

# Kalibratie van verschillende datasets van temperatuur en saliniteit in het Marsdiep

## Bachelor Scriptie (BONZ)



Auteur: Robby Huijting

Begeleider: Janine Nauw

Supervisor: Leo R. M. Maas

Koninklijk NIOZ/IMAU (Universiteit Utrecht),

Maandag 13 januari 2014

## Inhoudsopgave

1. Abstract.....	1
2. Inleiding.....	1
3. Datasets	
3.1. Jetty Automatic FYS.....	3
3.2. Handmetingen.....	5
3.3. IN PLACE.....	6
3.4. TESO metingen.....	7
4. Resultaten	
4.1. Gekalibreerde FYS data.....	8
4.2. Diepteprofiel bij NIOZ steiger.....	10
4.3. Ruwe FYS data vs HAND data.....	12
4.4. Invloed TESO op Ruwe FYS data.....	18
4.5. Ruwe FYS data vs Ruwe IP data.....	20
4.6. Gekalibreerde FYS data vs gekalibreerde TESO data.....	31
5. Discussie	
5.1. Gekalibreerde FYS data/Ruwe FYS vs HAND data.....	35
5.2. Diepteprofiel bij NIOZ steiger/Invloed TESO op Ruwe FYS data.....	36
5.3. Ruwe FYS data vs ruwe IP data.....	36
5.4. Gekalibreerde FYS data vs gekalibreerde TESO data.....	36
6. Conclusie	
6.1. Uitkomsten en Beperkingen.....	37
6.2. Vervolgonderzoek.....	38
7. Dankwoord.....	39
8. Bibliografie.....	42
9. Appendix	
A. Handmetingen en Bemonstering.....	44
B. Kalibratieprotocol.....	49

## 1. Abstract

The Wadden- and North Sea area are of large ecologic and economic importance, so having as much as possible reliable knowledge about parameters such as temperature and salinity in this domain is thereby very valuable. In this research the calibration method, described in Van Aken 2008a,b, for temperature and salinity measured by the Jetty Automatic FYS sensor is checked. A comparable calibration method is applied to the measurements taken by the IN PLACE sensor on the NIOZ jetty and a method has been developed to calibrate the measurements taken on board of the TESO ferry. The relation of the FYS sensor with respect to Hand measurements, IN PLACE data and TESO data is also looked into.

The comparison of the raw datasets show that the FYS sensor registers a higher salinity and a lower temperature than the other three sensors; it also seems that the time of the IN PLACE dataset is shifted with 20 a 30 minutes compared to the raw FYS data. Finally, it seems like the calibrated FYS sensor datasets correlates well ( $T: R^2 \geq 0.88$ ) to quite well ( $S: R^2 \geq 0.63$ ) with the calibrated TESO data for a latitude between  $50^\circ$  and  $53.001616^\circ$ .

Vertical profiles measured nearby the jetty show the appearance of layering at the Jetty at a certain moment. This is in contrast to the assumption made in the calibration method that the water nearby the NIOZ jetty is always well-mixed. Besides that, we show that passing ships, like the TESO ferries, have influence on the measurements made by the sensors.

---    ---    ---    ---    ---    ---    ---    ---    ---    ---    ---    ---    ---

Het Wadden- en Noordzeegebied zijn van groot ecologisch en economisch belang, dus zoveel mogelijk betrouwbare kennis over parameters als temperatuur en saliniteit in dit gebied bezitten is dan ook waardevol. In dit onderzoek is de kalibratiemethode, beschreven in Van Aken 2008a,b, voor de temperatuur en saliniteit gemeten door de FYS gecontroleerd. Een vergelijkbare kalibratiemethode is toegepast op de metingen met de IN PLACE sensor op de NIOZ steiger en er is een methode ontwikkeld om de metingen aan boord van de TESO veerboot te kalibreren. Ook is gekeken hoe de FYS sensor data zich verhoudt ten opzichte van Handmetingen, IN PLACE data en TESO data.

Uit de onderlinge vergelijking van de ruwe datasets blijkt dat de FYS sensor een hogere saliniteit en een lagere temperatuur registreert dan de andere drie sensoren; ook lijkt het erop dat de tijd van de ruwe IN PLACE dataset met 20 à 30 minuten verschoven is t.o.v. die van de ruwe FYS dataset. Tot slot lijkt de gekalibreerde FYS sensor dataset goed ( $T: R^2 \geq 0.88$ ) tot vrij goed ( $S: R^2 \geq 0.63$ ) correleert met de gekalibreerde TESO dataset voor een breedtegraad tussen  $50^\circ$  en  $53.001616^\circ$ .

Uit verticale profielen gemeten bij de steiger blijkt dat er op enig moment sprake was van gelaagdheid bij de NIOZ steiger. Dit is in tegenstelling tot de aanname in de kalibratiemethode dat het water lokaal bij de NIOZ steiger altijd goed is doorgemengd. Daarnaast tonen we aan dat vaarbewegingen van passerende schepen, zoals de TESO veerboten, de metingen van de sensoren beïnvloeden.

## 2. Introductie

Hoewel klein op aardschaal vormen het Nederlandse Wadden- en Noordzeegebied een belangrijke ecologische factor. Het is zeer rijk aan voedingsstoffen en bezit een grote variëteit aan natuurlijke omstandigheden (drassige gebieden, eilanden, kwelders, etc.). Dit maakt het Wadden- en Noordzeegebied erg interessant voor foeragerende vogels. Jaarlijks hebben 10 tot 12 miljoen vogels van minstens 41 verschillende soorten het Waddengebied nodig om uit te rusten en vetreserves aan te vullen, zodat ze hun broedgebied in Canada en Siberië (voorjaar) en Afrika, Europa, etc. (winter) kunnen bereiken. Ook voor vogels die hier vast verblijven is het Noordzee- en Waddengebied een noodzaak voor voedsel, onderdak en om te broeden.

Haar belang als vogelgebied heeft er mede voor gezorgd dat het Wadden- en Noordzeegebied sinds 2009 op de Wereld Erfgoedlijst staat (CWSS, 2012). Het gebied herbergt ook andere diersoorten, zoals de grijze- en gewone zeehond, allerlei vissoorten, schelpdieren, enzovoorts.

Door haar grote rol voor het welzijn van mens en dier is het van belang dat er voldoende kennis is over het Wadden- en Noordzeegebied. Om kennis dit gebied te vergroten, doet het Koninklijk NIOZ, het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, al sinds 1861 (tot 1960 als Zoölogisch Station van de Nederlandse Dierkundige Vereniging) onderzoek naar de Wadden- en Noordzee (Van Aken, 2008a; Van Aken, 2008b; A. Dral, 1998; Van Bennekom, 2001). Het NIOZ monitort verschillende parameters; deze lijst is lang, maar enkele voorbeelden zijn de temperatuur en saliniteit (Postma, 1954; Zimmerman, 1976; Ridderinkhof, 1990; Van Aken, 2003; Van Aken, 2008a,b), sedimentconcentraties en stroomsnelheden (Buijsman et al., 2008a; Elias et al., 2006; Elias et al., 2007; Luijendijk, 2001; Nauw, 2013) en algenbloei (Philippart 2010; Philippart et al., 2013) en de reacties van mosselen op het nutriëntgehalte van het zeewater (Groeskamp et al., 2012; Philippart et al., 2013; Philippart, IN PLACE poster 2011) tot de waterhoogte en windsnelheid nabij het instituut (Buijsman et al., 2007b; [www.fys2008a.nl](http://www.fys2008a.nl); Nauw, 2013).

In dit onderzoek ligt de focus op de parameters temperatuur en saliniteit (zoutgehalte). De temperatuur speelt een belangrijke rol bij onder meer de groei van algen. Veranderingen van de temperatuur op lange termijn hangen sterk samen met klimaatverandering. De saliniteit is van belang voor het bepalen van de kwaliteit van de waterverversing in het gebied. Doordat er zoetwater gespuid wordt in de Waddenzee, is deze zoeter dan de Noordzee; ook is de Waddenzee minder diep en kleiner qua omvang, waardoor deze in aanloop naar de zomer sneller opwarmt en in aanloop naar de winter sneller afkoelt dan de Noordzee. De watereigenschappen van de beide zeeën zijn dus verschillend, waardoor het ontvangen signaal in het Marsdiep varieert naarmate er met de getijden water heen en weer wordt getransporteerd tussen de twee gebieden (Van Aken, 2008a,b).

De temperatuur van het zeewater schommelt tussen de -1 en 26 °C (Van Aken, 2008b), het zoutgehalte tussen de 22 en 32.5 psu (Van Aken, 2008a). Deze waarden variëren op tijdschalen van het getij, een dag, een maand, het seizoen, een jaar en zelfs meerdere jaren. De temperatuurvariaties worden vooral veroorzaakt door het getij: drooggevallen wadden bij eb worden opgewarmd of afgekoeld, afhankelijk van de hoeveelheid zonneschijn en de luchttemperatuur, waarna bij opkomend water de wadden het water opwarmen of afkoelen. Doordat de Noordzee veel dieper is, koelt deze minder snel af in de winter en minder snel op in de zomer, waardoor er een temperatuurverschil is met het Waddengebied in voor- en najaar. Variaties van de saliniteit worden vooral veroorzaakt door het getij en de variërende hoeveelheid zoetwater die in de zee wordt geloosd door de Rijn, maar voornamelijk vanuit het IJsselmeer door de sluizen in de Afsluitdijk bij Kornwederzand en Den Oever (Van Aken, 2008a en 2008b).

Het NIOZ houdt de waarden van deze grootheden voor het Marsdiep, een getijdegeul tussen Texel en Den Helder, al bij sinds 1861. In het werden de metingen nog enkel verricht aan de Den Helderse kant van het Marsdiep via handthermometers en doormetingen van emmers

water om acht uur 's-morgens lokale tijd. Vanaf 1947 gebeurde dit ook vanaf een steiger (Jetty) aan het zuidpunt van Texel. In de eerste jaren vielen deze metingen onder verantwoordelijkheid van de familie Henk, later Teun Beumkes (E. Adriaans, persoonlijke communicatie). Sinds 1982 vinden vallen de metingen bij de Texelse dijk onder de verantwoordelijkheid van het NIOZ. Deze metingen werden mettertijd aangevuld met automatisch verrichte metingen (Philippart et al., 2013; Van Aken, 2003).

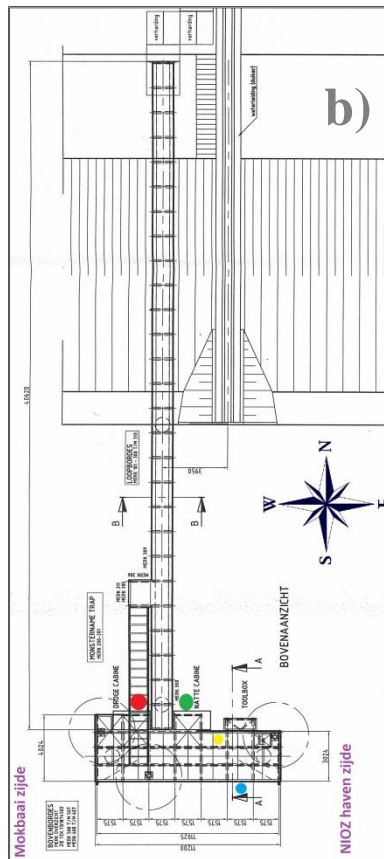
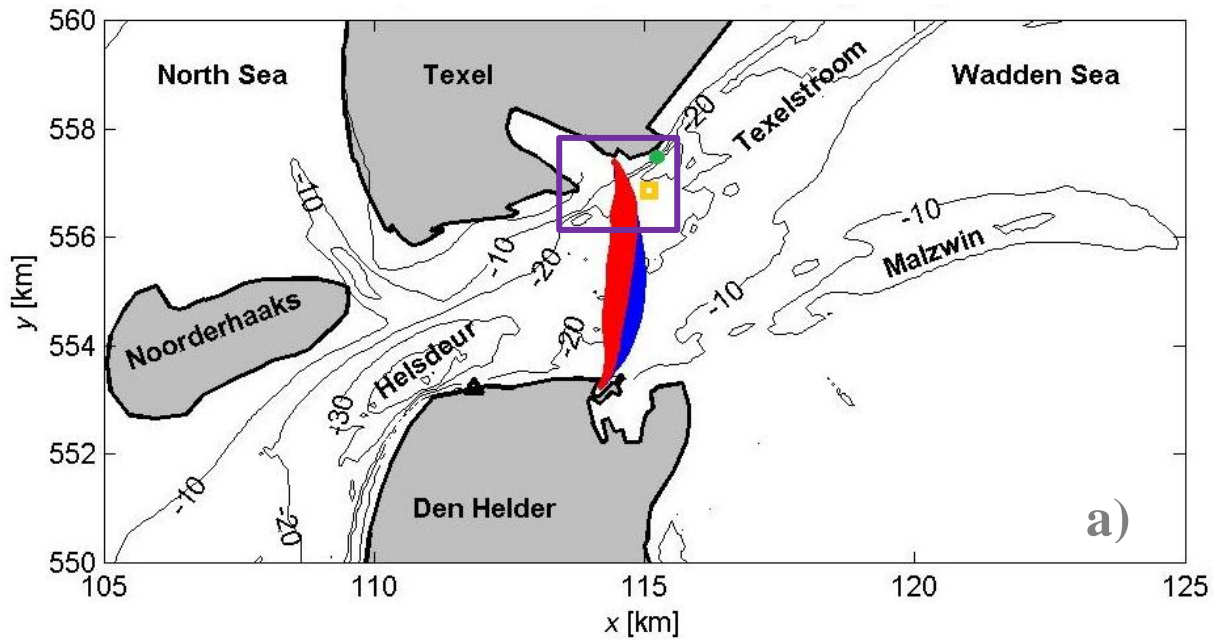
Om de data die bij de steiger worden verzameld te kunnen gebruiken voor het doen van uitspraken over het de dynamica van het Marsdiep, moet deze worden gekalibreerd. De kalibratieprocedure is ontwikkeld door H. M. van Aken en staat beschreven in **Appendix B – Kalibratieprotocol**. Het protocol zal worden toegepast op de data van de Jetty Automatic FYS sensor (FYS) en in aangepaste vorm op data verzameld door twee andere sensoren: de IN PLACE sensor (IP) en de TESO sensor (TESO). Ook zal aan de hand van Handmetingen (HAND) gekeken worden of de aanname van een niet-gelaagd systeem bij de NIOZ steiger, waarop het kalibratieprotocol is gebaseerd, getoetst worden.

### 3. Datasets

De data waarop het kalibratieprotocol wordt toegepast, bestaan uit vier datasets: FYS, HAND, IP en TESO. Voor alle methoden geldt dat de temperatuur bepaald wordt middels een thermistor (temperatuurgevoelige weerstand) en de saliniteit uit de temperatuur en geleidbaarheid (conductiviteit) van het zeewater volgens een standaardconversieformule (UNESCO, 1983). De tijd wordt gemeten in UTC aanduiding, in het Nederlands de gecoördineerde wereldtijd genoemd; het is een standaardtijd onafhankelijk van tijdzones. Voor Nederland geldt dat deze tijdseenheid gelijk is aan de lokale tijd -2 uur in de zomer en -1 uur in de winter (<http://nl.wikipedia.org/wiki/UTC>).

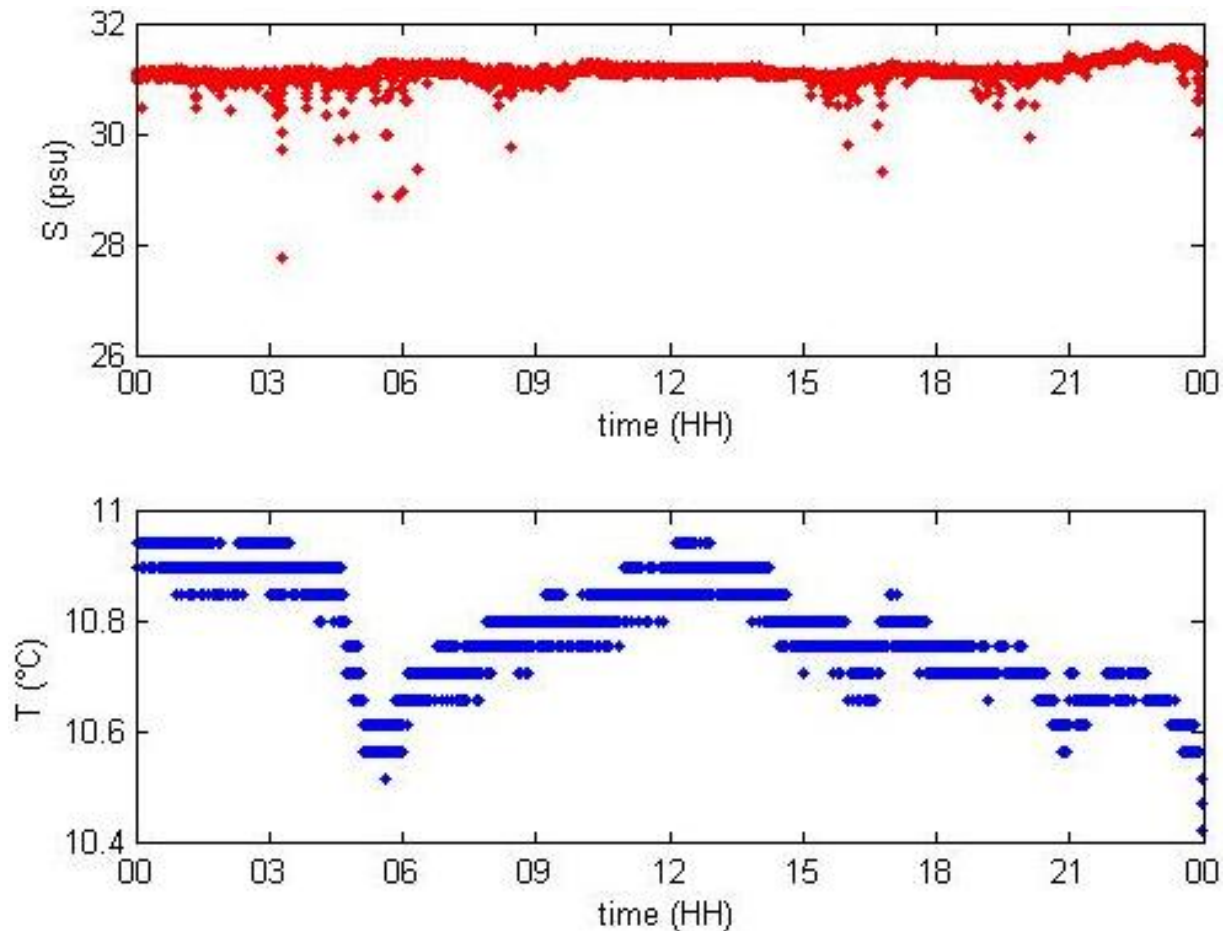
#### 3.1. Jetty Automatic FYS

De Jetty Automatic FYS data zijn opgezet door en onder beheer van de Fysische Oceanografie (vandaar de sensorafkorting FYS) groep van het NIOZ. Deze dataset loopt al sinds maart 2000 (Van Aken, 2003). De sensor, een AANDERAA Salinity/Temperature Sensor 3210 (D), verzameld automatisch data met een frequentie van eenmaal per 12 seconden en is geplaatst in een koker naast een door het NIOZ aangelegde steiger (zie Figuur 1; de sensor bevindt zich bij de groene bol in Figuur 1). Figuur 2 geeft een voorbeeld van de ruwe data zoals de FYS sensor die verzameld.



Figuur 1 a) Weergave van het vaarpatroon van de TESO veerbotten tussen de veerhavens in Den Helder en 't Horntje (Texel). Het noorden wijst in positieve y-richting. Blauw is de heenreis, rood is de terugreis. De groene cirkel geeft de positie van de NIOZ steiger weer, het oranje vierkantje de positie van de waddenlichtpaal MOK-VH3. Rechtsbovenin is deze laatste paal te zien, samen met de havenmond van 't Horntje en één van de veerbotten van de TESO. Het paarsomrande gebied beslaat het gebied dat weergegeven is in de afbeelding op de voorpagina. b) Bovenaanzicht van het bouwplan van de NIOZ steiger (bron: TEBULO Engineering B.V., 20 juni 2006). De rode bol geeft aan waar de handmetingen zijn verricht, de groene bol indiceert de locatie van de Jetty Automatic FYS sensor, de gele bol vanaf waar de monsters genomen worden en de blauwe bol waar de IP sensor zich bevindt.

