 6

De kostprijs van andere troebelheidmeters varieert tussen de 3000 en 10.000 euro, daarmee is de kostprijs van de ASM-IV direct vergelijkbaar zie tabel 6. De ASM-IV geeft veel meer informatie dan een gewone troebelheidmeter. Door de combinatie van informatie over de bodemligging, de druk en een profiel van troebelheid is voor veel stand-alone applicaties de ASM-IV een scherp concurrerend systeem.

Bij de inzet van instrument bij veldmeting zal de kostprijs van de informatie voornamelijk bepaald worden door de plaatsingskosten en de dataverwerking. Verwacht wordt dat de onderhoudskosten van het systeem laag zijn.

Een complexer optisch instrument, zoals de LISST-100, heeft een kostprijs van 35,000€. Echter een dergelijk instrument geeft ook informatie over de verdeling van deeltjesgrootte van het gesuspendeerde materiaal. Dergelijke informatie geeft de ASM-IV beslist niet.

7 Conclusie

De ASM-IV is een compleet meetinstrument voor het meten van bodemligging en troebelheid. Het instrument heeft zijn bruikbaarheid voor detectie van bodemligging bewezen gedurende een stormseizoen in het veld onder de ruwe omstandigheden, die men aantreft in de branding bij Petten. Daarnaast zijn een aantal specificaties van het instrument in het laboratorium van het landelijke instrumenten bestand gecontroleerd. Voor de condities in Petten is uit dit onderzoek gebleken dat de waarden voor bodemligging worden gemeten met een systematisch fout : -4 cm t.o.v. referentievlak N.A.P. en een toevallige fout: ± 3 cm

De oorzaak van de systematisch fout is de ontgronding rond het instrument. De gemeten bodemligging moet worden gecorrigeerd voor de systematisch fouten als gevolg van ontgronding en scheefstand. In algemene zin is ontgronding de grootste bron van onzekerheid voor de detectie van de bodemligging. De ingestelde gevoeligheid met ijking *53sanbot* is het meest geschikt voor de applicatie van de ASM-IV binnen het Petten project. Verder verdient het aanbeveling om uiterst zorgvuldig de verticale positie van het instrument vast te stellen.

De 192 individuele optische sensoren van de ASM-IV meten troebelheid met een fout per meetpunt van 4% over het totale meetbereik. Met de huidige ijking van het instrument kwamen verschillen van 30% in de respons van de verschillende sensoren voor. Dit is te veel voor een goed troebelheidsprofiel. Echter het is mogelijk het instrument beter te ijken. Het verdient aanbeveling dit op zo'n kort mogelijk te termijn ook te laten doen.

De druksensor van ASM-IV is niet goed geijkt afgeleverd. De algemene indruk is dat de druk meting verbeterd zou moeten worden, voordat de waarden in kwantitatieve echt bruikbaar worden.

Hoewel er zeker een aantal punten voor verbetering aan te wijzen zijn, is de totaal indruk dat ASM-IV een robuust en betrouwbaar meetinstrument is dat doet wat je ervan mag verwachten.