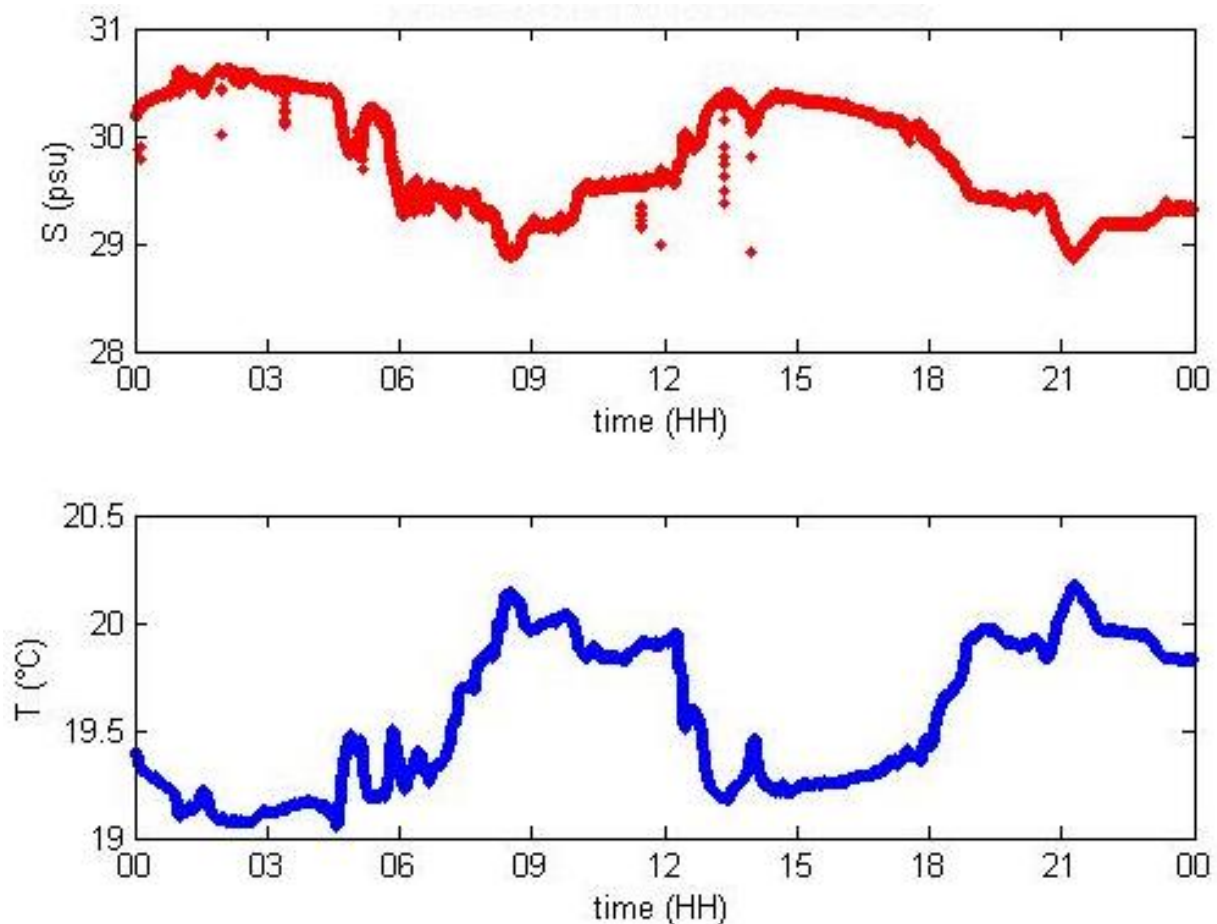




Figuur 2 Een voorbeeld van de ruwe data zoals die worden verzameld door de FYS sensor voor zondag 22 november 2009.

### 3.2. IN PLACE

Tegenover de FYS sensor, aan de andere zijde van het platform (zie de blauwe bol in Figuur 1 b)), is door het MEE (Mariene Ecologie en Evolutie) en FYS departement van het NIOZ nog een multifunctionele automatische sensor geplaatst. Van deze sensor zijn temperatuur en saliniteitdata beschikbaar sinds 2012. Ook de conductiviteit, gebruikt om met de temperatuur het zoutgehalte te berekenen, wordt apart geregistreerd. De apparatuur is door het NIOZ zelf ontwikkeld (Philippart et al., 2011). Aangezien deze sensor voor een specifiek project is ingezet, IN PLACE genaamd (Integrated Network for Production and Loss Assessment in the Coastal Environment), zal hij worden aangeduid als IP. De meetfrequentie is eenmaal per 2 seconden. Figuur 3 geeft een voorbeeld van de ruwe data verzameld door IP.

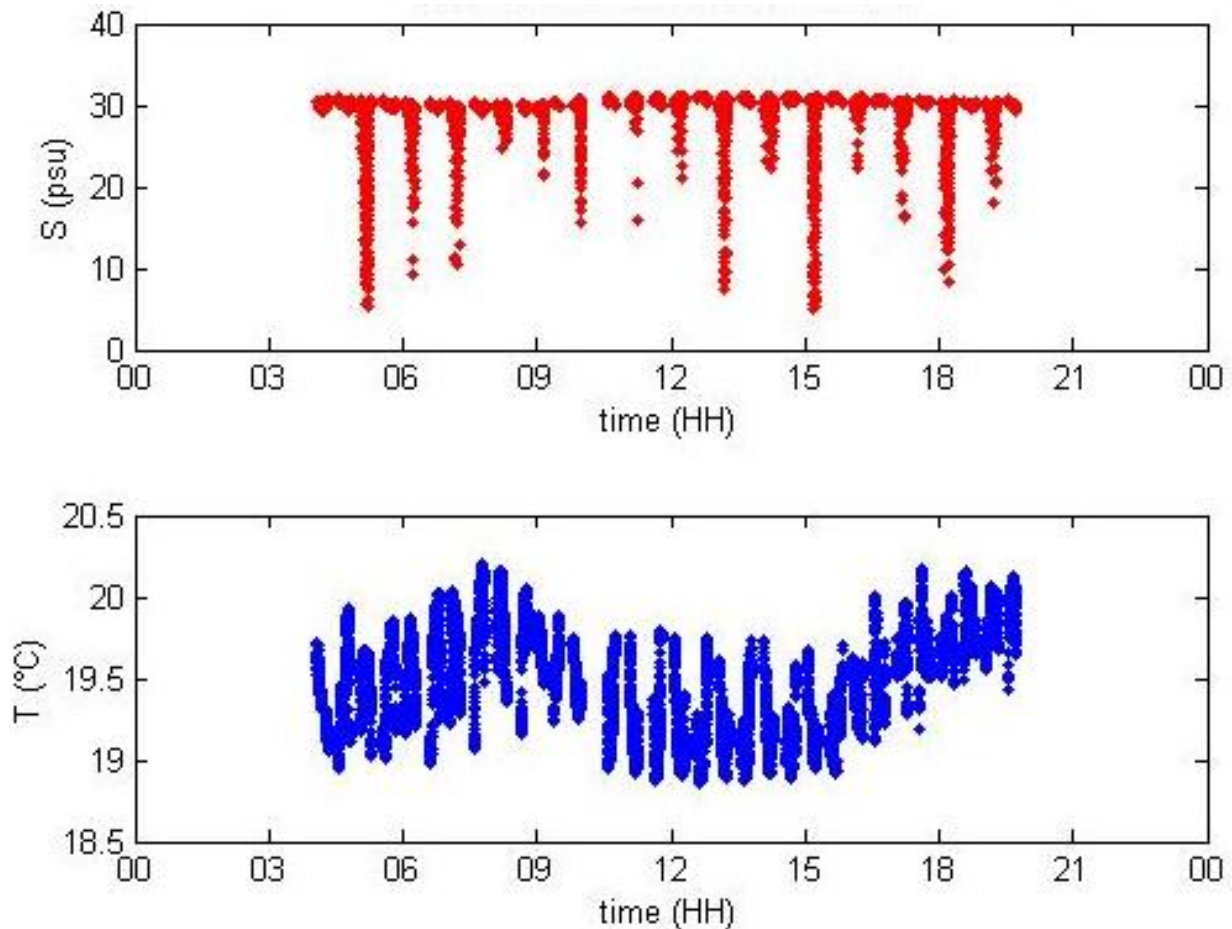


Figuur 3 Een voorbeeld van de ruwe temperatuur- en saliniteit data zoals die automatisch verzameld worden door de IP sensor voor woensdag 31 juli 2013.

### 3.3. TESO metingen

Onder de veerboten van de TESO (Texelse Eigen Stoomboot Onderneming) zitten automatische Seabird SB16 sensoren. Deze sensor bevindt zich in het midden van de veerboot en enkele decimeters onder het wateroppervlak, vanwaar het water naar de sensor wordt gepompt. Van 1998 tot en met 2004 deed de Schulpengat dit, sindsdien de Dokter Wagemaker (Ridderinkhof et al., 2002; Merckelbach et al., 2011; E. Wagemakers, persoonlijke communicatie). Aangezien we alleen kijken naar data verzameld door de Dokter Wagemaker, zal voortaan naar deze sensor worden gerefereerd met TESO sensor. Figuur 1 a) geeft de vaarpatronen weer van de TESO veerboten en Figuur 1 b) de locatie van de NIOZ steiger ten opzichte van het vaarpatroon. Er wordt van uitgegaan dat de boten voor de doeleinden van dit onderzoek als identiek kunnen worden beschouwd. De veerboten verrichten trajectmetingen over het Marsdiep, dus zijn naast temperatuur en saliniteit ook lengtegraad en breedtegraad gemeten parameters. De metingen vinden met een frequentie van eenmaal per 2 seconden plaats. De data zijn vanaf 2006 beschikbaar. Figuur 4 geeft een voorbeeld van de ruwe TESO data.





Figuur 4 Een voorbeeld van de ruwe TESO temperatuur en saliniteit data voor woensdag 31 juli 2013. Er wordt alleen overdag gemeten aangezien, want de veerboten varen alleen 's-nachts indien er bijvoorbeeld een ambulance moet overvaren. De gaten in het patroon ontstaan doordat de veerboot na elke vaart een tijdje in de haven moet blijven stilliggen om te lossen en te laden. In die tijd wordt niet gemeten.

### 3.4. Handmetingen

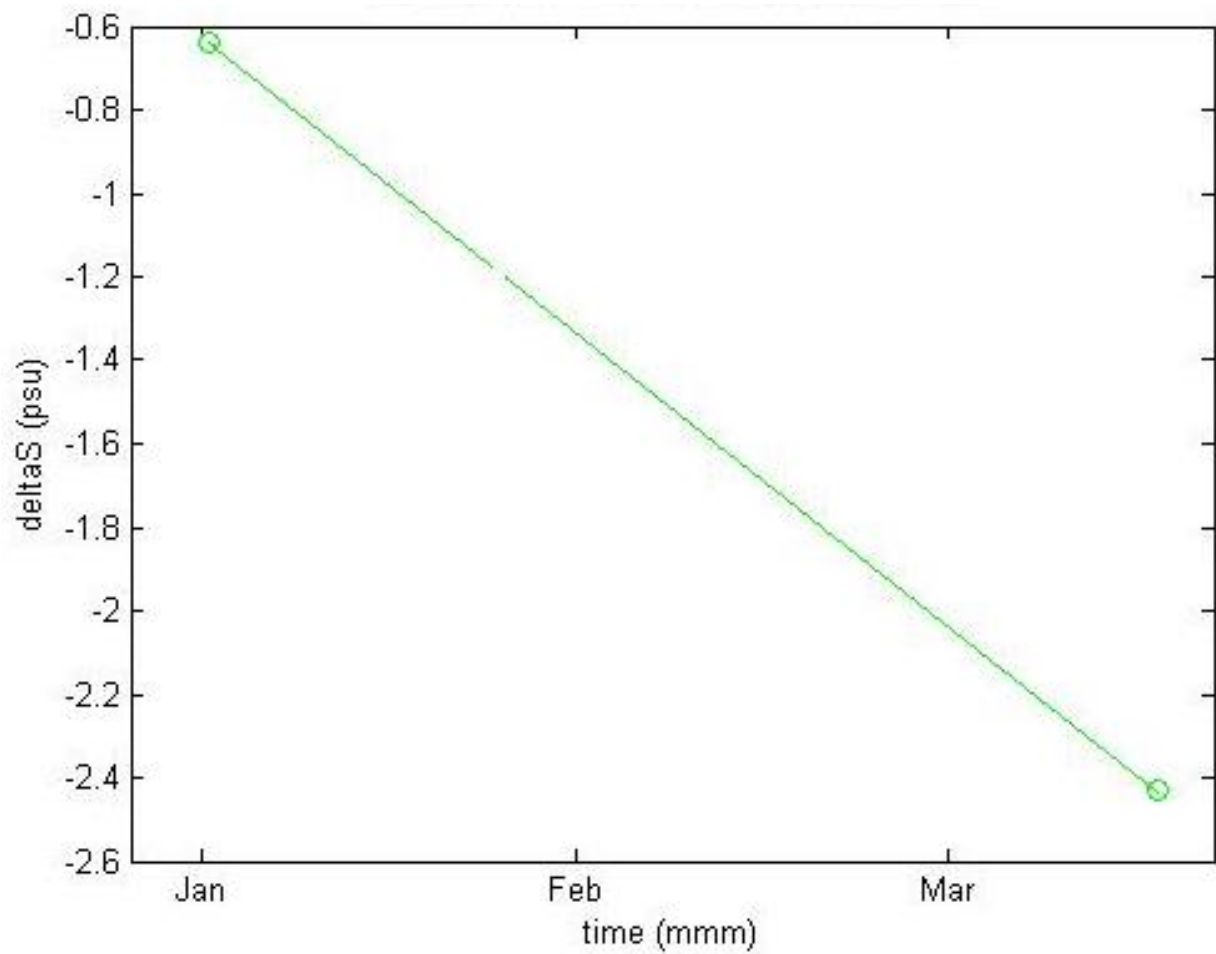
De Handmetingen zijn bedoeld om (tussen het standaardkalibratieschema in) inzicht te krijgen in de kortdurende variaties (korter dan een half uur). Ze zijn verricht tussen 2 oktober 2013 en 3 december 2013. Deze metingen zijn verricht met een handmeter, een EC300 temperatuur/conductiviteit/saliniteit sensor, welke voortaan naar gerefereerd wordt met HAND. Deze metingen vonden op intuïtieve basis tot eind oktober plaats ten tijde van hoog- en laagwater. Daarna is gekozen die metingen tijdens kentering te doen, omdat op dat moment de meeste kans is op gelaagdheid: het water stroomt dan niet meer van of naar de Wadden- en Noordzee (Zimmerman, 1978a), waardoor het water tijdelijk stilstaat en eventueel lagen kan vormen. Zie voor meer informatie over de meetprocedure **Appendix A – Handmetingen en Bemonstering**.

## 4. Resultaten

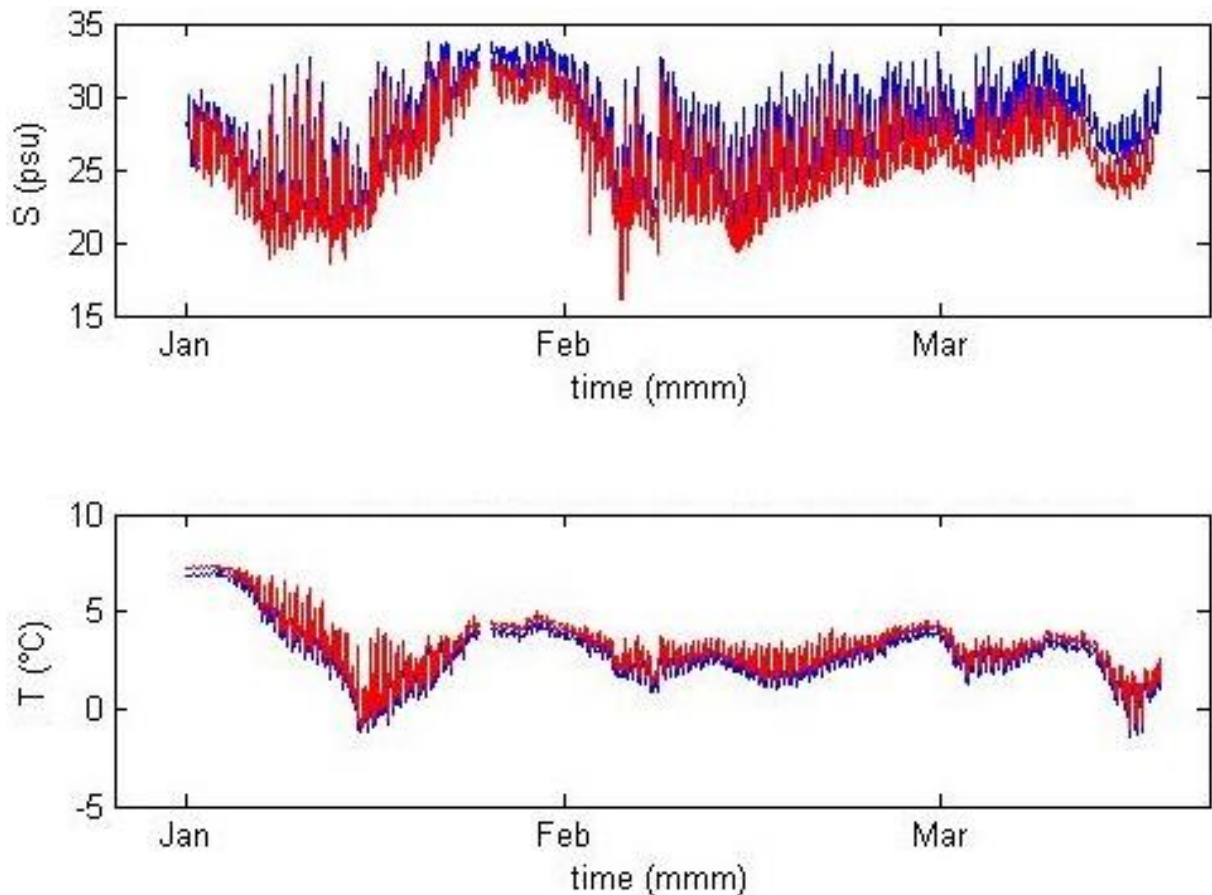
### 4.1. Gekalibreerde FYS data

De ruwe FYS data worden gekalibreerd zoals beschreven in **Appendix B – Kalibratieprotocol**. Kort samengevat gebeurt het volgende: ongeveer eens per week wordt met een handmeter de oppervlaktetemperatuur en uit een monster het zoutgehalte van het water bij de NIOZ steiger bepaald. Van elke FYS datapunt wordt achtereenvolgens de mediaan en het gemiddelde genomen met de twee voorgaande en twee volgende datapunten. Dit levert dus mediaan gefilterde minuutgemiddelde data (MGM) op. Daarna worden halfuurwaarden van de MGM temperatuur en MGM saliniteit opgeslagen. Vervolgens wordt middels lineaire interpolatie het verschil t.o.v. de monstertemperatuur resp. –saliniteit bepaald van de temperatuur en saliniteit die het dichtst bij het bemonstertijdstip ligt uit de gehele dataset, wat  $dT_1$  oplevert, en uit de halfuurselectiedataset, wat  $dT_2$  oplevert. Het gemiddelde van  $dT_1$  en  $dT_2$  samen over een heel jaar levert de waarde waarmee de temperatuur wordt gekalibreerd,  $deltaT$ . De temperatuursensor in de FYS sensor is een halfgeleider, die de eigenschap heeft elk jaar een deel van zijn betrouwbaarheid te verliezen. Daarom wordt over een heel jaar een constante correctiewaarde aangenomen. Voor het voorbeeld in Figuur 6 (dinsdag 1 januari 2013 tot en met vrijdag 27 maart 2013) is  $deltaT$  gelijk aan  $0.4^\circ\text{C}$ . Voor de saliniteit worden op dezelfde wijze  $dS_1$  en  $dS_2$  bepaald; het gemiddelde van  $dS_1$  en  $dS_2$  wordt lineair geïnterpoleerd, wat resulteert in  $deltaS$ . De ruwe saliniteit met daarbij  $deltaS$  opgeteld levert de gekalibreerde saliniteitwaarden op (procedure: Van Aken, persoonlijke communicatie).