8 Advies

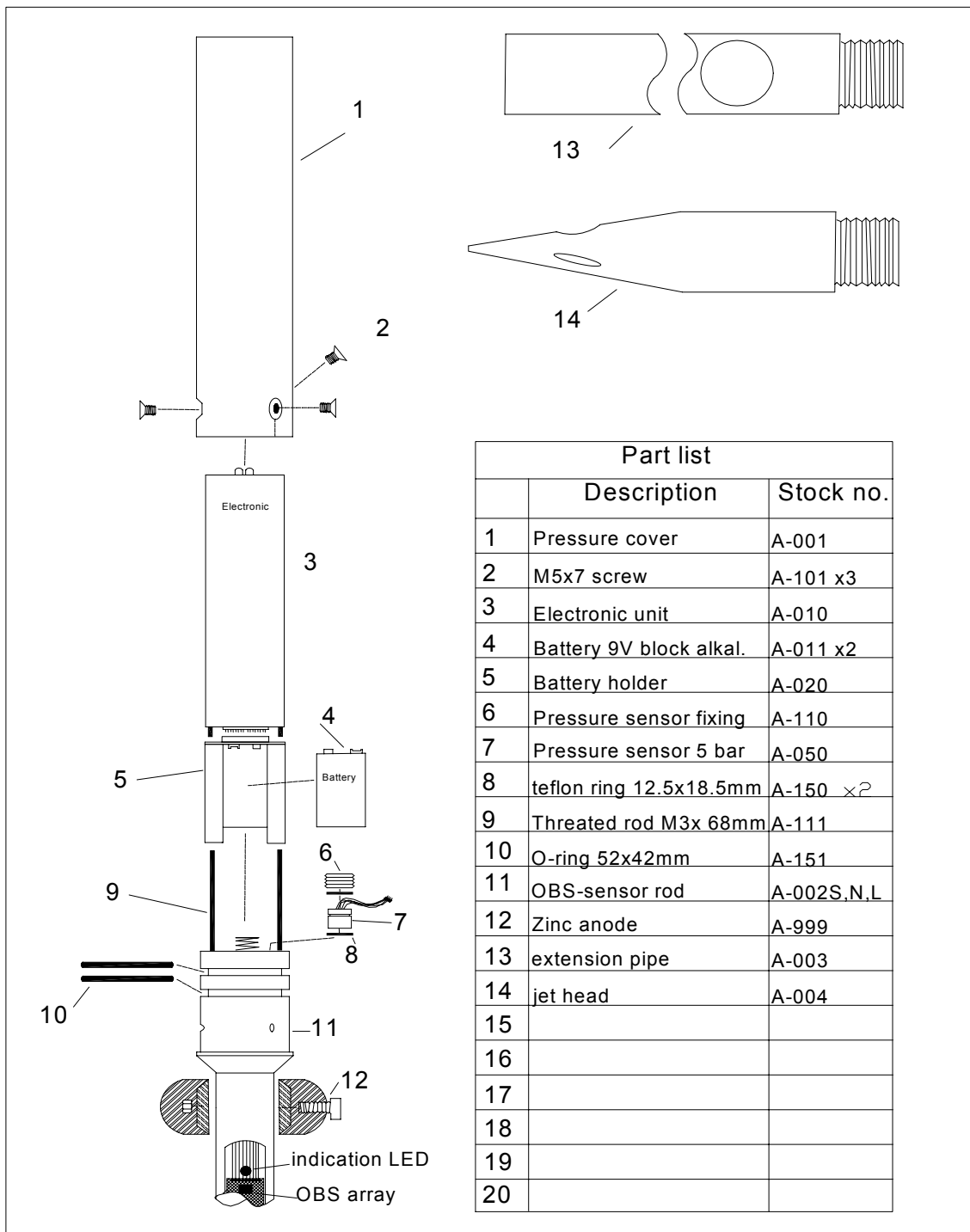
Uit de ervaring opgedaan in de onderzoek blijkt dat de ASM-IV een instrument is, dat geschikt is voor opname in het landelijke instrumenten bestand. In overleg met de informatiediensten zou hiertoe besloten kunnen worden. Naast de degelijke performance van het instrument onder ruwe omstandigheden is ook de veelzijdigheid van het instrument een groot pluspunt. Het instrument vormt een welkome aanvulling, doordat het troebelheid kan meten in profielen, mits het instrument goed geijkt is.

Combineren van het instrument met een akoestische stroomprofielmeter is een interessante optie. Hierdoor zijn een groot aantal toepassingen denkbaar. Op dit moment komt de vraag voornamelijk voort uit projecten van de specialistische diensten, daarnaast zijn waarschijnlijk ook applicaties in de informatievoorziening van de baggersector mogelijk.

9 Literatuur

1. Reference Manual ASM-IV ARGUS SURFACE METER
2. M.B. Gilpin, A Snapshot of Suspended Sediment and Fluxes using optical and acoustic probestands, The Stour estuary, Suffolk, UK. Report of DEP. Of Earth & Environmental Sciences, University of Greenwich at Medway
3. Leo C. van Rijn, Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas, AQUA PUBLICATIONS; 1993, p. 10-16, ISBN: 90-800356-2-9
4. Rapport RIKZ-2000.007, Vergelijkend onderzoek troebelheidsmeters. J.R. Roberti en W. Tansini.

10 Bijlage A: Tekening instrument



11 Bijlage B: Correspondentie over Storing.

Van: j.gutkuhn@argusnet.de
[mailto:j.gutkuhn@argusnet.de]
Verzonden: woensdag 6 augustus 2003 15:55
Aan: p.r.kramer@DNH.RWS.MINVENW.NL
Onderwerp: ASM-IV check

Dear Mr. Cramer,

we received the ASM-IV today in good condition. A pre check was showing on pole of the backup lithium battery for the memory broke. At present the ASM-IV is been checked in a pressure tank for about 24h at 5 bars pressure to look for leakage.

I will keep you in touch. As I can foresee we will send the ASM-IV back by monday.

Joerg R. Gutkuhn
ARGUS GESELLSCHAFT FUER UMWELTMESSTECHNIK MBH
Joerg R. Gutkuhn
e-Mail: j.gutkuhn@argusnet.de
phone: +49 4292 992335
fax: +49 4292 992365
homepage: www.argusnet.de

Van: j.gutkuhn@argusnet.de
[mailto:j.gutkuhn@argusnet.de]
Verzonden: maandag 11 augustus 2003 15:46
Aan: p.r.kramer@DNH.RWS.MINVENW.NL
Onderwerp: ASM-IV failure

Dear Mr. Cramer,

we finally found the problem. One of the memory chips had a bad connection. We think the pad was not soldered properly or the memory chip was just not ok. After exchange, the instrument works perfect as it should.

To be save we suggest you to run the instrument after receiving just on open air in your laboratories on a sample rate of 2 seconds and min/max storage enabled. That gives you approx. 2:50 hours

to fill the memory with data. After reading the data it
should give an
even line with some spikes probably.

Thank you for your patience. The instrument will leave
after a final
check on wednesday.

sincerely yours

Joerg R. Gutkuhn

ARGUS GESELLSCHAFT FUER UMWELTMESSTECHNIK MBH
Joerg R. Gutkuhn
e-Mail: j.gutkuhn@argusnet.de
phone: +49 4292 992335
fax: +49 4292 992365
homepage: www.argusnet.de

12 Bijlage C: MATLAB-scripts

12.1 Inlezen data

```
%function readallAMFdata
clear all;
[bestandname, pathname] = uigetbestand('*.DAT;*.ASC', 'Pick an
databestand');

if isequal(bestandname,0)|isequal(pathname,0)
    disp('Bestand not found')
else
    disp(['Bestand ', pathname, bestandname, ' found'])
end

cd(pathname);                %set selected path

pathname = cd;                %current path

%open bestand

data=importdata([pathname '\' bestandname]);

datatype = [{'ASM OBS sensors data extracted'} {'refl'}];
datatype=[datatype ; {'ASM OBS sensors variability extracted'}
{'vari'}];
datatype=[datatype ; {'ASM computed sediment level extracted'}
{'sedi'}];
datatype=[datatype ; {'ASM optional sensor data extracted'}
{'opti'}]

s=char(data.textdata(1));
[headline,s]=strtok(s,':');
type=strmatch(headline,datatype)
headerstruct= [2 4; 2 4; 2 5; 2 6]; % lines in header
dataname=char(datatype(type,2));

header=[];
nr_lines=headerstruct(type,1);
for i=1:nr_lines,
    s=char(data.textdata(1+i));
    while ~isempty(s),
        [A,s]=strtok(s,':');
        header=[header; {A}];
    end
end
```

```

nr_clms=size(header,1)/nr_lines;
header=reshape(header,nr_clms,nr_lines)';
nr_meas=str2num(char(header(1,2)))
nr_sens=str2num(char(header(2,2)))

header=[];
nr_lines=headerstruct(type,2);
for i=1:nr_lines,
    s=strcat('x ',char(data.textdata(1+headerstruct(type,1)+i)))
    while ~isempty(s),
        [A,s]=strtok(s,'|');
        header=[header; {A}];
    end
end
nr_clms=size(header,1)/nr_lines;
header=reshape(header,nr_clms,nr_lines)';
header=header(:,2:size(header,2));

[newbestand,newpath] = uiputbestand([strtok(bestandname, '.')
'.mat'],'Save raw databestand name');

save([newpath
newbestand], 'headline', 'nr_meas', 'nr_sens', 'header', 'dataname');

% read data from bestand

disp(['start: ' datestr(clock)  ]);

sdate=data.textdata(2+sum(headerstruct(type,:)):size(data.textdata(:,
1),1),1);
stime=data.textdata(2+sum(headerstruct(type,:)):size(data.textdata(:,
1),1),2);
dates=strcat(char(sdate),'; ',char(stime),';');
rowdates=size(dates,1);
coldates=size(dates,2);
dates=reshape(dates',1,rowdates*coldates);
dates=sscanf(dates,'%2u.%2u.%4u;%2u:%2u:%2u;',6*rowdates);
dates=reshape(dates',6,rowdates)';
dates
=datenum(dates(:,3),dates(:,2),dates(:,1),dates(:,4),dates(:,5),dates
(:,6));

save([newpath newbestand], 'dates', '-append');

disp([ 'tussen: ' datestr(clock)  ]);

data=data.data;

save([newpath newbestand], 'data', '-append');

disp([ 'stop: ' datestr(clock)  ]);