Figuur 5 toont de waarde van  $deltaS$  voor het voorbeeld in Figuur 6. Merk ook op dat de kalibratiewaarde vrij hoog wordt tegen het eind: uitgaande van een maximale saliniteit van 32.5 psu gaat het hier om een correctie van bijna 6%. Het kalibreren aan de hand van lineaire interpolatie vraagt bij een dynamische grootheden als de temperatuur en het zoutgehalte om een zo klein mogelijk tijdsverschil tussen de bemonsteringsmomenten. De kalibratiewaarde lineair interpoleren over twee maanden van 1% naar 6% is een erg grove manier van kalibreren als de resolutie op één minuut wordt gesteld. Het beste zou zijn als er minstens drie keer, op zijn minst één keer per week bemonsterd zou worden (Van Aken, persoonlijke communicatie).



Figuur 5 Voorbeeld voor dinsdag 1 januari 2013 tot en met vrijdag 27 maart 2013 waarin via lineaire interpolatie de kalibratiewaarde voor de saliniteit, *deltaS*, wordt bepaald. Bemonsteringsmomenten zijn met open groene cirkels aangegeven. Het gat tussen januari en februari is een gevolg van het feit dat er voor die periode geen data beschikbaar zijn.

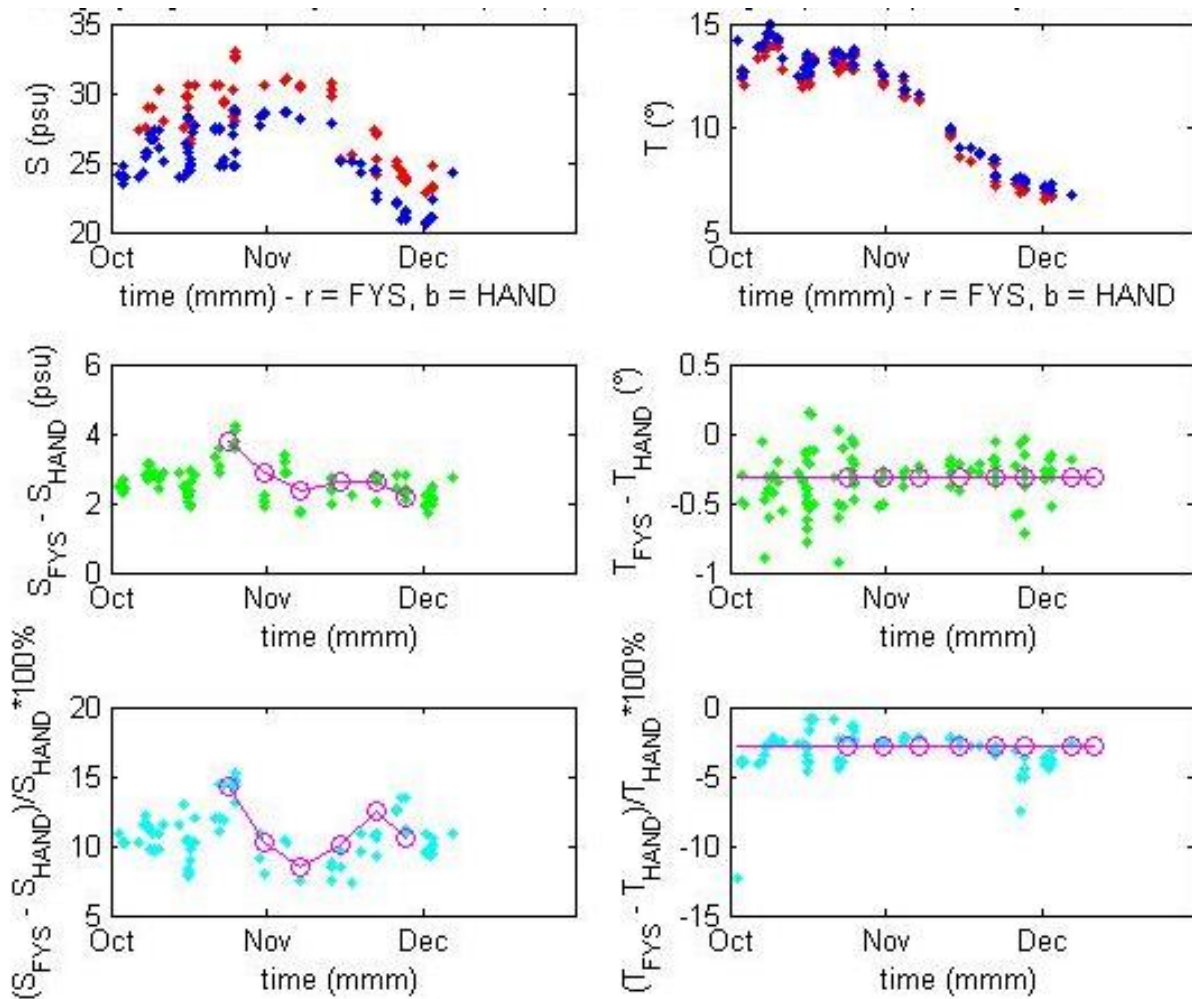


Figuur 6 Ruwe data (blauw) en gekalibreerde data (rood) van de FYS sensor voor dinsdag 1 januari 2013 tot en met vrijdag 27 maart 2013.

#### 4.2. Ruwe FYS data vs HAND metingen

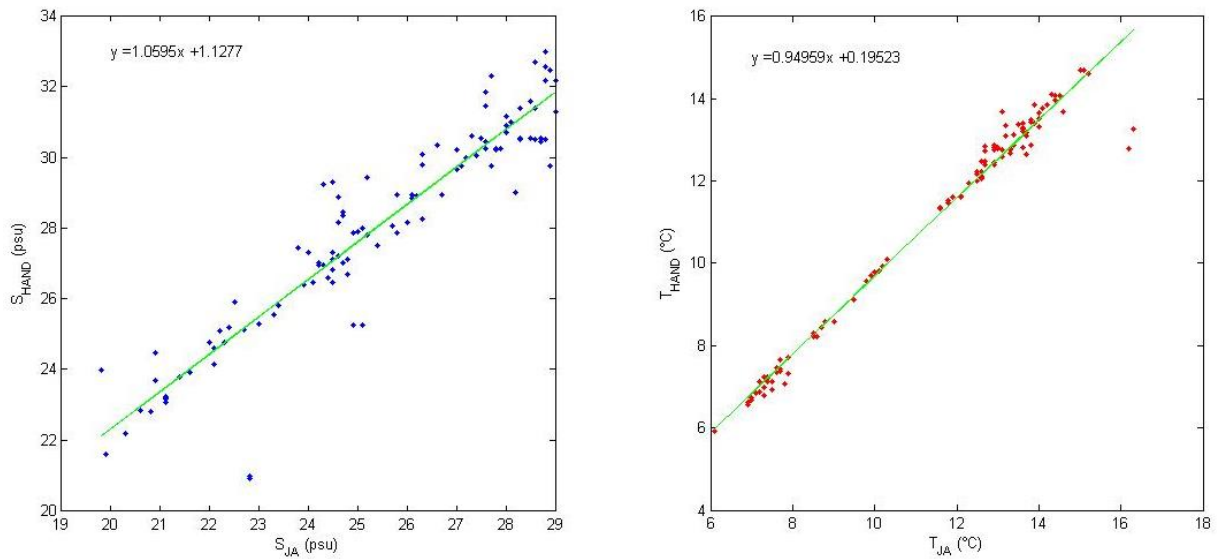
Allereerst wordt gekeken naar een groottevergelijking tussen de data verzameld door de FYS sensor en de HAND metingen. De bovenste twee plaatjes van Figuur 7 geven de resultaten weer van de HAND metingen (blauw), samen met metingen van de FYS (rood) verricht op het moment waarop de HAND metingen werden verricht. Deze metingen zijn nog niet gekalibreerd, aangezien de saliniteit van de monsters voor deze periode nog niet bepaald is (zie **Appendix B – Kalibratieprotocol**).

De middelste twee plaatjes van Figuur 7 geven het absolute verschil tussen de twee datasets. De magentalijn geeft voor de temperatuur de mediaan over de gehele dataset en voor de saliniteit de interpolatie van de medianen tussen schoonmaakmomenten van de sensor weer. Deze schoonmaakmomenten worden met de magentacirkels weergegeven. Verondersteld wordt namelijk dat het schoonmaken van de FYS sensor ervoor zorgt dat het saliniteitverschil tussen FYS en HAND verandert, aangezien verondersteld mag worden dat het schoonmaken invloed heeft op de FYS metingen. De FYS data laat een hogere saliniteit en een lagere temperatuur dan de HAND metingen. Dit komt waarschijnlijk doordat de data nog niet gekalibreerd zijn.



Figuur 7 Het resultaat van de HAND metingen en de FYS sensor data voor de periode woensdag 2 oktober tot en met woensdag 3 december. Alle linker plaatjes horen bij saliniteit, alle rechter plaatjes bij temperatuur. Van onder naar boven zijn de ruwe data, de absolute ruwe verschillen en de ruwe relatieve verschillen te zien. De magentacirkels geven schoonmaakmomenten van de FYS sensor aan. De magentalijnen geven voor saliniteit de geïnterpoleerde mediaan tussen schoonmaakbeurten in en voor temperatuur de mediaan van de gehele dataset weer.

De onderste twee plaatjes van Figuur 7 geven het relatieve verschil, met de HAND metingen als referentie, tussen de HAND data en FYS data weer. Te zien is dat het ten opzichte van de HAND metingen de FYS sensor de temperatuur met ongeveer 6% lager schat en de saliniteit tussen de 8% en 14% hoger schat. Het absolute verschil van ongeveer 2.3 psu begin oktober komt aardig overeen met de kalibratiewaarde voor de saliniteit van 27 maart 2013 (2.4 psu, zie Figuur 5). Ondanks het hoger en lager schatten is er een hoge correlatie (voor saliniteit:  $R^2 = 0.9867$ , voor temperatuur:  $R^2 = 0.9374$ ) en verhouden de FYS data en HAND metingen zich volgens een lineair verband (voor saliniteit is het lineaire verband  $y = 1.0595x + 1.1277$  en voor temperatuur  $y = 0.94959x + 0.19523$ , zie Figuur 8).



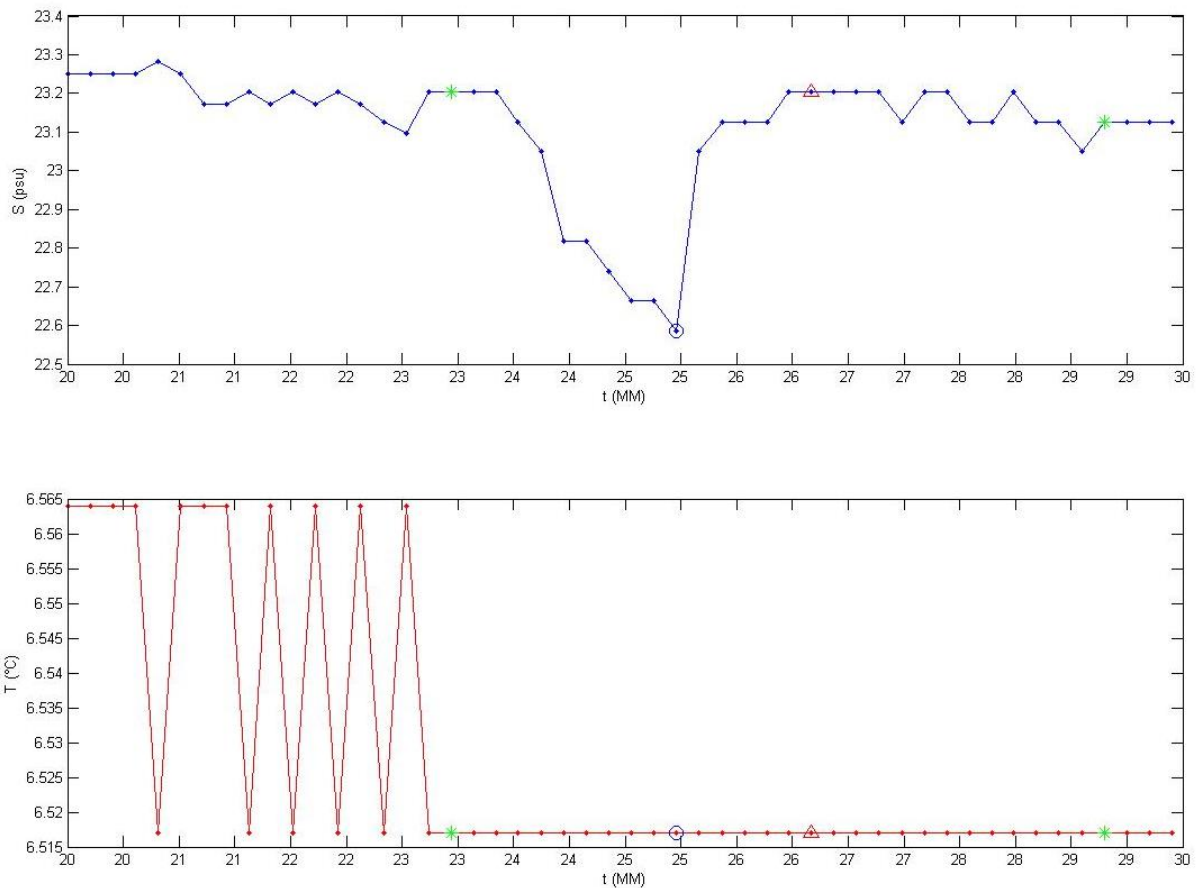
**Figuur 8** De HAND metingen uitgezet tegen de ruwe FYS data voor woensdag 2 oktober tot en met woensdag 3 december 2013.

#### 4.3. Invloed TESO op Ruwe FYS data

Medio oktober 2013 is een aantal pieken in de FYS data geobserveerd waarvan men vermoedt dat deze veroorzaakt worden door het passeren van een veerboot van de TESO (C. Philippart, J. Nauw en E. Wagmaakers, persoonlijke communicatie). Daarom zijn er tussen medio oktober 2013 en december 2013 HAND metingen verricht om te bepalen of er veranderingen kunnen optreden in het signaal dat de FYS sensor ontvangt als er een TESO veerboot passeert. Daarbij zijn metingen gedaan voor drie scenario's: situaties waarin geen boot passeert, situaties waarin een TESO veerboot passeert en situaties waarin een andere boot dan een TESO veerboot passeert.

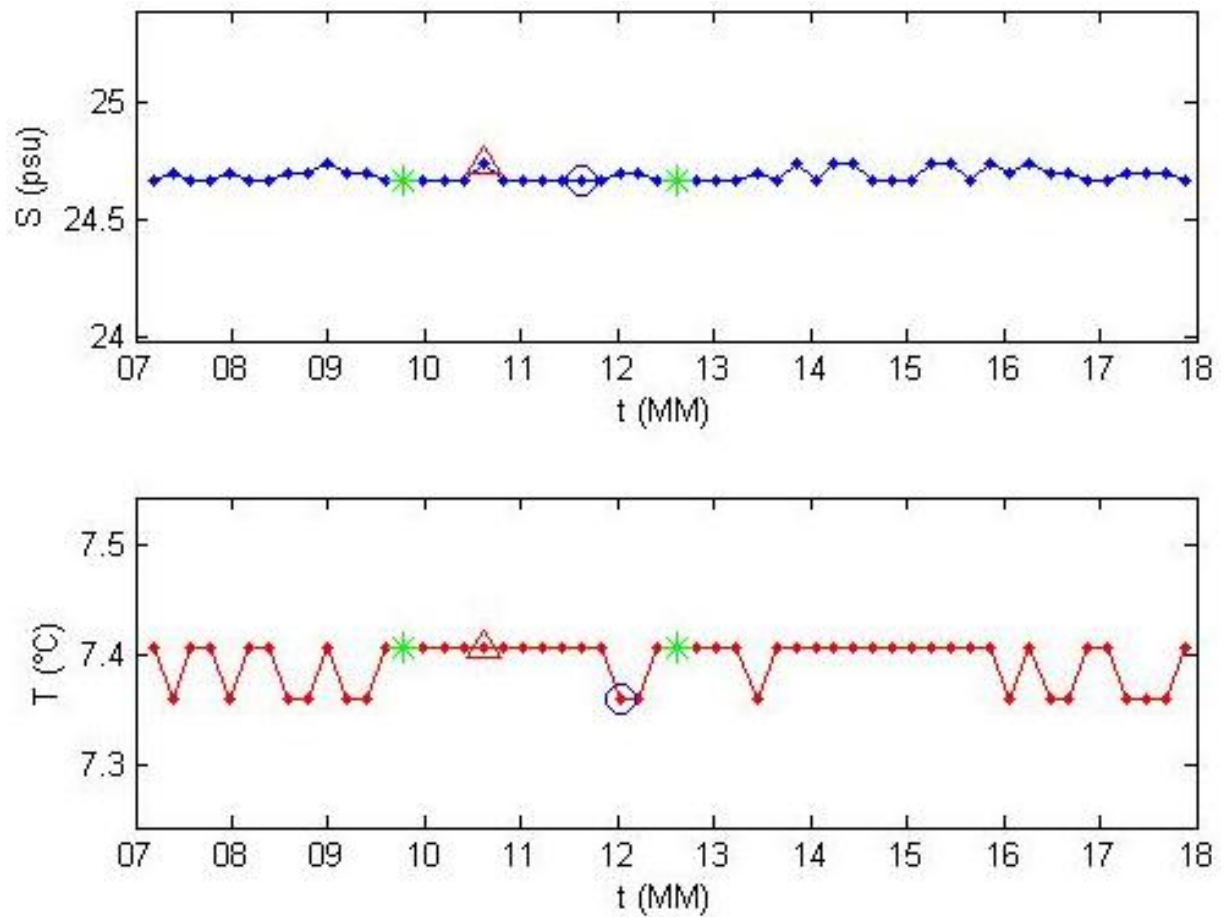
Figuur 9 geeft een voorbeeld van zo'n controlemeting van de TESO invloed hypothese. Bij zo'n meting gebeurt het volgende. Vlak voor het passeren van een veerboot wordt met een handmeter de temperatuur en de saliniteit bepaald. Dit is de eerste referentiemeting, voortaan *R1* genoemd, welke is weergegeven met de meest linkse groene asterisk. Het daadwerkelijk moment waarop de *R1* zijn gemeten, valt samen met het moment dat de veerboot de haven van 't Horntje verlaat (uitvaart) of de waddenlichtpaal MOK VH3 (zie Figuur 1 a) en de afbeelding op de voorpagina) passeert (intocht). Daarna worden voor een bepaalde tijd de saliniteit en temperatuur bijgehouden. De laatste meting die wordt verricht, vormt de tweede referentiemeting, voortaan naar gerefereerd als *R2*, en wordt weergegeven met de meest rechtse groene asterisk. Het moment waarop die *R2* worden verricht, valt samen met het moment dat de boot de MOK VH3 is gepasseerd (uittocht) of is aangemeerd in de Texelse haven (intocht). Tussen de referentiemetingen zijn steeds de saliniteit en temperatuur in de gaten gehouden. De maximale en minimale waarden tussen *R1* en *R2* worden met resp. een rode driehoek en een blauwe cirkel weergegeven.



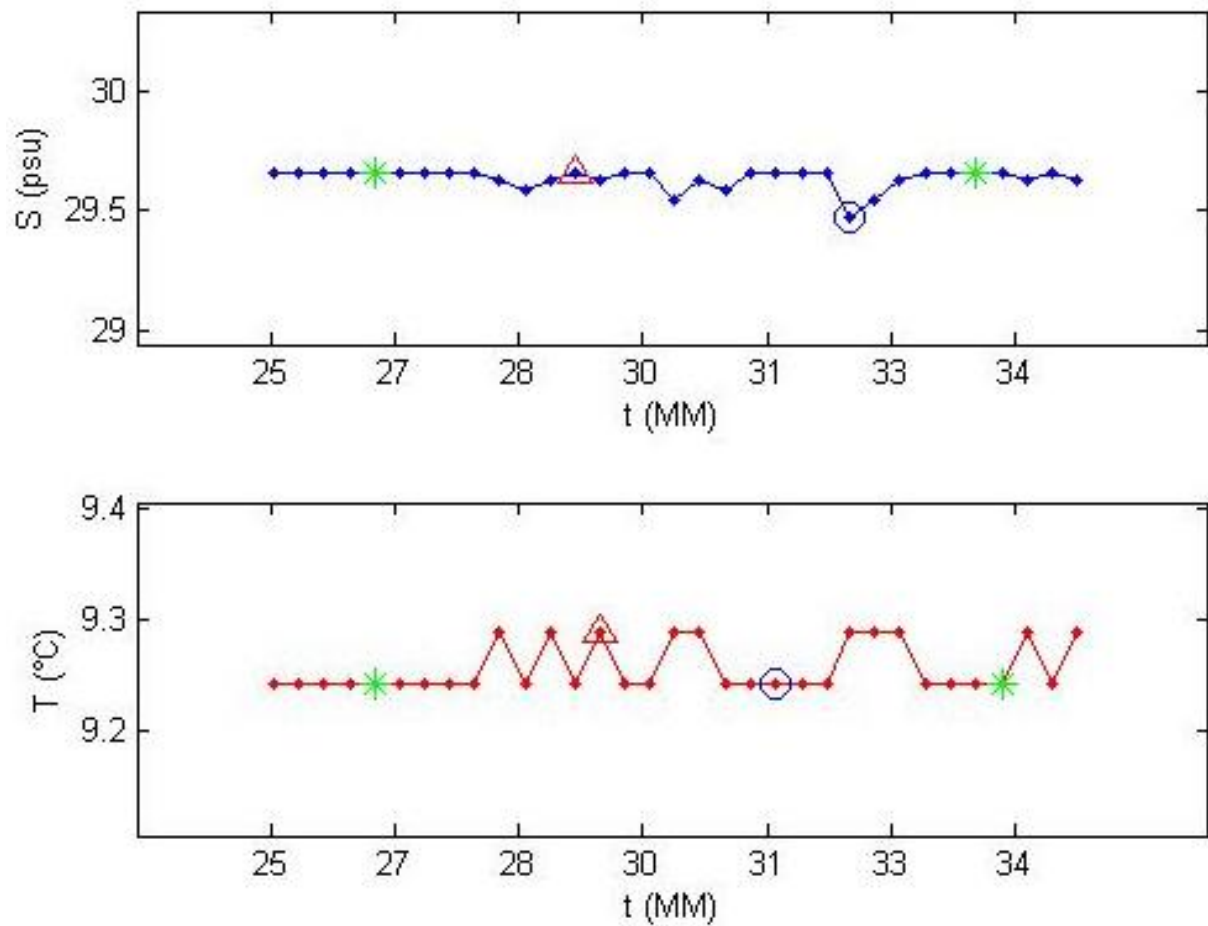


**Figuur 9** Een voorbeeld van de HAND metingen samen met het signaal van de FYS sensor gedurende het verrichten van deze HAND metingen op vrijdag 26 november 2013. De eerste groene asterisk is R1, de tweede R2; de rode driehoek is de waarde die het verst boven R1 uitkwam, de blauwe degene die het verst onder R1 lag. Merk de piek op die tijdens het handmeten passeert.

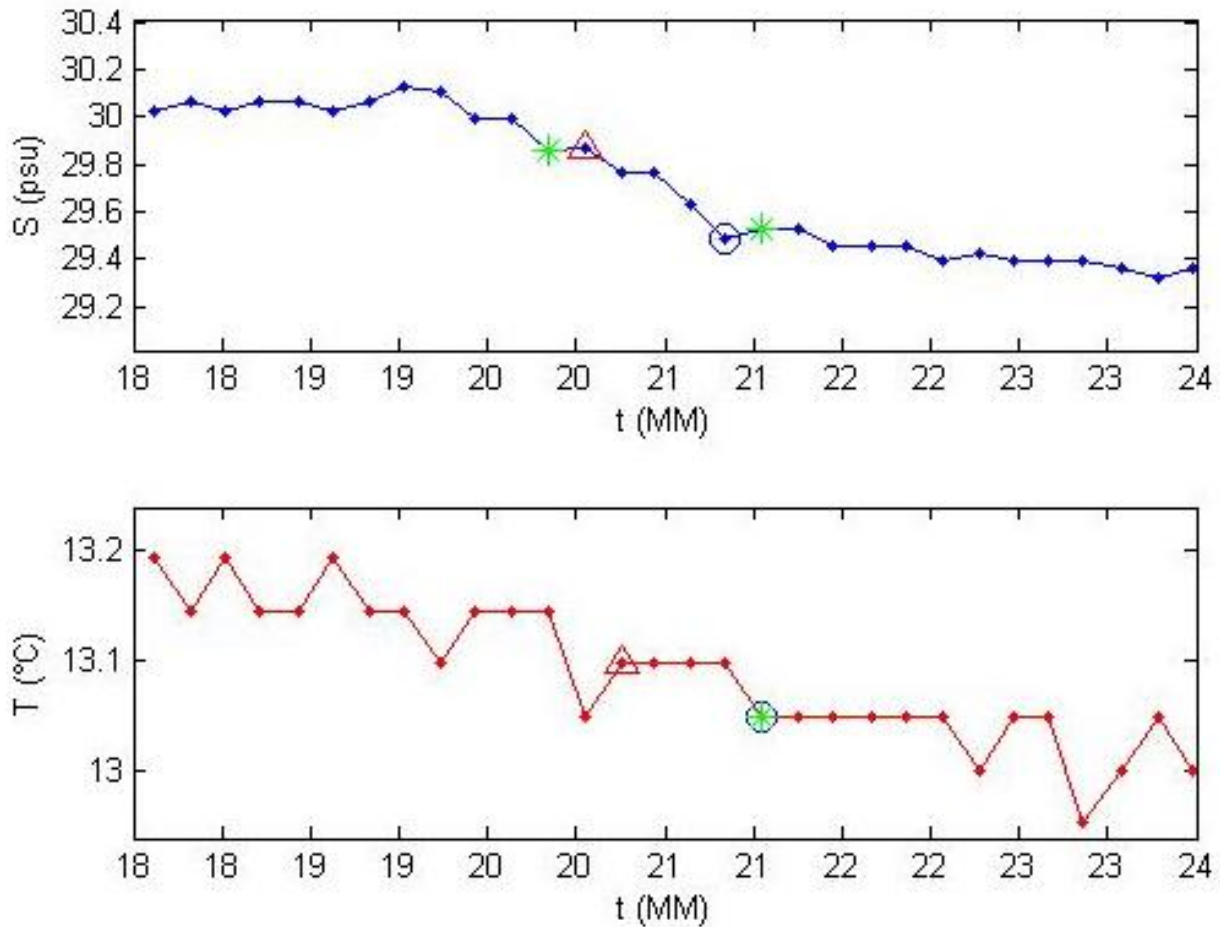
Tijdens de metingen werden meerdere vormen van verandering van het ontvangen signaal geobserveerd: geen verandering, pieken, fluctuaties en elevaties. Figuur 10, Figuur 9, Figuur 11 en Figuur 12 geven van respectievelijk elk van deze veranderingen een voorbeeld. Dit onderzoek richtte zich echter op de vraag óf het FYS signaal wordt beïnvloed door passerende (TESO veer)boten. Het maken van onderscheid tussen verschillende veranderingen valt buiten het doel van dit onderzoek.



Figuur 10 Voorbeeld van het signaal ontvangen door de FYS sensor ten tijde van het passeren van een TESO veerboot waarin het ontvangen signaal van zowel saliniteit als temperatuur niet lijkt te veranderen, voor vrijdag 22 november 2013 omstreeks 14:07 UTC.



Figuur 11 Voorbeeld van een fluctuatie in het signaal ontvangen door de FYS sensor ten tijde van het passeren van een TESO veerboot, op maandag 11 november 2013 omstreeks 12:27 UTC. De fluctuatie is in dit geval alleen zichtbaar in de saliniteit en loopt op van ongeveer -0.1 psu naar -0.3 psu t.o.v. R1.



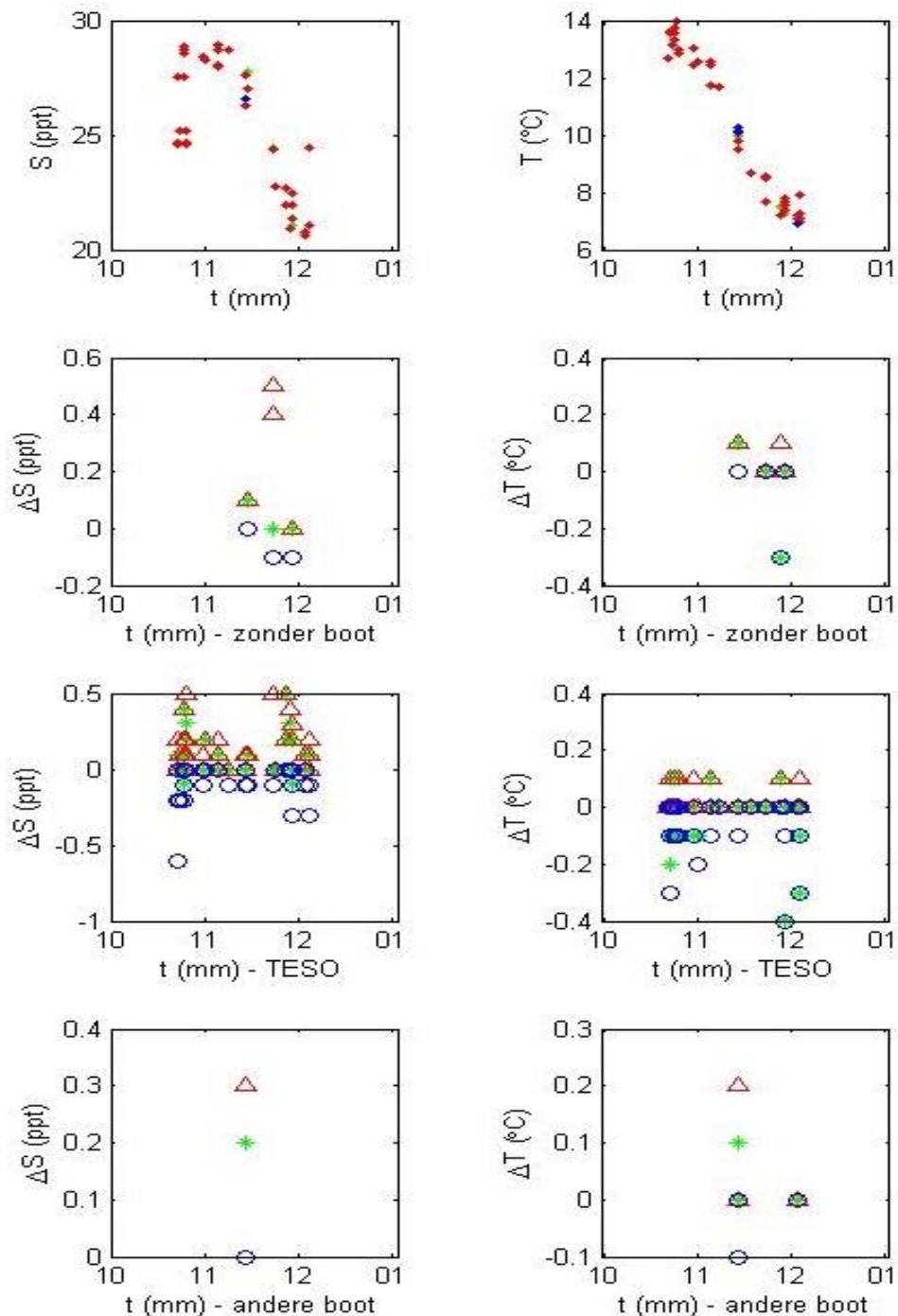
Figuur 12 Voorbeeld van een elevatie van het signaal ontvangen door de FYS sensor ten tijde van het passeren van een TESO veerboot op vrijdag 25 oktober 2013 omstreeks 10:20 UTC. Merk op dat het signaal niet meer hersteld. De elevatie is in dit geval alleen zichtbaar in de saliniteit met een afname van ongeveer -0.3 psu t.o.v. R1.

Figuur 13 geeft het resultaat van alle controlemetingen weer. De linker plaatjes horen bij saliniteit, de rechterplaatjes bij temperatuur. De bovenste plaatjes geven  $R1$  weer, resp. voor neutrale omstandigheden (blauw), het passeren van een TESO veerboot (rood) en het passeren van een andere boot (groen). Daaronder staan voor resp. een situatie zonder boot, met TESO veerboot en met een andere boot de maximale vermindering (blauwe cirkel) en verhoging (rode driehoek) van het signaal t.o.v.  $R1$  en het verschil tussen  $R1$  en  $R2$  (groene asterisk).

Qua saliniteit zijn er bij het passeren van een TESO veerboot soms toenames t.o.v.  $R1$  die anderhalf keer zo groot zijn als de maximale toename t.o.v.  $R1$  zonder TESO veerboot. Qua afnamen van de saliniteit t.o.v.  $R1$  is er weinig verschil te zien tussen de situaties zonder of met veerboot. Qua temperatuur lijkt het omgekeerde te gelden: daar zijn de afnamen zonder veerboot vaak groter dan de afnamen met veerboot, maar de toenames verschillen absoluut weinig tussen beide situaties. De reden dat de saliniteit sterker reageert op veranderingen dan de temperatuur, is dat we de metingen hebben verricht in het najaar. Rond deze periode zijn de temperatuurverschillen tussen Noordzee- en Waddenzee water kleiner dan in zomer en winter (Van Aken, 2008b). Als er lagen ontstaan in het Marsdiepwater, zullen die lagen bestaan uit Waddenzee water en Noordzee water. Daar de Noordzee en Waddenzee weinig

verschillen qua temperatuur in deze periode, zullen ook de mogelijke lagen dus slechts kleine temperatuurverschillen vertonen.

Ook is in Figuur 13 te zien dat er bij het passeren van andere boten dan een TESO veerboot toename (saliniteit) en afname (temperatuur) zijn van dezelfde grootteorde als bij het passeren van een veerboot en vaak groter dan die in de situaties zonder veerboot.



Figuur 13 Veranderingen in saliniteit en temperatuur t.o.v. R1. De bovenste plaatjes geven R1 zelf in gevallen zonder boten (blauw), gevallen waarbij een TESO veerboot passeert (rood) en een andere soort boot dan een TESO veerboot passeert (groen). Verder naar onder komen voor resp. situaties zonder boot, met TESO veerboot en een andere soort boot de maximale toe- (rode driehoeken) en afname (blauwe cirkels) t.o.v. R1 en het verschil tussen R1 en R2 (groene asterisken).

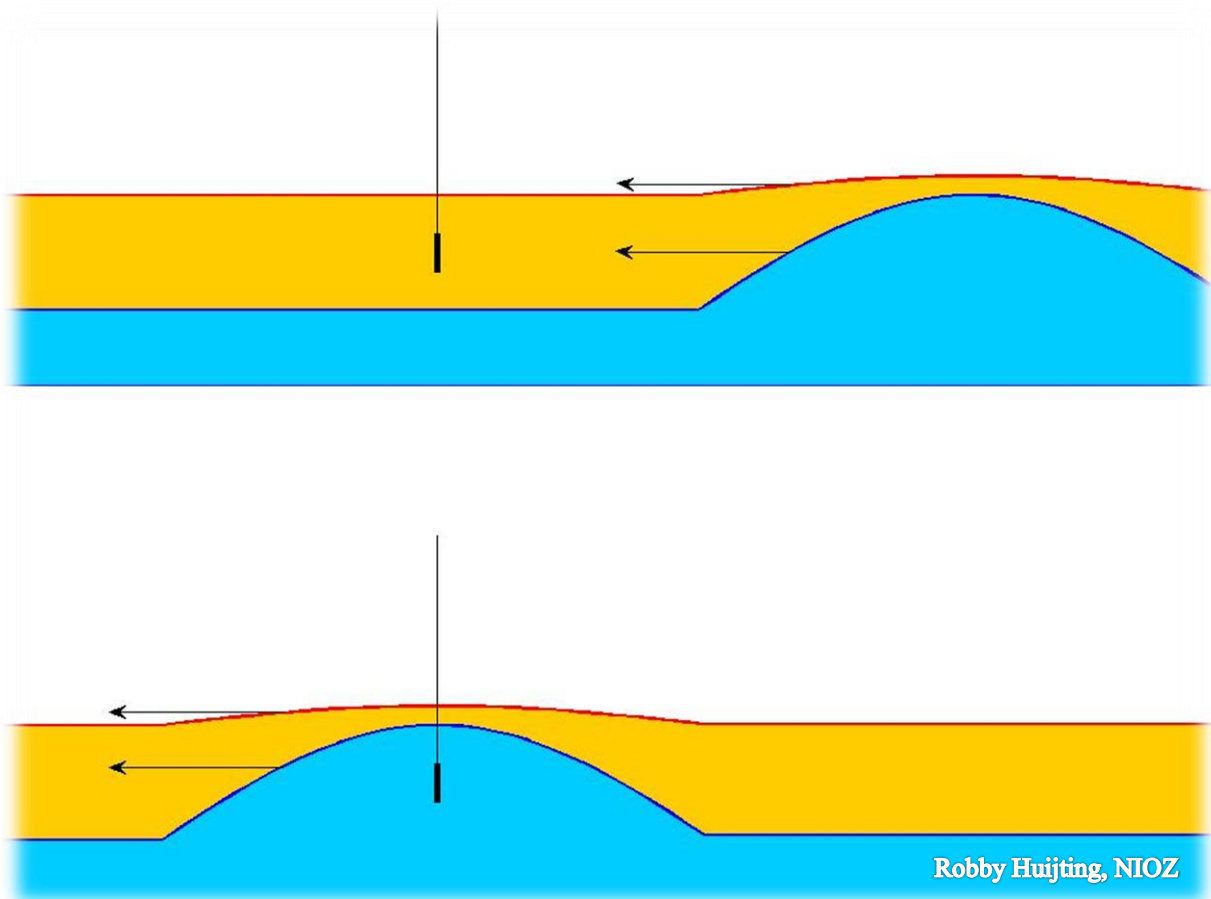
#### 4.4. Diepteprofiel bij NIOZ Steiger

Tot voor kort werd verondersteld dat het Marsdiep vrijwel geheel doormengd was (Van Aken, 2008a). Het blijkt echter dat op bepaalde momenten – als de sluisen van de Afsluitdijk hebben opengestaan, er niet teveel wind is en het kentering of hoogwater is – er gelaagdheid kan ontstaan in het Marsdiep (Groeskamp et al., 2011; J. de Vries, persoonlijke communicatie). Als dit dan ook in het relatief ondiepe gebied tussen de steiger en de TESO vaargeul gebeurt, kan een veerboot bij het passeren van de steiger zorgen voor interne golven (IG).

IG zijn golven die ontstaan in verticaal gestratificeerde estuariën (zeearmen) op het grensvlak tussen twee doormengde waterlagen met verschillende dichtheid. Een sterke getijdenstroom zorgt voor een barocliene drukgradiënt die zorgt voor de opbouw van een stationaire in diepte toenemende Lijgolf (staande golf over topografie, [https://en.wikipedia.org/wiki/Internal\\_wave](https://en.wikipedia.org/wiki/Internal_wave)). De relaxatie van de barocliene drukgradiënt zorgt voor stroomop- en afwaarts propagerende IG. IG worden getriggerd tijdens kentering, door een instabiliteit in de schering die zich ontwikkelt of door gedwongen relaxatie van een Lijgolf door een getijdenstroom over topografie. Ondanks dat de wind en sterke getijdenstroming vaak zorgen dat het Marsdiep verticaal goedgemengd is, zijn er toch verschijnselen gedetecteerd aan het wateroppervlak die lijken op IG. Ze nemen de vorm aan van langwerpige banden van afwijkende oppervlakteruwheid dwars over de getijdegeul (Groeskamp et al., 2011).

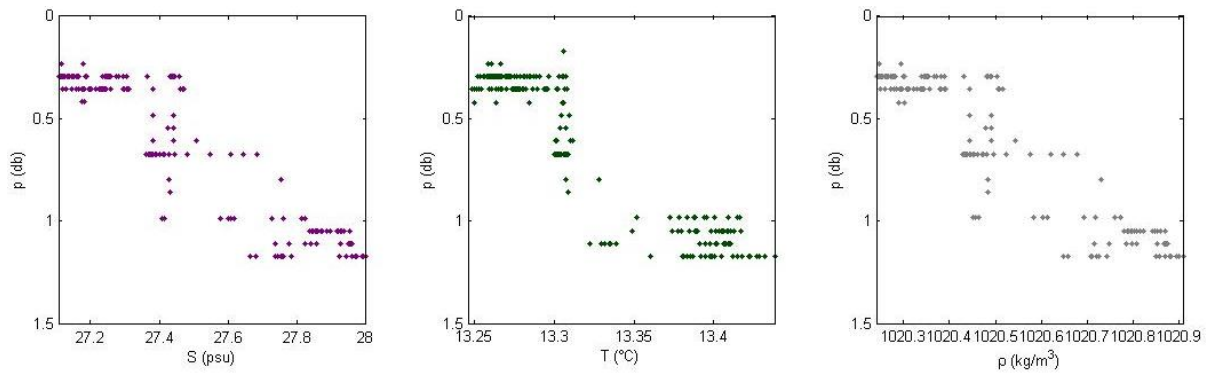
IG zouden ervoor kunnen zorgen dat er een tijdelijke verschuiving van de waterlagen optreedt. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 14. Hierdoor gaat de FYS sensor in water met een andere samenstelling meten; aangezien de oorzaak antropogeen is, namelijk veroorzaakt door de (TESO veer)boten, is dit niet representatief voor het Marsdiep als geheel. In dit onderzoek wordt daarom nagegaan of bij de NIOZ steiger inderdaad gelaagdheid kan ontstaan en of de veerboot daarmee van invloed kan zijn op de FYS dataverzameling.