```

12.2 Grafische weergave ruwe data

```

clear all;
close all;

```

```

hardcopy=logical(0); %plaatjes afdrukken =1; niet afdrukken =0
opslaan=logical(0);
naam='NW5 mrt-apr 2002';
bestandnm='jun';

load([ bestandnm '_ref']);
eval([ dataname '= data;']);
load([ bestandnm '_varia']);
eval([ dataname '= data;']);
load([ bestandnm '_sed']);
eval([ dataname '= data;']);
load([ bestandnm '_opt']);
eval([ dataname '= data;']);

ts=dates;
t0=dates(1);
te=max(ts);
clear dates;
rsens=1:nr_sens;
rmeas=1:nr_meas;
if max(ts)-ts(1)<5,
    strt=floor(24*60*ts(1))/24/60;
    stop=ceil(24*60*max(ts))/24/60;
    step=floor(24*60*6*(stop-strt)/5)/24/60/6;
    hrs=strt:step:stop;
    hrs1=datestr(hrs,0);
else
    strt=floor(ts(1));
    stop=ceil(max(ts));
    step=floor((stop-strt)/5);
    hrs=strt:step:stop;
    hrs1=datestr(hrs,19);
end

%figuren met meetgegevens
titelnaam=[' start:' datestr(t0) ' stop:' datestr(te)]
fh1=figure('Name', titelnaam)
set(fh1,'papertype','A4',...
    'paperorientation','portrait',...
    'paperunits','normalized',...
    'paperposition',[0.05 0.05 0.9 0.9],...
    'units','normalized',...
    'position',[0.05 0.05 0.9 0.8],...
    'NumberTitle','off',...
    'colormap',jet);

axes('position',[0 0.95 1 0.05],'Visible','off');
text(0,0.5,...
    ['ASM-IV data, ' titelnaam ],...
    'fontsize',10,...
    'fontweight','bold');

```

```

ml=0.1;
mr1=0.07+ml;
mr2=0.05;
mt = 0.02;
mb = 0.02;
nmp = 6;
wh1=1-ml-mr1;
wh2=1-ml-mr2;
hv =(1-mt-mb)/nmp;
wv = hv*.6;

for ss = 1:nmp
    h(ss)=axes('position',[ml 1-mt-ss*hv wh1 wv],...
        'Xlim',[strt stop],...
        'Xtick',hrs,...
        'Xticklabel',hrs1,...
        'XDir','norm', ...
        'FontName','Helvetica', ...
        'FontSize',5, ...
        'FontUnits','points');
end;

n=1;
axes(h(n))
p=get(gca,'position');
p(3)=wh2;
surface(ts,rsens,refl(rmeas,rsens)');
set(h(n),'position',p,...
    'Xlim',[strt stop],...
    'Xtick',hrs,...
    'Xticklabel',hrs1,...
    'Ylim',[0 nr_sens],...
    'YDir','reverse');
title('raw reflectivity data'); ...
xlabel('time'); ...
ylabel('sensor'); ...
zlabel('12-bits ADC-values (0-4095)'); ...
shading interp; ...
axis tight; ...
colorbar('vert');

n=2;
axes(h(n))
plot(ts,0.01*sedi,','.','markersize',2)
set(h(n),'yscale','lin',...
    'Ylim',[0 nr_sens],...
    'Xlim',[strt stop],...
    'Xtick',hrs,...
    'Xticklabel',hrs1,...
    'YDir','reverse',...
    'XDir','norm'); ...
title('Distance from first sensor to bottom (cm)'); ...