Figuur 14 Vereenvoudigde weergave van de invloed die de TESO veerboten kunnen hebben in geval van gelaagdheid. Het voerbij het passeren creëert een veerboot interne golven, die ervoor kunnen zorgen dat de sensor tijdelijk meet in water met een andere saliniteit en/of temperatuur.

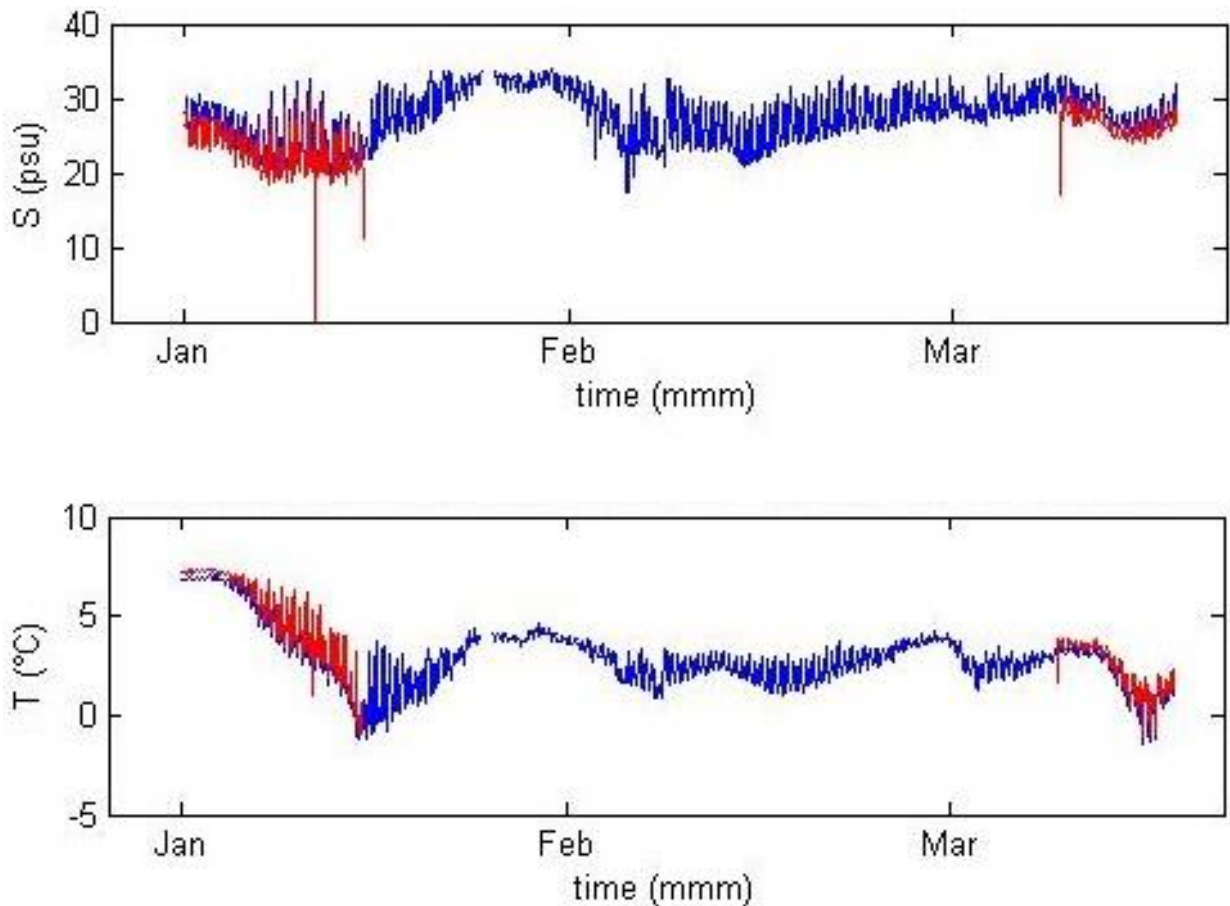
Figuur 15 laat een diepteprofiel van de saliniteit, temperatuur en dichtheid zien gemeten met een Seabird SB137-SM CTD scanner op vrijdag 25 oktober 2013; elk datapunt van druk, temperatuur en saliniteit is mediaan gefilterd met twee voorgaande en twee opvolgende datapunten. Het verschil tussen grootste diepte en oppervlak is bijna 1 psu, 0.2 °C en  $0.6 \frac{kg}{m^3}$ . De duidelijkste gelaagdheid- indicator is het dichtheid diepteprofiel: de dichtheid neemt toe als functie van de druk en dus de diepte. Dit betekent dus dat er gelaagdheid kan optreden bij de NIOZ steiger.



**Figuur 15** Diepteprofiel van vrijdag 25 oktober 2013 bij de NIOZ steiger tussen 11:23 en 12:07 (lokale tijd), bepaald middels een CTD meting. Het hoogwater vond die dag om 12:30 (lokale tijd) plaats, bij een dag met een matige tot sterke wind (windkracht 4 tot 6).

#### 4.5. Ruwe FYS data vs ruwe IP data

Om de verdere betrouwbaarheid van de FYS data te bepalen zijn deze vergeleken met de ruwe IP data. Een voorbeeld van de ruwe data van FYS en IP samen is te vinden in Figuur 16. Merk op dat een vergelijking voor februari niet mogelijk is wegens het ontbreken van IP data. Figuur 16 laat duidelijk variaties zien op getijde- tot dagschaal. Ook laat Figuur 16 maandvariaties zien in temperatuur (onder andere veroorzaakt doordat temperatuuraanpassing de Noordzee aan de luchttemperatuur een maand vertraagd is ten opzichte van dat van de Waddenzee (Van Aken, 2008b) en saliniteit (onder meer veroorzaakt doordat het een week tot twee weken kost alvorens variaties in hoeveelheid geloosd zoetwater via menging effect krijgen op het Waddengebied nabij de NIOZ steiger (Zimmerman, 1978b)).

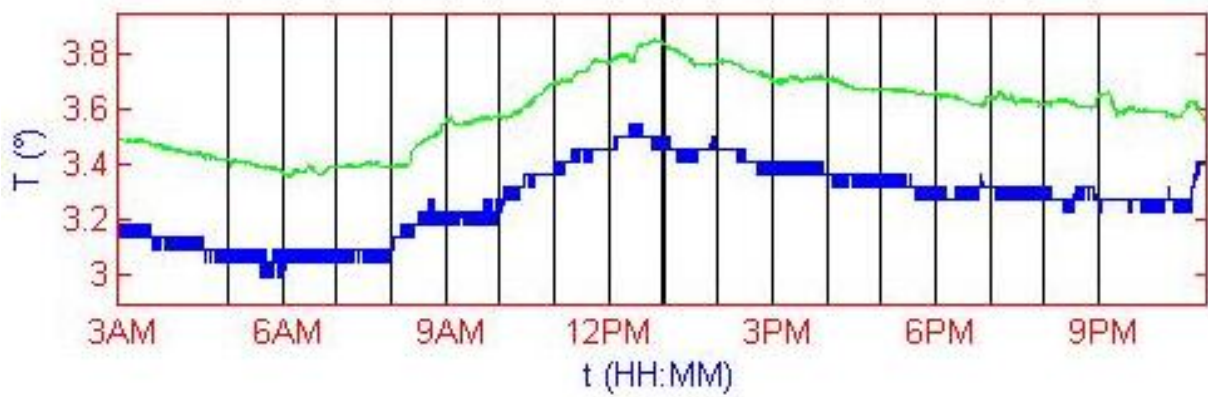
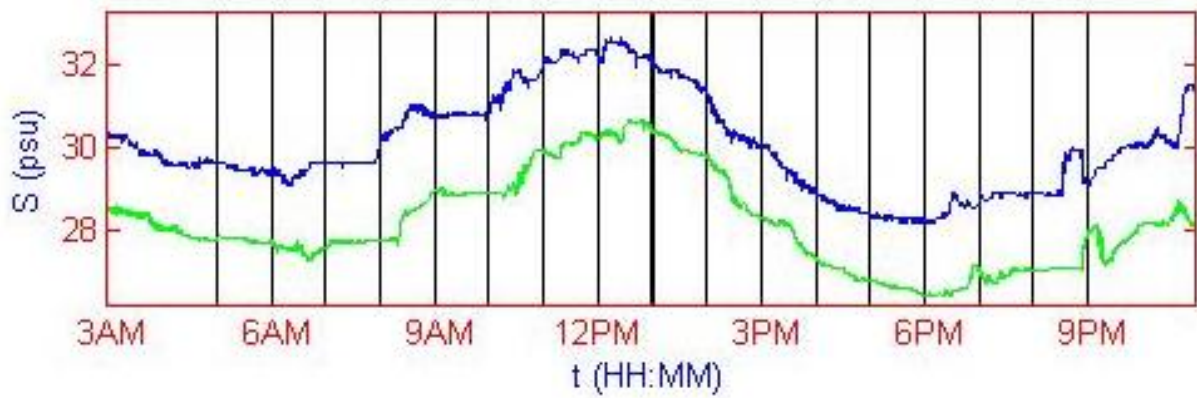


Figuur 16 Ruwe FYS data en IP data voor dinsdag 1 januari 2013 tot en met vrijdag 27 maart 2013. IP mist data voor halverwege januari tot en met begin maart.

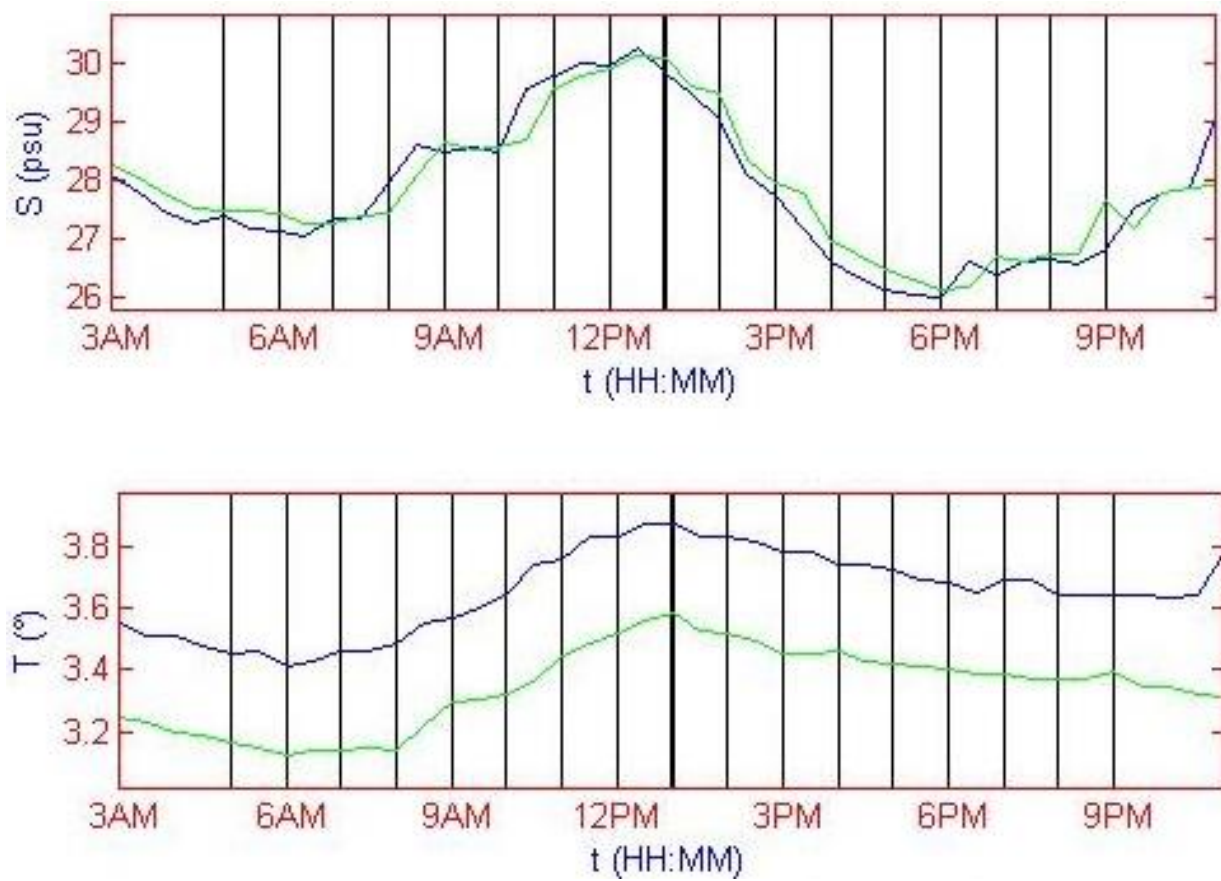
Uit het grafisch weergegeven van de ruwe data van zowel FYS als IP blijkt dat er mogelijk sprake is van een verschoven tijdsschaal: ten opzichte van de FYS data lijkt het of de IP data achterloopt in tijd (zie Figuur 17 voor dinsdag 19 maart 2013). Het patroon van de ruwe FYS data vertoont dezelfde periodiciteit als de ruwe IP; ook komen dezelfde extremen en aanvangspunten van periodieke bewegingen terug in beide datastes. De patronen lijken, los van de amplitude, op een tijdsverschuiving na hetzelfde signaal weer te geven.

Figuur 18 toont opnieuw de ruwe data van FYS en IP van dinsdag 19 maart 2013, waarbij ditmaal een constante waarde bij de tijd voor de IP data is opgeteld (bij de temperatuur 20 minuten, bij de saliniteit 22 minuten). Merk op dat de FYS sensor de saliniteit hoger schat en de temperatuur lager schat dan de IP sensor, net zoals dat gebeurde bij de HAND metingen (zie de Figuur 13).

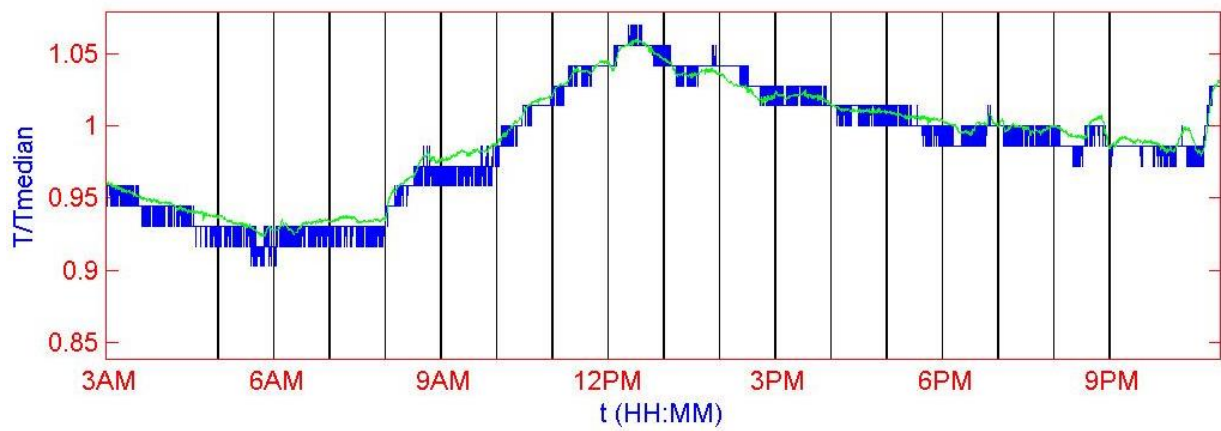
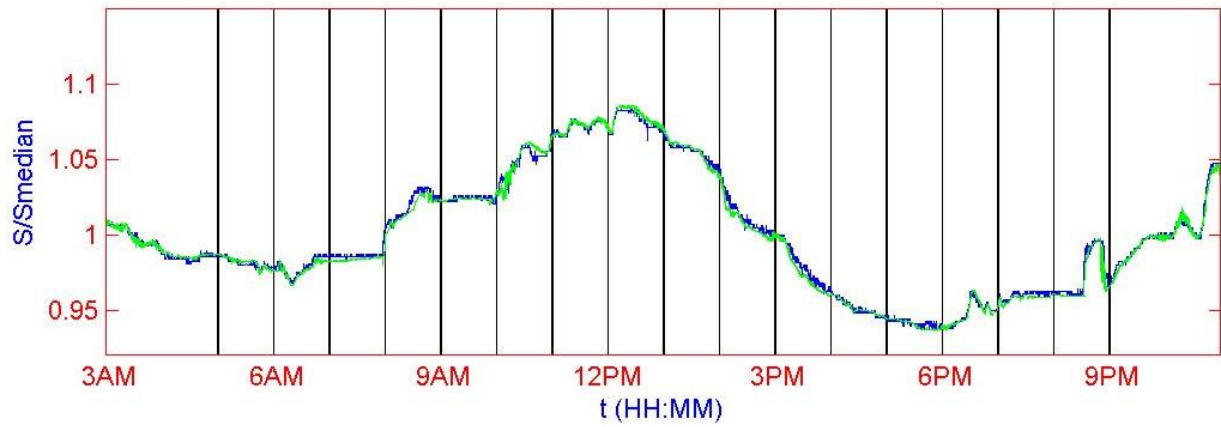
Tot slot is in Figuur 19 het resultaat weergegeven van de deling van beide datasets door hun medianen weergegeven, waarbij bij de tijd van IP steeds het opgegeven aantal minuten is opgeteld. Nu is goed te zien dat de datasets vrijwel over elkaar heen vallen.



Figuur 17 Ruwe data van FYS data (blauw) en IP (rood) voor dinsdag 19 maart 2013. Merk het hoger schatten van de saliniteit en lager schatten van de temperatuur door de FYS sensor t.o.v. de IP sensor op.



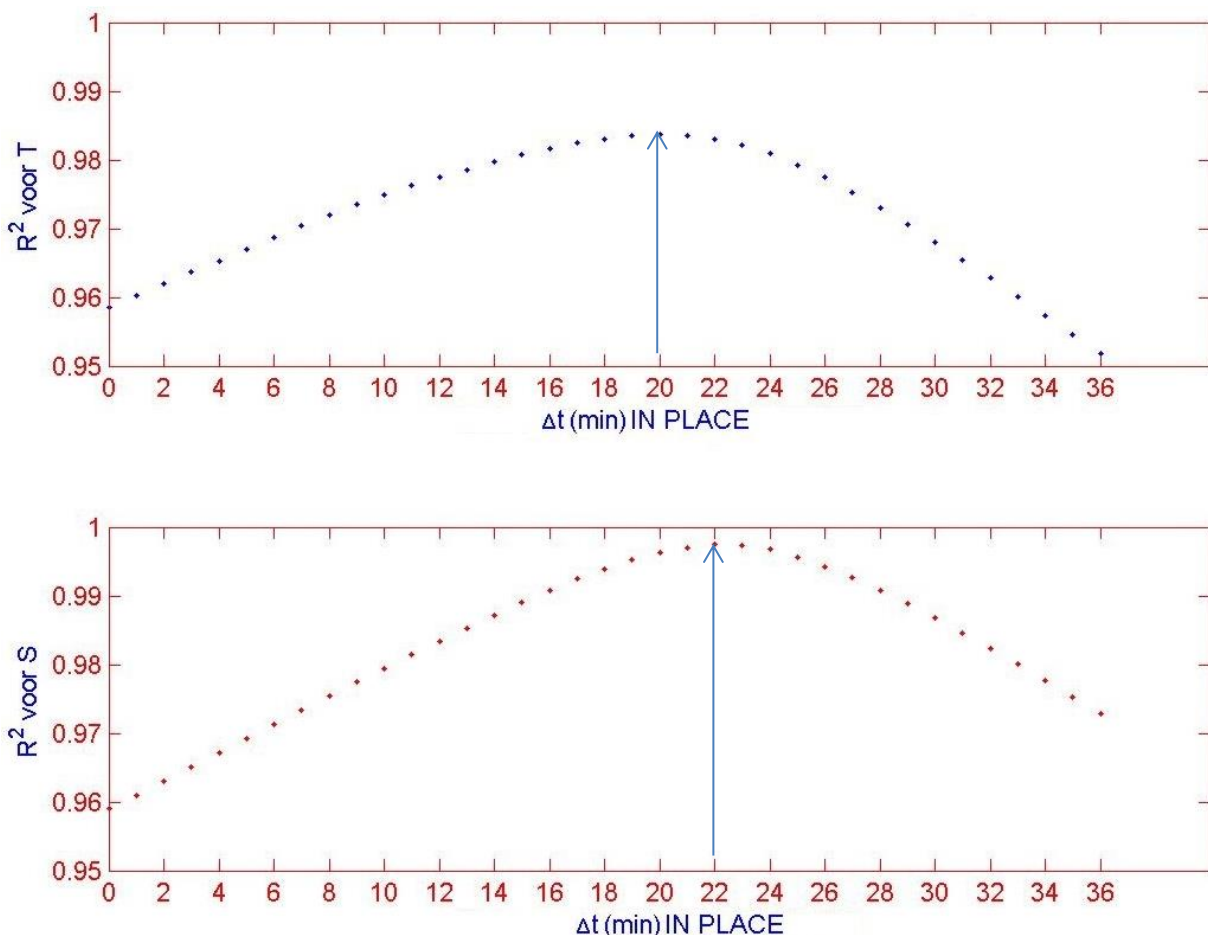
Figuur 18 FYS data (blauw) en IP data (groen) voor dinsdag 19 maart 2013 waarbij bij de tijd van de IP data een constante waarde is opgeteld.