```

```

        xlabel('time'); ...
        ylabel('position bottom (cm)'); ...

n=3;
axes(h(n))
p=get(gca,'position');
p(3)=wh2;
surface(ts,rsens,vari(rmeas,rsens));
set(h(n),'position',p,...
    'Ylim',[0 nr_sens],...
    'Xlim',[strt stop],...
    'Xtick',hrs,...
    'Xticklabel',hrs1,...
    'YDir','reverse');
title('variation in reflectivity'); ...
xlabel('time'); ...
ylabel('sensor'); ...
zlabel('12-bits ADC-values (0-4095) '); ...
shading interp; ...
axis tight; ...
colorbar('vert');

n=4;
axes(h(n))
plot(ts,opti(rmeas,1),'.','markersize',2);
set(h(n),'ylim',[floor(min(opti(rmeas,1)))
ceil(max(opti(rmeas,1)))],...
    'Xlim',[strt stop],...
    'Xtick',hrs,...
    'Xticklabel',hrs1,...
    'XDir','norm'); ...
title('pressure'); ...
xlabel('time'); ...
ylabel('hPa (~cm)'); ...

n=5;
axes(h(n))
plot(ts,opti(rmeas,2),'.','markersize',2);
set(h(n),'ylim',[floor(min(opti(rmeas,2)))
ceil(max(opti(rmeas,2)))],...
    'Xlim',[strt stop],...
    'Xtick',hrs,...
    'Xticklabel',hrs1,...
    'XDir','norm'); ...
title('temperature'); ...
xlabel('time'); ...
ylabel('degrees C^0'); ...

n=nmp;
axes(h(n))
plot(ts,opti(rmeas,3),'.','markersize',2);

```

```

set(h(n),'ylim',[floor(min(opti(rmeas,3))
ceil(max(opti(rmeas,3))),...
'Xlim',[strt stop],...
'Xtick',hrs,...
'Xticklabel',hrs1,...
'XDir','norm'); ...
title('tilt'); ...
xlabel('time'); ...
ylabel('degrees'); ...

if opslaan
    %saveas(gcf,['ASM_' bestandnm '_A' ],'m');
    eval(['print -djpeg90 ' char(['ASM_' bestandnm '_A' ])]);
end
if hardcopy,
    print % let op afdrukken!!!!!!!!!!!!
end

%x=1:2000;
%y=42:135;
%figure;
%contour(dates(x),y,refl(x,y+1)',[100 200 400 800 1600 3200]);
%colormap gray ;
%axis tight;
%shading interp;
%hold on;
%plot(dates(x),0.01*sedi(x),'r+');
%datetick;
%axis tight;
%legend;

%figure;
%surface(dates(x),y,refl(x,y+1)');
%colormap cool ;
%axis tight;
%shading interp;
%hold on;
%plot(dates(:),0.01*sedi(:),'k+');
%datetick;
%axis tight;
%legend;

%figure;
%plot(golfhoogte_ijmmuni(:,1),golfhoogte_ijmmuni(:,2),'r.','markersize',2)
%hold on;
%plot(golfhoogte_k13a(:,1),golfhoogte_k13a(:,2),'g.','markersize',2)
%plot(golfhoogte_europlat(:,1),golfhoogte_europlat(:,2),'b.','markersize',2)

a=1:size(ts,1);
b=1:192;

```

```
figure; h1=surface(a,b,refl(a,b)); set(h1,'facealpha', 0.2); shading
flat; colormap gray;
axis tight;
hold on; plot(a,sedi(:)*0.01+1,'r.','markersize',4)
set(gca,'ydir','reverse')
title('Storing in het signaal')
xlabel('meetpunt')
ylabel('sensor')
```

12.3 Grafische weergave waterstand, druk en bodem

```
close all;
clear all;
hardcopy=logical(0); %plaatjes afdrukken =1; niet afdrukken =0
opslaan=logical(0);

% waterstand ASM
t_corr=24.5/60/24;% tijdscorr=minuten/minuten per dag
poslsensNAP=-121.7 ;
posdrukASM=poslsensNAP+40;
postopASM=poslsensNAP+50;
bestand='feb';
bestandnm=['Z:\2003\meetdata\asm4\' bestand];
load([ bestandnm '_opt']);
tstart=min(dates);
tstop=max(dates);
i_ok=logical(ones(size(dates)));

%start_notok=dates(floor(0.62*max(size(dates))));
datestr(start_notok)
start_notok=dates(3051); datestr(start_notok); %feb:3051 jun:3150
stop_notok=dates(3818); datestr(stop_notok); %feb:3818 jun:3850
if start_notok<stop_notok,
    i_ok=dates<start_notok|dates>stop_notok;
end

tks=floor(tstart):7:ceil(tstop);
i2=dates>=tstart&dates<=tstop;
pressure=data(:,1);

load([ bestandnm '_sed']);
eval([ dataname '= data;']);

bestandnm='D:\tmp\meetdata\petten\luchtdrukdenhelder';
load( bestandnm );
tlucht=datenum('30-Dec-1899')+luchtdruk(:,1);
i1=tlucht(:,1)>=floor(min(dates))&tlucht(:,1)<=ceil(max(dates));
y1l = interp1(tlucht(i1),luchtdruk(i1,2),dates,'lineair');
airpress=0.1*y1l;

bestandnm='D:\tmp\meetdata\petten\waterstandpetten';
load( bestandnm );
i2=ts>=floor(tstart)&ts<=ceil(tstop);
```

```

h_NAPcm = interp1(ts(i2),h_NAPcm(i2),dates+t_corr,'linear');

g=9.81;
rho_water=1027;

simpres=0.01*(100*airpres+ 0.01*g*rho_water*(h_NAPcm-posdrukASM));
i4 = postopASM>=h_NAPcm;
simpres(i4)=airpres(i4);
pft=polyfit(pressure(i_ok),simpres(i_ok),1);
p_asm=pft(1)*pressure+pft(2);
p_std=std(p_asm(i_ok)-simpres(i_ok));
i_pok=abs(p_asm-simpres)>5*p_std;
p_asm(i_pok)=NaN;

disp(['std = ' num2str(p_std) ' klk = ' num2str(24*60*t_corr) ' ref
= ' num2str(posdrukASM)])

Hasm=1e4*(pft(1)*pressure+pft(2)-airpres)/(g*rho_water)+posdrukASM;
Hasm(i_pok)=NaN;

%i3=abs(Hasm-h_NAPcm)>100;
%Hasm(i3)=NaN;
%h_NAPcm(i3)=NaN;

bestandnm='D:\tmp\meetdata\petten\golfhoogte';
load( bestandnm );
tg_k13a=golfhoogte_k13a(:,1)+datenum('30-Dec-1899');
tg_ijmmuni=golfhoogte_ijmmuni(:,1)+datenum('30-Dec-1899');
tg_europlat=golfhoogte_europlat(:,1)+datenum('30-Dec-1899');
itg1=tg_k13a>=tstart&tg_k13a<=tstop;
itg2=tg_ijmmuni>=tstart&tg_ijmmuni<=tstop;
itg3=tg_europlat>=tstart&tg_europlat<=tstop;
tg_k13a=tg_k13a(itg1);
tg_ijmmuni=tg_ijmmuni(itg2);
tg_europlat=tg_europlat(itg3);
hg_k13a=golfhoogte_k13a(itg1,2);
hg_ijmmuni=golfhoogte_ijmmuni(itg2,2);
hg_europlat=golfhoogte_europlat(itg3,2);

% graphics
fh1=figure;
set(fh1,'papertype','A4',...
    'paperorientation','portrait',...
    'paperunits','normalized',...
    'paperposition',[0.05 0.05 0.9 0.9],...
    'units','normalized',...
    'position',[0.05 0.05 0.9 0.8],...
    'NumberTitle','off',...
    'colormap',jet);

subplot(2,1,2)
plot(dates,h_NAPcm); hold on; plot(dates,Hasm,'r');
legend('MWTL meetpunt','ASM-IV')
set(gca,'xlim',[floor(tstart)
ceil(tstop)],'xtick',tks,'xticklabel',datestr(tks,19))
xlabel('tijd')