Figuur 19 FYS data (blauw) en IP data (groen) voor dinsdag 19 maart 2013 waarbij bij de tijd van IP steeds een constante waarde is opgeteld en beide datasets zijn gedeeld door hun mediaan.

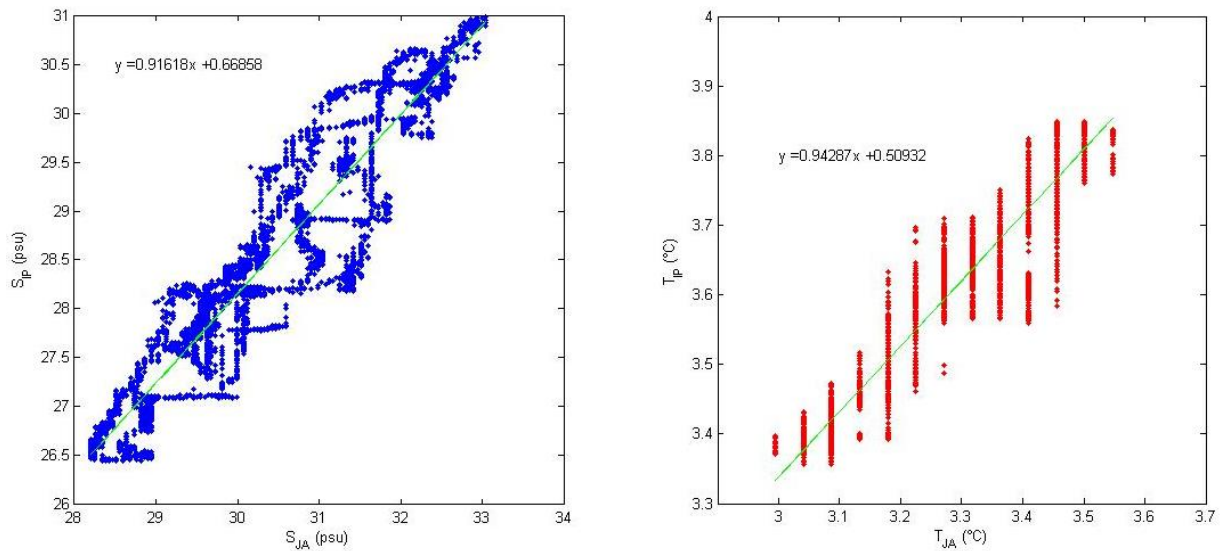


De tijdsverschuiving voor IP is niet zomaar lukraak gekozen: voor een reductie van 0 tot en met 36 minuten, met tussenpozen van 1 minuut, is de correlatiecoëfficiënt  $R^2$  tussen de datasets van FYS en IP bepaald. Voor Figuur 17 t/m Figuur 19 (19 maart 2013) is het resultaat hiervan te vinden in Figuur 20. De pijlen geven de tijd met maximale correlatie aan en dus de waarde waarmee de tijdschalen van de IP data verminderd dienen te worden. De tijdsverschuiving waarbij  $R^2$  maximaal is, is gekozen om Figuur 18 en Figuur 19 te verwezenlijken.



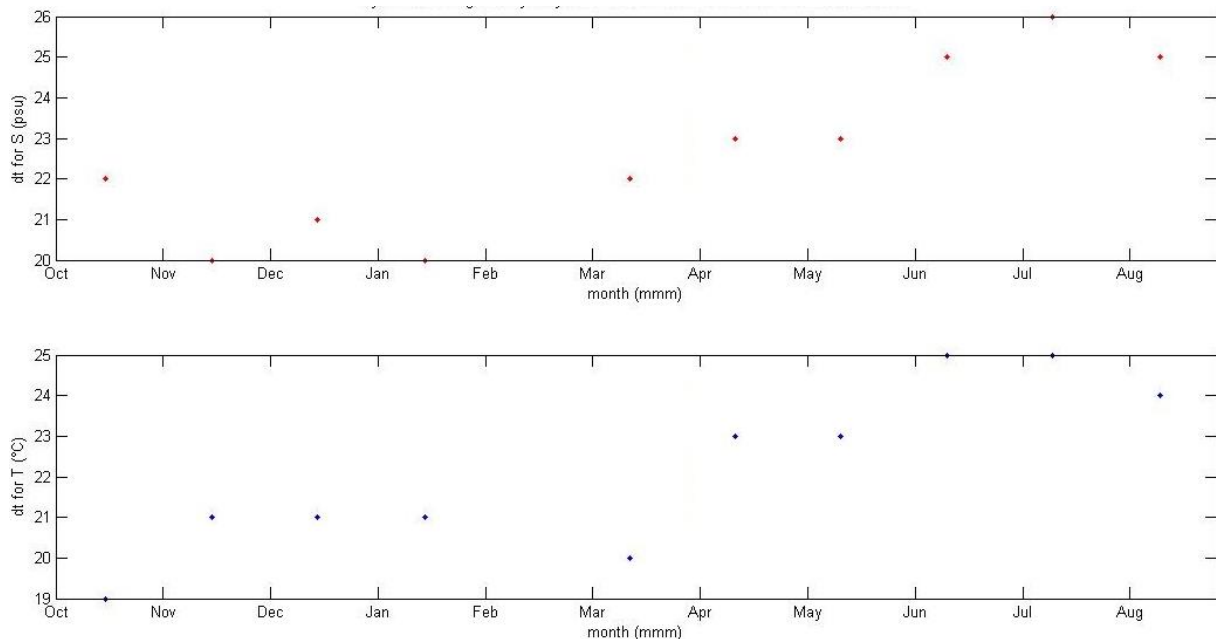
Figuur 20 Correlatiecoëfficiënten voor verschuiving van hele minuten tussen de 0 en 36 minuten toegepast op ruwe data van FYS en IP voor dinsdag 19 maart 2013. De pijlen duiden de tijdvermindering aan waarbij de FYS data en de IP data maximaal correleren.

Na de het optellen van de constante bij de tijd van IP is er een sterke lineaire verhouding ontstaan tussen de data. Figuur 21 laat dit voor de data van dinsdag 19 maart 2013 zien: hierin staan de data van IP na het optellen van de constante bij de IP tijd tegen de ruwe data van FYS uitgezet. Voor saliniteit geldt de best passende lineaire relatie  $y = 0.91618x + 0.66858$ ; voor temperatuur is dat  $y = 0.94287x + 0.50932$ . De richtingscoëfficiënten liggen dicht bij 1, de waarde waarbij de y-as wordt gesneden juist dicht bij 0. Dat impliceert een één op één verhouding, en dus dat de data van FYS en IP hetzelfde zijn.



Figuur 21 Ruwe IP data uitgezet tegen ruwe FYS data na correctie van de tijd voor dinsdag 19 maart 2013. Tevens is een grafische weergave van de beste lineaire aanpassing tussen ruwe FYS data en IP data met verminderde tijdschaal weergegeven.

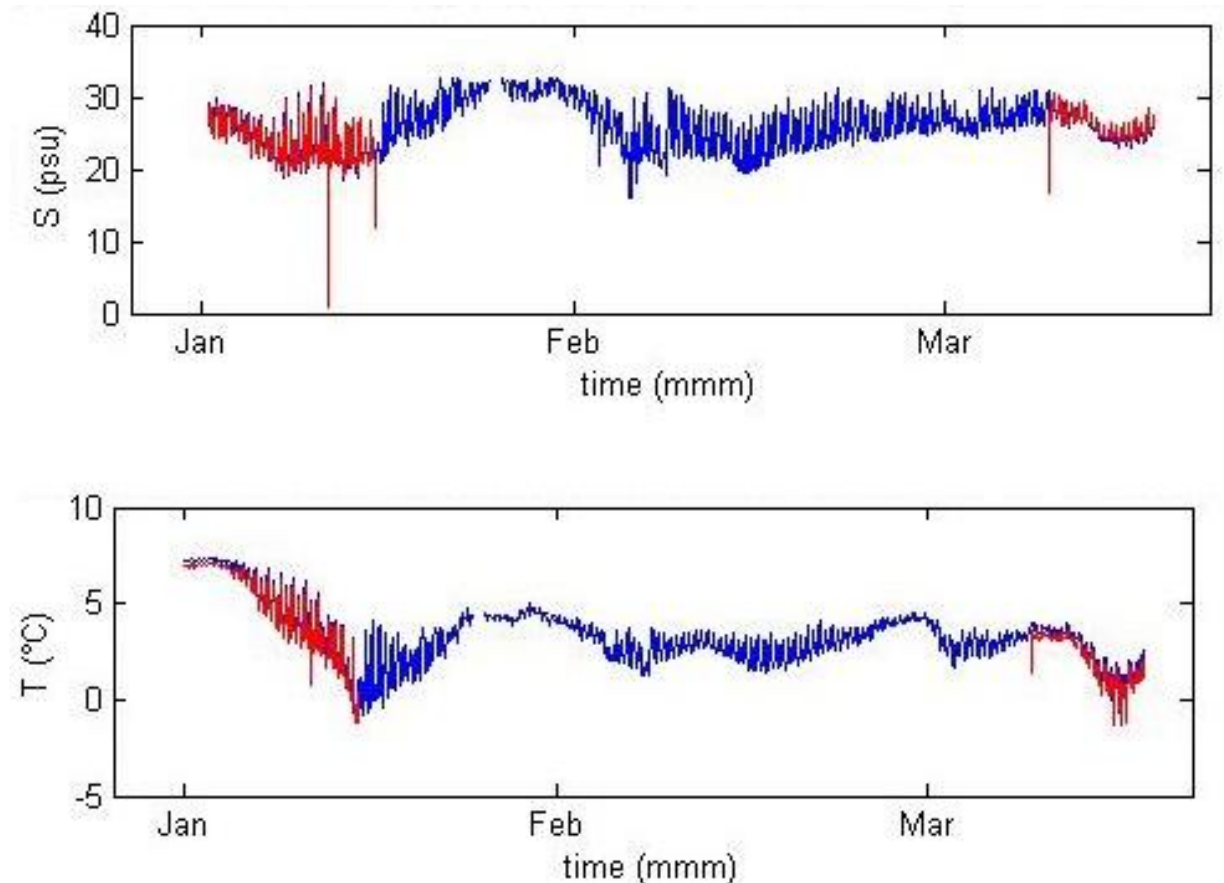
Figuur 22 laat zien dat de tijdsverschuiving waarbij  $R^2$  maximaal is niet steeds dezelfde is.



Figuur 22 Tijdsverschuiving waarbij de maximale correlatie tussen ruwe IP data en ruwe FYS data is bereikt. Merk op dat over de tijd die waarde voor de tijdsverschuiving toeneemt.

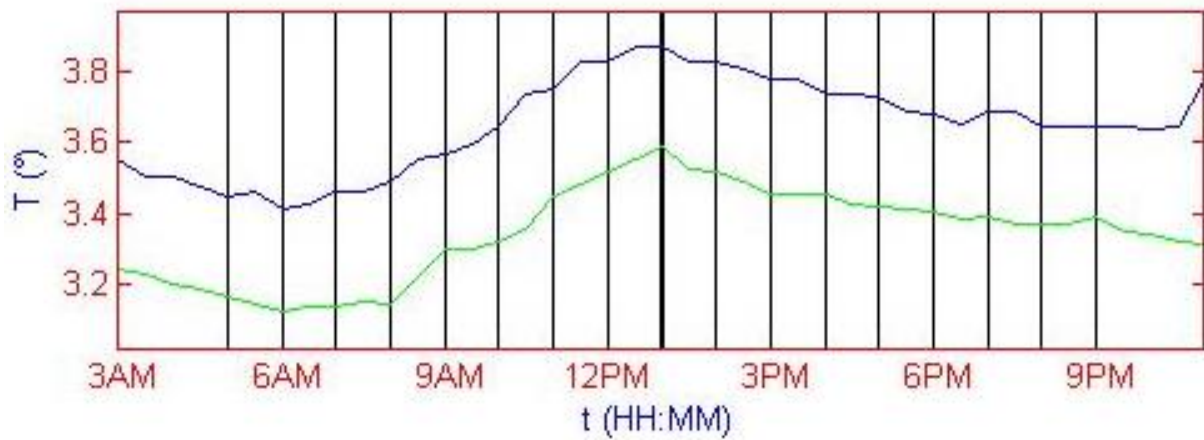
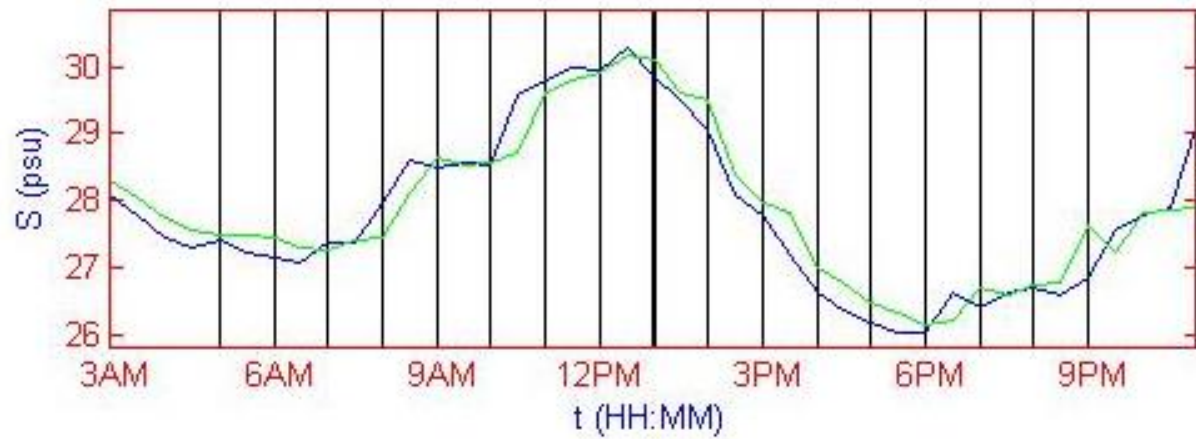
Ter controle is bovenstaande herhaald voor een deel van de data na kalibratie (zie **Appendix B – Kalibratieprotocol**; de IP data is op dezelfde manier als de FYS data en op basis van dezelfde monsters als de FYS data gekalibreerd). Bij het kalibreren van de IP data gebeurt hetzelfde als bij dat van de FYS data. De kalibratie vindt ook ten opzichte van dezelfde monsters plaats als bij de kalibratie van de FYS data. Aangenomen wordt dat de eigenschappen van de IP sensor hetzelfde zijn als die van de FYS sensor, zodat ook hier voor de temperatuur over een heel jaar een constante correctiewaarde wordt aangenomen. Voor de

selectie van de ruwe FYS data en ruwe IP data in Figuur 16 (dinsdag 1 januari 2013 tot en met vrijdag 27 maart 2013) volgt voor de IP data dat  $\Delta T$  gelijk is aan  $-0.3^\circ\text{C}$  en voor de FYS data dat  $\Delta T$  weer  $0.4^\circ\text{C}$  is.  $\Delta S$  is voor de IP data analoog aan die van de FYS data (zie Figuur 5 voor  $\Delta S$  horende bij de FYS data). Het uitvoeren van de kalibratie op de FYS en IP data levert het datapatroon op van Figuur 23. Merk op dat de data van FYS en IP nu opeens al over elkaar heen blijken te vallen zonder tijdsverschuiving.



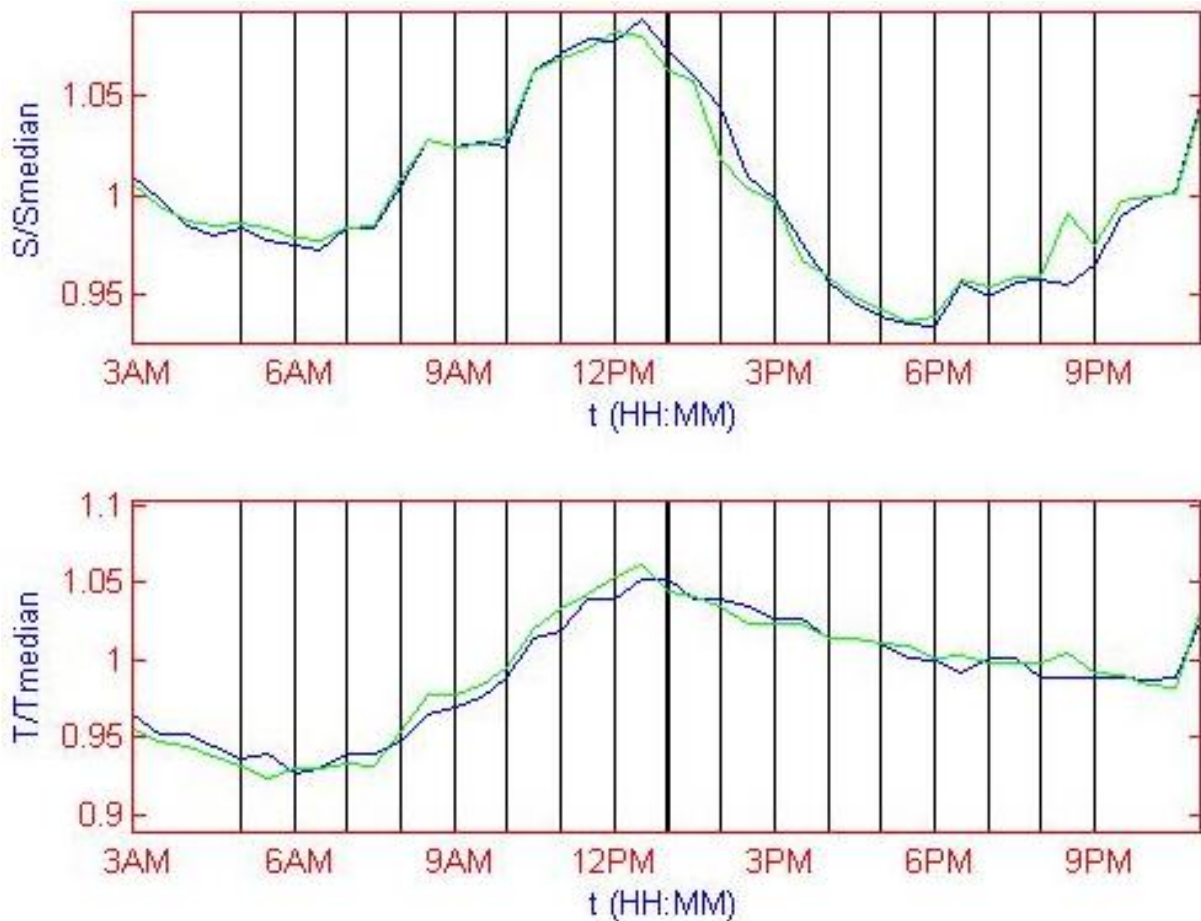
Figuur 23 Gekalibreerde FYS data (blauw) en gekalibreerde IP data (rood) voor dinsdag 1 januari 2013 tot en met vrijdag 27 maart 2013. Jammer genoeg zijn er geen IP data voor februari.

De gekalibreerde data worden altijd per halfuur opgeslagen. Daarom is ditmaal voor twee gevallen de correlatiecoëfficiënt vergeleken: gekalibreerde FYS data en gekalibreerde IP data zonder tijdsverschuiving aan de ene kant en gekalibreerde FYS data en gekalibreerde IP data met een 30 minuten verminderde tijdsschaal. Het resultaat is te zien in Figuur 24 en Figuur 25, analoog aan resp. Figuur 17 en Figuur 19.



Figuur 24 Zie bijschrift bij Figuur 17, nu voor gekalibreerde data van dinsdag 19 maart 2013. De verschuiving van de IP tijdsschaal is ditmaal 30 minuten voor zowel de saliniteit als temperatuur.

Figuur 24 en Figuur 25 laten zien dat na kalibratie er veel minder datapunten over zijn (namelijk 48) en dat de data na tijdcorrectie beter over elkaar heen vallen.



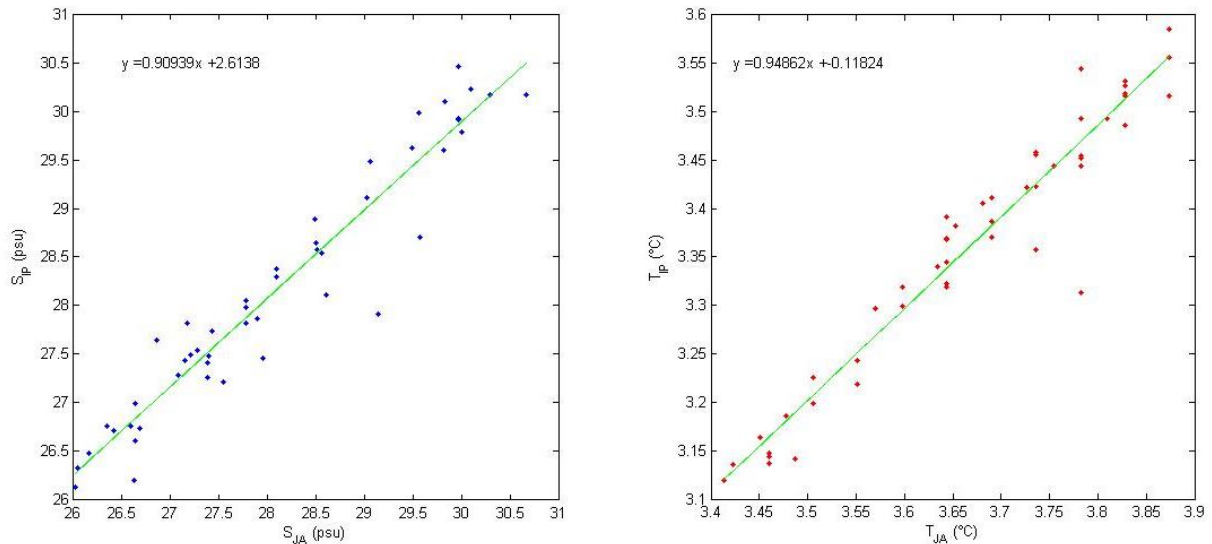
Figuur 25 Zie bijschrift bij Figuur 19, nu voor gekalibreerde data van dinsdag 19 maart 2013.

Tabel 1 geeft de grotere datapatroon overeenkomstigheid na de tijdcorrectie ook weer via een toegenomen correlatie tussen gekalibreerde IP data en gekalibreerde FYS data na de tijdcorrectie.

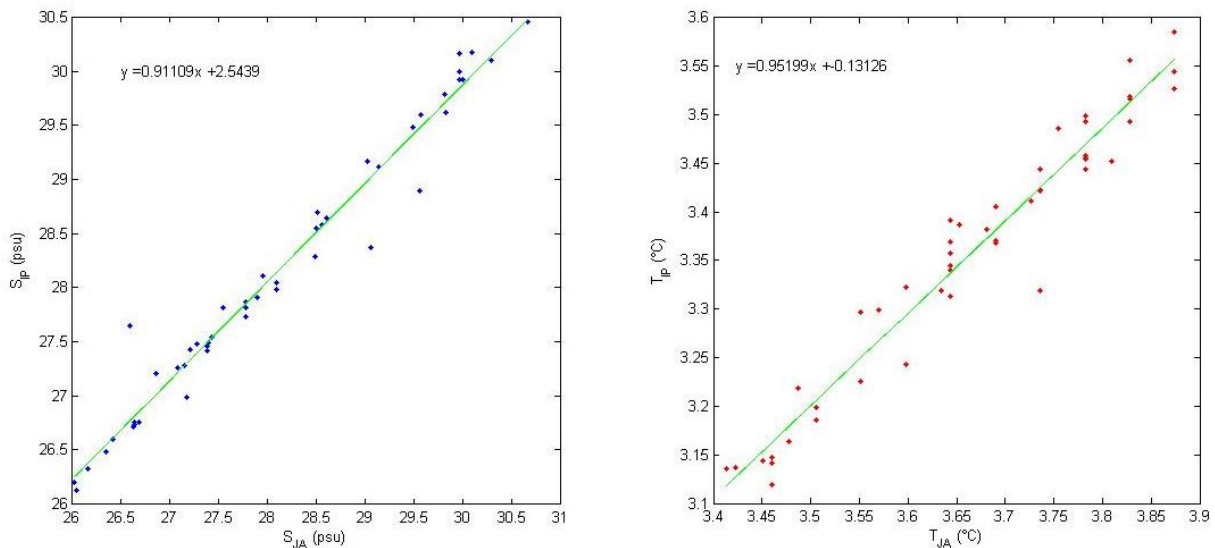
Tijdsverschuiving (min)	$R^2$ voor $T$	$R^2$ voor $S$
0	0.9649	0.9610
30	0.9743	0.9848

Tabel 1 Tijdsverschuivingen voor de gekalibreerde IP data met bijbehorende correlatiecoëfficiënt tussen tijd gecorrigeerde, gekalibreerde IP data en gekalibreerde FYS data.

Figuur 26 en Figuur 27 tot slot laten resp. de gekalibreerde IP data tegen de gekalibreerde FYS data uitgezet zien zonder en met tijdcorrectie op de gekalibreerde IP data. De best passende lineaire zijn voor resp. saliniteit en temperatuur  $y = 0.90939x + 2.6138$  en  $y = 0.94862x + 0.11824$ ; in geval van tijdcorrectie zijn de best passende lineaire verbanden voor resp. saliniteit en temperatuur  $y = 0.91109x + 2.5439$  en  $y = 0.95199x + 0.13126$ . Voor de saliniteit geldt dus voor alle waarden dat er meer een één op één verhouding is na tijdcorrectie op de gekalibreerde IP data, voor de temperatuur geldt dit alleen voor hogere waarden i.v.m. een licht toegenomen waarde waarbij de y-as wordt gesneden.



Figuur 26 Gekalibreerde IP data tegen gekalibreerde FYS data voor dinsdag 19 maart 2013, zonder tijdcorrectie.

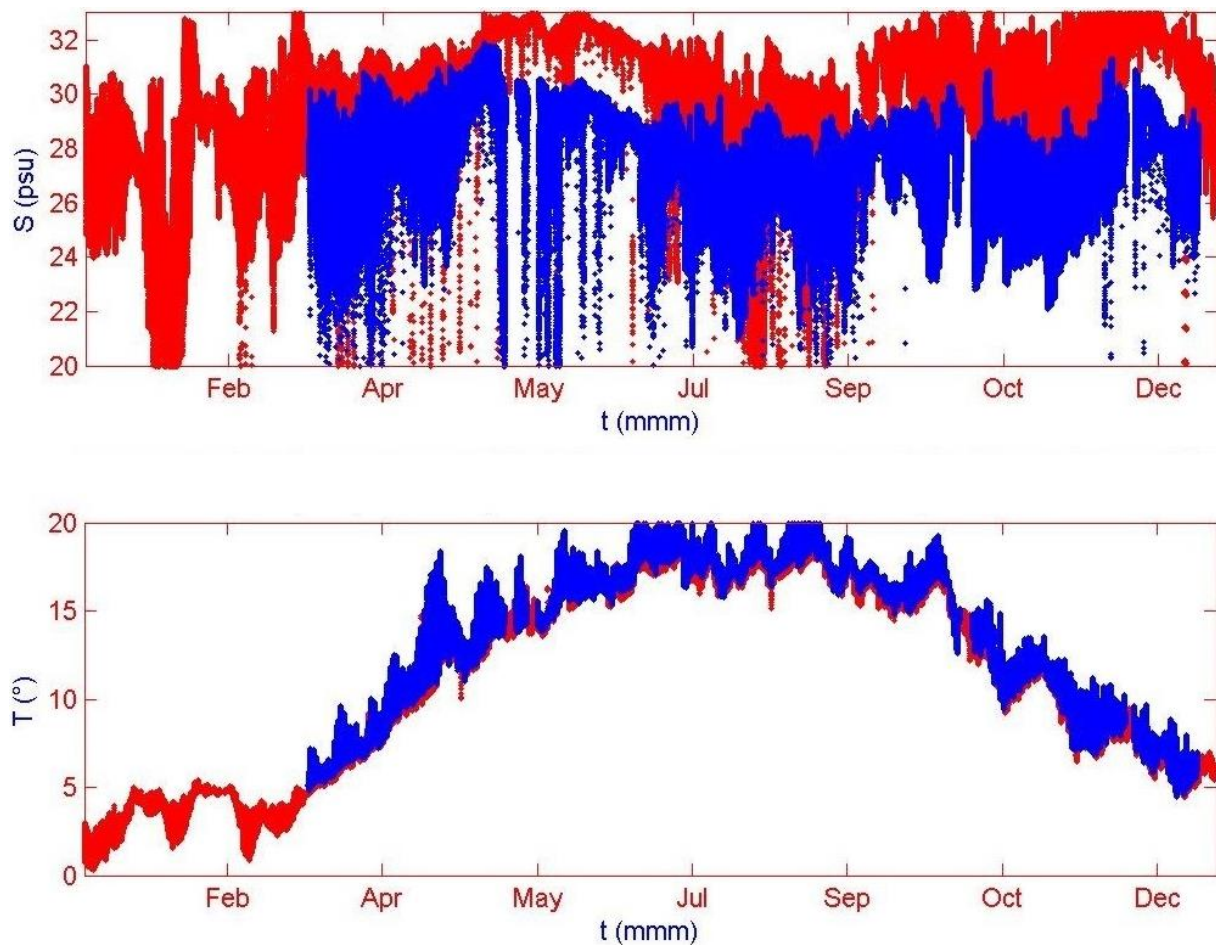


Figuur 27 Gekalibreerde IP data tegen gekalibreerde FYS data voor dinsdag 19 maart 2013, met 30 minuten tijdcorrectie.



#### 4.6. Gekalibreerde FYS data vs gekalibreerde TESO data

De belangrijkste dataset, i.v.m. zijn grotere overdekking van het Marsdiep, waarmee de FYS dataset mee vergeleken moet worden, is de TESO dataset. Figuur 28 geeft de ruwe data weer voor 2011 voor zowel de ruwe FYS data als de ruwe TESO data. Direct is te zien dat de FYS sensor de saliniteit hoger en de temperatuur lager schat dan de TESO sensor. Merk op dat dit ook het geval was bij de FYS sensor t.o.v. de HAND metingen (Figuur 13) en de tijdgecorrigeerde IP dataset (zie Figuur 16). Er kunnen hier meerdere oorzaken voor zijn, zoals het feit dat de data nog niet-gekalibreerd zijn en dat de FYS sensor meet in een koker waar via spleten water doorheen kan stromen terwijl de andere drie sensoren direct in het water zijn geplaatst.



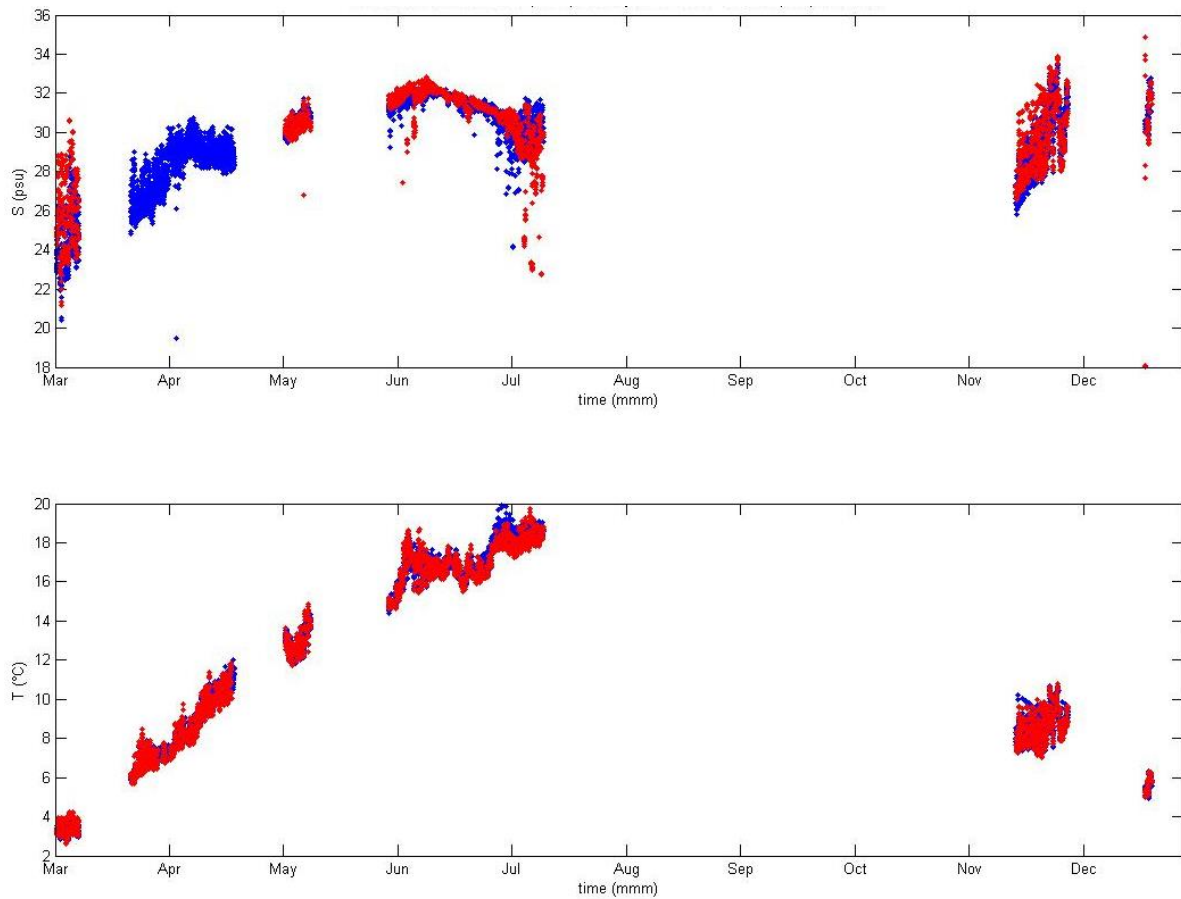
Figuur 28 Ruwe FYS data (rood) en ruwe TESO data (blauw) voor het jaar 2011. Merk het hoger schatten resp. lager schatten van de saliniteit en temperatuur door de FYS data ten opzichte van de TESO data op.

Voor het vergelijken van de FYS met de TESO data zal iets gedaan moeten worden met het gegeven dat de één een stationaire dataset en de andere een trajectdataset is. Tijdens het verzamelen van de HAND metingen werd duidelijk dat er soms oppervlaktegolven werden veroorzaakt door de TESO veerboten (en mogelijk ook interne golven, die vrijwel niet zichtbaar zijn aan het oppervlak), die dan tot een bepaalde afstand uit de Texelse haven nog de steiger bereikten. Het bleek dat dit het geval was tussen de havenmond van 't Horntje en een paar meter nabij waddenlichtpaal MOK-VH3 (zie Figuur 1 b)). Hieruit is afgeleid dat metingen verricht door de TESO op een lengtegraad tussen de  $53^{\circ}$  en  $53.001616^{\circ}$  vergeleken

moeten worden met de FYS data verricht op hetzelfde tijdstip, aangezien op deze lengtegraden het water vanaf de TESO aan het oppervlak zichtbaar de steiger bereikt. De horizontale afstand van de NIOZ steiger tot en met de gemiddelde vaarroute van de TESO is zo'n 300-350 m.

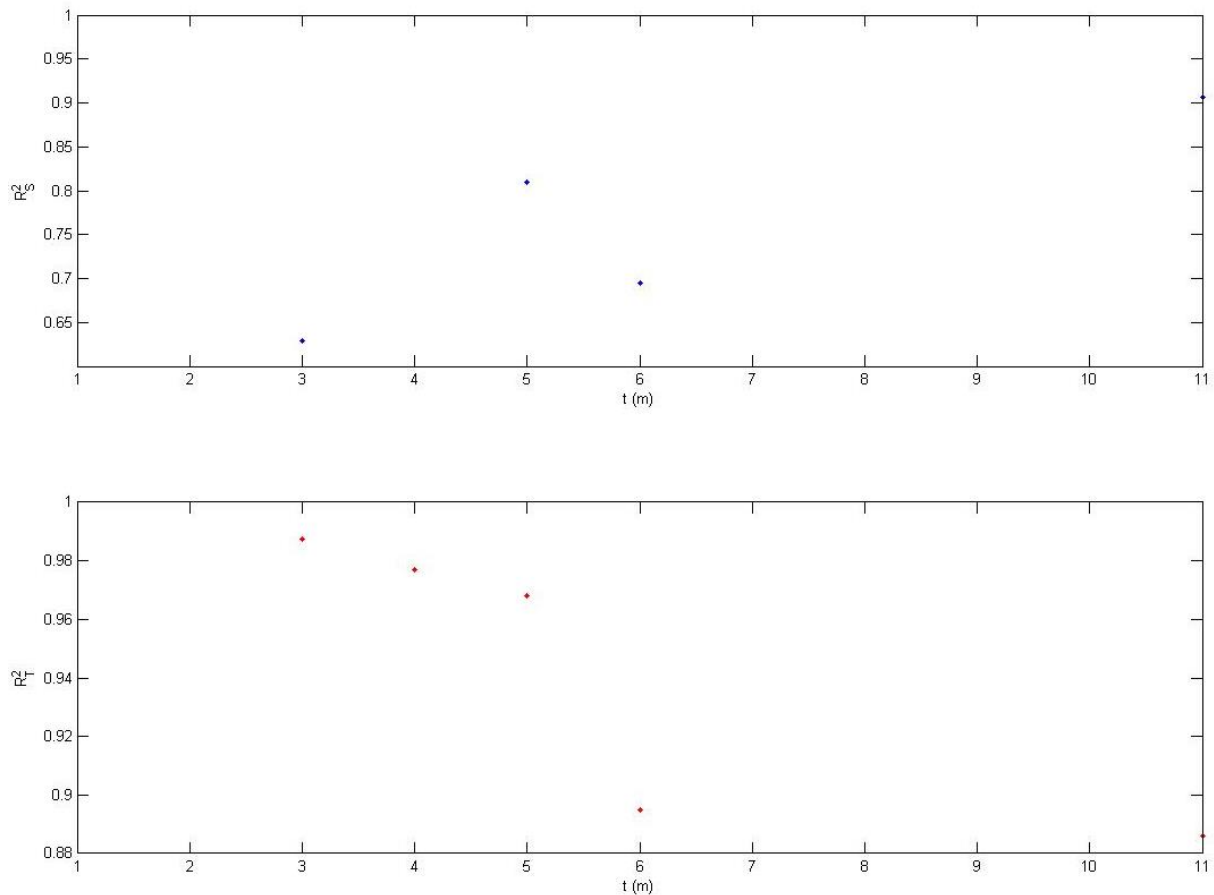
Voor de vergelijking zijn gekalibreerde data nodig. Er zijn echter maar weinig datapunten die binnen het gewenste lengtegraaddomein liggen. Daarom is besloten ditmaal een vereenvoudigde versie van de kalibratiemethode toe te passen. De kalibratiemethode voor de FYS data en de gekozen TESO data is tot en met de bepaling van  $dT_1$  en  $dS_1$ , het verschil tussen mediaan gefilterde minuutgemiddelde data en de monsters, hetzelfde als beschreven in **Appendix B – Kalibratieprotocol**. Voor de FYS data en TESO data wordt de kalibratie aan de hand van dezelfde monsters uitgevoerd. Vervolgens worden alle waarden van  $dT_1$  per jaar gemiddeld tot een constante waarde,  $deltaT$ . De ruwe data wordt nogmaals per minuut gemiddeld, ditmaal over alle waarden tussen twee opvolgende minuten in plaats van over elk element met twee voorgaande en opvolgende datapunten. Op deze manier verminderd het aantal datapunten en heeft de rekensoftware genoeg geheugen om de bewerkingen uit te voeren. De ruwe extra minuutgemiddelde data met daarbij  $deltaT$  opgeteld is de gekalibreerde temperatuur.  $deltaS$  is in deze situatie gelijk aan  $dS_1$ . De ruwe data met daarbij de lineair geïnterpoleerde waarde van  $deltaS$  opgeteld is de gekalibreerde saliniteit.