```

```

ylabel('waterstand t.o.v. NAP (cm)')
title(['Waterstand Petten ASM-IV vergeleken met MWTL meetpunt; start: '
' datestr(tstart) ' stop: ' datestr(tstop)] );

subplot(2,1,1)

plot(dates,simpress); hold on; plot(dates,p_asm,'r');
legend('berekende druk',['(' num2str(pft(1),'%6.3g') ')'.p_{ASM} + ('
num2str(pft(2),'%6.3g') ')'])
set(gca,'xlim',[floor(tstart)
ceil(tstop)],'xtick',tks,'xticklabel',datestr(tks,19))
xlabel('tijd')
ylabel('druk (hPa)')
title(['Druk van ASM-IV vergeleken met berekende druk ; start: '
datestr(tstart) ' stop: ' datestr(tstop)] );

if opslaan
    %saveas(gcf,['ASM_' bestandnm '_A' ],'m');
    eval(['print -djpeg90 ' char(['ASM_' bestand '_hw' ])]);
end
if hardcopy,
    print % let op afdrukken!!!!!!!!!!!!
end

fh2=figure;
set(fh2,'papertype','A4',...
'paperorientation','portrait',...
'paperunits','normalized',...
'paperposition',[0.05 0.05 0.9 0.9],...
'units','normalized',...
'position',[0.05 0.05 0.9 0.8],...
'NumberTitle','off',...
'colormap',jet);

plot(dates,Hasm,'r'); hold on;
plot(dates,h_NAPcm,'b');
plot(tg_kl3a,hg_kl3a,'g.','markersize',4);
plot(tg_ijmmuni,hg_ijmmuni,'b.','markersize',4);
plot(tg_europlat,hg_europlat,'k.','markersize',4);
plot(dates,poslsensNAP-sedi/100,'c');
legend('waterstand ASM-IV','waterstand Petten zuid','golfhoogte
kl3a','golfhoogte ijmuiden munitiestort','golfhoogte
europlatform','ASM-IV bodemligging');
%legend('waterstand ASM-IV','waterstand Petten zuid','golfhoogte
kl3a','golfhoogte europlatform','ASM-IV bodemligging');
set(gca,'xlim',[floor(tstart)
ceil(tstop)],'xtick',tks,'xticklabel',datestr(tks,19))
xlabel('tijd')
ylabel('waterstand t.o.v. NAP (cm) en golfhoogte (cm)')
title(['Bodemligging, Waterstand en Golfhoogte ; start: '
datestr(tstart) ' stop: ' datestr(tstop)] );

```

```

line([floor(tstart) ceil(tstop)], [postopASM
postopASM], 'Color', 'm', 'LineWidth', 1, 'linestyle', '--');
line([floor(tstart) ceil(tstop)], [poslsensNAP
poslsensNAP], 'Color', 'm', 'LineWidth', 1, 'linestyle', '--');
line([floor(tstart) ceil(tstop)], [poslsensNAP-191 poslsensNAP-
191], 'Color', 'm', 'LineWidth', 1, 'linestyle', '--');

if opslaan
    %saveas(gcf, ['ASM_' bestandnm '_A' ], 'm');
    eval(['print -djpeg90 ' char(['ASM_' bestand '_hg_hw_hb'
    ])]);
end
if hardcopy,
    print % let op afdrukken!!!!!!!!!!!!!!
end

%figure; plot(p_asm, simpress, '.')
%figure; plot(p_asm-simpress, simpress, '.')
%figure; plot(Hasm-h_NAPcm, Hasm, '.')
figure; plot(p_asm(2:max(size(p_asm)))-
simpress(2:max(size(p_asm))), simpress(2:max(size(p_asm)))-
simpress(1:max(size(p_asm))-1), '.')

```