Figuur 29 geeft het resultaat van deze filtering en kalibratie van de FYS data en TESO data weer voor 2011. Hierin is voor de TESO data  $deltaT$  gelijk aan 0 °C en voor de FYS data  $deltaT$  gelijk aan 0.2°C. Direct is al goed te zien dat de FYS data nu veel meer in overeenstemming zijn met de TESO data wat betreft amplitude. Voor de temperatuur lijkt het of er meer gekalibreerde FYS datapunten zijn opgeleverd dan bij de saliniteit. Dit is niet helemaal het geval. Bij de temperatuur is de correctiewaarde een constante, die gewoonweg bij de ruwe temperatuur opgeteld kan worden. Bij de saliniteit wordt er tussen kalibratiemomenten in geïnterpoleerd; als er echter geen ruwe saliniteit gemeten is tot een half uur vóór en na het moment van bemonsteren, dan wordt aangenomen dat de saliniteit al teveel is veranderd om voor dat kalibratiemoment representatief te zijn en wordt er geen kalibratiewaarde berekend, resulterend in het ontbreken van de kalibratiewaarden.



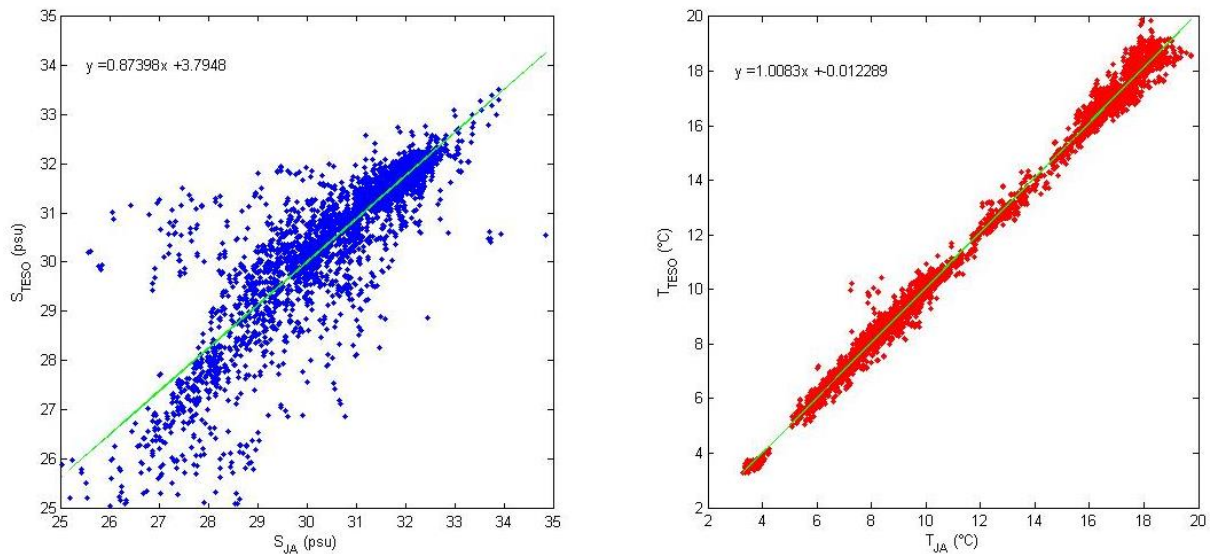
**Figuur 29** Gekalibreerde FYS data (rood) en lengtegraad gefilterde, gekalibreerde TESO data (blauw) voor het jaar 2011.

Figuur 30 laat zien dat de gekalibreerde temperatuur van beide datasets een hoge onderlinge correlatiecoëfficiënt hebben (minstens 0.90), terwijl de gekalibreerde saliniteit van de beide datasets juist een sterk wisselende correlatiecoëfficiënt tussen de maanden van 2011 vertoont (tussen de 0.20 en 0.85). Deze saliniteit is dus wisselend zwak en sterk gecorreleerd tussen de beide gekalibreerde datasets.



**Figuur 30** Correlatiecoëfficiënt per maand tussen de gekalibreerde FYS data en de gekalibreerde TESO data van het jaar 2011. Er zijn soms ook erg lage correlatiecoëfficiënten gevonden (rond de 0.20); deze waarden worden als irreëel en mogelijk veroorzaakt door de aanwezigheid van uitschieters beschouwd en zijn daarom weggelaten.

Wanneer we nu naar Figuur 31 kijken, welke de gekalibreerde TESO data tegen de FYS data uitgezet weergeeft, is duidelijk te zien dat de data zich lineair tot elkaar verhouden volgens de vergelijkingen  $y = 0.87398x + 3.7948$  (saliniteit) en  $y = 1.0083x - 0.012289$  (temperatuur). De lineaire verhouding voor de temperatuur heeft een richtingscoëfficiënt zeer dicht bij 1 en een startwaarde zeer dicht bij 0, wat een bijna lineaire één op één verhouding tussen de gekalibreerde datasets weergeeft; ze zijn in deze vorm dus te beschouwen als hetzelfde. De lineaire verhouding voor de saliniteit heeft een richtingscoëfficiënt verder van 1 en een snijpunt met de y-as ver van 0. De datasets hebben dus geen één op één verhouding en zijn in deze vorm nog niet te beschouwen als hetzelfde. Figuur 31 laat zien dat er nog veel uitschieters zichtbaar zijn bij de saliniteit. Dit kan een reden zijn dat in Figuur 30 soms lagere correlatiecoëfficiënten voorkomen en dat de datasets nog geen lineaire één op één verhouding hebben.



**Figuur 31** Gekalibreerde TESO data uitgezet tegen gekalibreerde FYS data. Merk op dat de data vrijwel op een rechte lijn liggen.

Wanneer de verschillen tussen de medianen van de gekalibreerde FYS en TESO datasets per maand bekeken worden (hier niet weergegeven), blijkt dat de absolute verschillen klein zijn tussen de gekalibreerde datasets (temperatuur:  $\pm 0.3$  °C; saliniteit:  $\pm 0.75$  psu). De verschillen variëren dus weinig en zijn klein. Ook relatief gezien is het verschil klein. Wanneer we de medianen vergelijken, zijn de datasets dus min of meer hetzelfde. Er moet nog wel wat gedaan worden aan de uitschieters in de saliniteit, zodat er een grotere lineaire overeenkomst ontstaat tussen de gekalibreerde datasets en dus gezegd kan worden dat de datasets hetzelfde beschouwd mogen worden.

## 5. Discussie

### 5.1. Gekalibreerde FYS data/Ruwe FYS data vs HAND data

In dit onderzoek is geprobeerd om het kalibratieprotocol, beschreven in **Appendix B – Kalibratieprotocol**, te valideren en te automatiseren. Dit is voor een deel gelukt, maar handmatig ingrijpen blijkt zo nu en dan noodzakelijk. In het verleden werden alle kalibratiestappen met de hand uitgevoerd door het kopiëren van data naar en handmatig invullen van gegevens in Excel sheets. Geconstateerd is dat dit kopiëren en handmatige erg gevoelig is voor het maken van fouten. Verder is geconstateerd dat bij het toepassen van de kalibratieprocedure subjectief te werk is gegaan, waarbij kalibratiewaarden zijn aangepast wanneer men daar niet tevreden over was. Daarnaast zijn sommige uitschieters, die mogelijk te wijten zijn aan biologische activiteit in de FYS sensor of het passeren van schepen, niet verwijderd, maar handmatig vervangen door andere en dus subjectieve waarden.

Delen van de data zijn gekalibreerd, maar voor uitvoerig onderzoek is eigenlijk meer gekalibreerde data en eigenlijk zelfs een volgens de regels – niet subjectieve – en geautomatiseerde kalibratiemethode nodig.

Ook geldt voor de HAND metingen t.a.t. en voor de ruwe IP data veelal dat deze in niet-gekalibreerde vorm gebruikt zijn. De reden daarvoor is dat er voor de periode 27 maart 2013 tot en met heden nog geen kalibratiewaarde voor de saliniteit beschikbaar is, aangezien de monsters genomen bij de steiger nog niet doorgemeten zijn.

### *5.2. Diepteprofiel bij NIOZ Steiger/Invloed TESO op Ruwe FYS data*

Het duurde even voor het juiste moment van het doen van HAND metingen gevonden werd. Eerst werd gemeten bij hoog- en laagwater, pas later bij kentering. Toen daadwerkelijk gemeten begon te worden bij kentering, bleken niet alleen pieken of onveranderde signalen waarneembaar te zijn. In de metingen bleken vier mogelijke invloeden te detecteren te zijn (maar er zijn er mogelijk meer): geen invloed, een piek, een elevatie (het signaal stijgt of daalt ineens, maar herstelt niet meer) en een fluctuatie (de invloed komt als een herhaling van pieken met kleinere of grotere tussenpozen terug). Gezien de variaties die te zien zijn in Figuur 9, Figuur 10, Figuur 11 en Figuur 12 en het gegeven dat gelaagdheid is geobserveerd bij de NIOZ steiger, vermoeden we dat deze fluctuaties worden veroorzaakt door interne golven. In toekomstig onderzoek dient nagegaan te worden onder welke omstandigheden deze soorten invloeden terugkomen en hoe ermee om gegaan dient te worden bij het verwerken van de FYS data.

### *5.3. Ruwe FYS data vs ruwe IP data*

Er is een tijdsverschil geconstateerd tussen de FYS data en de IP data. Aangezien dit verschil niet geconstateerd is tussen de FYS data en de HAND metingen en de FYS data en de TESO data, wordt verondersteld dat de IP data een achterlopende tijdsschaal hebben. Deze veronderstelling is echter pas hard gemaakt nadat tegelijkertijd met een betrouwbare meter op de positie van de IP sensor en eenzelfde meter op de positie van de FYS sensor/HAND metingen/TESO sensor een tijdreeks wordt gemaakt, welke daarna met elkaar vergeleken worden. Dit is iets voor toekomstig onderzoek.

### *5.4. Gekalibreerde FYS data vs gekalibreerde TESO data*

Er is aangenomen dat de TESO voor een zekere lengtegraadband in hetzelfde water meet als de FYS sensor. De sensoren van de TESO veerboot en FYS zijn ongeveer 350 meter van elkaar verwijderd. Over die afstand zouden de eigenschappen van het water kunnen verschillen, al is het maar omdat het water bij de steiger zich dichterbij het meer verzoete Waddenzee water bevindt en het water bij de TESO sensor zich dichterbij het zoutere Noordzeewater bevindt.

Een tweede belangrijke beperking die zich voordoet bij de data verzameld door de Schulpengat is dat er in ieder geval tot 2002 sprake is van een vertraging van 30 seconden –

zich vertalend in een afstand van 150 m tot 200 m – tussen het moment waarop het water wordt opgepompt en het water de sensor bereikt (Ridderinkhof et al., 2002). Dit blijkt voor de geanalyseerde data, die van 2011, geen probleem: deze data komen van de Dokter Wagemaker, welke nagenoeg geen vertraging ondervindt tussen oppompen en doormeten van het water (E. Wagmaakers, persoonlijke communicatie). Voor later onderzoek is het echter van belang dat er rekening gehouden wordt met deze vertraging wanneer ook data verzameld door de Schulpengat worden geanalyseerd.

Een derde oorzaak voor de verschillen kan het verschil in positie qua diepte zijn tussen de sensoren. De HAND metingen vonden altijd een paar centimeter onder het wateroppervlak zuidelijk t.o.v. de FYS sensor. De FYS sensor meet echter, net als de IP sensor, een paar decimeter van de bodem af (op ongeveer 2 m onder het wateroppervlak, gebaseerd op de steiger bouwplannen). De bodem loopt af ten opzichte van de dijk, waardoor de IP sensor dus wat dieper meet dan de FYS sensor (ongeveer 2.5 m onder het wateroppervlak, gebaseerd op steiger bouwplannen). Door slibaanvoer en –afvoer en het geregeld herplaatsen na schoonmaak of werkzaamheden varieert die dieptes ook nog eens in de tijd. De TESO sensor meet altijd 1 meter onder het oppervlak, in water tussen de 10 en 25 meter diep. Aangezien er gelaagdheid is aangetoond nabij de steiger (zie Figuur 15), kan dit diepteverschil invloed hebben op de metingen verricht door de verschillende sensoren.

## **6. Conclusies**

### *6.1. Uitkomsten en Beperkingen*

Het Marsdiepwater bij de NIOZ steiger kan gelaagd zijn. Dit impliceert dat de (TESO veer)boten invloed kunnen hebben op de FYS metingen. Deze mogelijke invloed van de (TESO veer)boten is bevestigd met de HAND metingen, die sterk correleren met de FYS metingen. De mate en wijze van die invloed kan verschillen: de ene keer is er geen invloed, de andere keer ontstaat een sterke piek in het FYS signaal, een zich niet meer herstellende stijging of daling van het FYS signaal of een herhaaldelijk achter elkaar terugkerende stijging en/of daling van het FYS sensor signaal. Nader ingaan op de verschillende soorten invloeden van passerende (TESO veer)boten op het FYS signaal ging echter voorbij het doel van het onderzoek en is een onderwerp voor toekomstig onderzoek.

De ruwe FYS sensor schat de temperatuur lager en de saliniteit hoger dan de drie andere sensoren. Dit is na kalibratie van de datasets niet meer het geval ten opzichte van de IP en TESO data. Helaas kan dit voor de HAND metingen nog niet nagegaan worden, omdat de FYS voor deze periode nog niet gekalibreerd kunnen worden.

Het blijkt dat ten opzichte van de ruwe FYS dat de tijdsschaal van de ruwe IP data achterloopt. Dit geldt ook voor de gekalibreerde FYS en IP data. Na tijdcorrectie is een hogere correlatiecoëfficiënt, vaak boven de 0.90, tussen FYS data en IP data behaald. Bij de vergelijking van de FYS data met de TESO data en HAND metingen was het niet nodig de tijdsschaal te corrigeren, dus dient de IP tijdsschaal herzien te worden.



De gekalibreerde FYS data en de gekalibreerde TESO data op een lengtegraad tussen 53° en 53.001616° correleren sterk (temperatuur) tot vrij sterk (saliniteit). Het verschil tussen de medianen per maand is zowel absoluut als relatief klein, maar er zijn nog wel veel uitschieters in met name de saliniteitsdata. Verdere opschoning van uitschieters is nodig om de data nog beter te kunnen vergelijken.

## 6.2. Vervolgonderzoek

In dit onderzoek is gebleken dat de toegepaste kalibratieprincipes nog niet helemaal juist zijn, nog qua opzet, nog qua uitvoering. Het is daarom aan te bevelen om in de toekomst het kalibratieprotocol te verbeteren en de data van zowel FYS, als HAND, IP en TESO (opnieuw) te kalibreren.

Het diepteprofiel dat op 25 oktober is bepaald, is gemeten met een CTD scanner die geschikt is tot 6000 meter diepte. Hierdoor is deze bij de steiger erg onnauwkeurig (afwijkingen tot 10%). Daarnaast is het diepteprofiel bepaald terwijl de CTD scanner opgehesen werd, wat een halfuur in beslag nam. Om meer te weten te komen over de gelaagdheid bij de steiger zullen meer diepteprofielen bepaald moeten worden, bijvoorbeeld met een hand CTD scanner die geschikt is voor ondiep water (zoals de CoastAway-CTD scanner) of zelfs met meerdere CTD scanners op verschillende diepten onder elkaar bij de steiger die dan een tijdserie maken van het diepteprofiel.

Een tweede wat nog onderzocht dient te worden, is welke invloeden de TESO veroorzaken hebben op de metingen verricht door de FYS sensor, zoals het veroorzaken van pieken, fluctuaties en elevaties in het FYS sensorsignaal, en hoe vaak en sterk deze invloeden terug komen. Hiervoor zal een langere tijd en met meer aandacht voor de vorm van het signaal een vergelijkingsmeetserie gedaan moeten worden bij de locatie van de betreffende sensor. Ook hier kan dan gebruik gemaakt kunnen worden van een hand CTD scanner of meerdere onder elkaar geplaatste automatische CTD scanners.

Verder is het een lonend om uit te zoeken waar de tijdsachterstand van ruwe IP data vandaan komt. Ook zal bepaald moeten worden welke correctie wanneer moet worden toegepast, aangezien de tijdsachterstand van de IP tijdschaal op die van de FYS data met de tijd lijkt te veranderen.

Ook is het van belang dat er meer gekalibreerde FYS data en gekalibreerde TESO data komen voor onderlinge vergelijking. Voor dit onderzoek is dit voor bepaalde intervallen binnen één jaar gedaan. Door dit op kleinere tijdsintervallen en voor meer dan één los jaar te doen, kan de vergelijkbaarheid van de beide datasets beter worden bepaald. Bovendien is aangenomen dat er een bepaalde lengtegraadband is waarop de TESO data vergelijkbaar zijn met FYS data, dit op basis van wat zichtbaar was aan het oppervlak en de aanname dat de watertemperatuur en het -zoutgehalte constant zijn over die lengtegraadband en tussen de vaargeul van de TESO veerboot en de NIOZ steiger. De vaargeul ligt echter dicht bij de zoutere en 's-zomers/'s-winters koelere/warmere Noordzee en de steiger bij de Waddenzee waarvoor het omgekeerde

geldt. Er zal dus nader onderzocht moeten worden of het temperatuur en saliniteit in de TESO vaargeul tussen 53° en 53.001616° en die bij de NIOZ steiger vergelijkbaar zijn. Verder meet de FYS sensor meestal op andere diepten t.o.v. het wateroppervlak dan de TESO veerboot, terwijl er is aangetoond dat bij de NIOZ steiger gelaagdheid kan ontstaan. Er zal dus onderzocht moeten worden of bij de TESO op de breedtegraadband tussen 53° en 53.001616° dezelfde gelaagdheid optreedt alvorens verondersteld mag worden dat de FYS data en TESO data in het algemeen vergelijkbaar zijn. Tot slot is de waarneming van de lengtegraad tot waar oppervlaktegolven veroorzaakt door de TESO veerboten de sensor bereiken slechts een paar keer gedaan. Het kan dus zo zijn dat het afhangt van de omstandigheden tot waar en of er überhaupt een lengtegraad(baan) is waar de samenstelling van het water doorgemeten door de TESO sensor en de FYS sensor vergelijkbaar zijn. Dat zal eerst nader onderzocht moeten worden.

## **7. Dankwoord**

Al op jonge leeftijd, op mijn basisschool, PCB De Bron, heb ik mijn toekomstkeuze gemaakt: de wetenschap. Sinds 2000, toen ik daar voor het eerst over begon na te denken en er een gesprek over had met mijn vader, is het mijn jongensdroom geweest om ooit onderzoek te doen bij het NIOZ. We kwamen al sinds 1998, elke zomer op vakantie naar Texel. Daarvan kende mijn vader het instituut en hij dacht dat dit een mooie plek zou zijn om mijn oriëntatie naar een onderzoekscarrière te beginnen. Het zou een bijzonder doel zijn om te bereiken. Omdat ik een lichte vorm van PDD-NOS heb, waardoor ik wat meer dan doorsnee bevestiging nodig heb en bijvoorbeeld graag heel gestructureerd te werk ga, werden er tijdens mijn schoolperiodes nogal eens vraagtekens gesteld over mijn ambities. Ik heb daar wel naar geluisterd maar me er niet door laten leiden en dat heeft me gebracht tot waar ik nu ben, een Bachelor student aan het NIOZ. Dat was een deel van mijn droom die ik nu heb kunnen verwezenlijken. Dit is vooral ook mogelijk geweest doordat er gelukkig steeds enkele mensen in mijn omgeving waren die in mij bleven geloven en mij steunden in tijden dat ik die steun hard nodig had.

Mijn eerste persoonlijke kennismaking met het NIOZ dank ik aan Jan Boon en Francien Peterse op dinsdag 8 juli 2008. Ik mocht toen één dag meelopen met Francien tijdens haar onderzoek naar klimaatreconstructie uit bodembacteriën. Hiermee kreeg ik een eerste indruk van de sfeer op het NIOZ en de werkzaamheden van een onderzoeker en analist. Het is een waardevolle stimulans geweest voor mijn motivatie om door te blijven studeren richting het NIOZ. Ik ben dan ook erg dankbaar voor het openen van de deur van het NIOZ door Jan Boon en de verhelderende informatie van Francien!

Mijn tweede kennismaking, op vrijdag 17 oktober 2008, kreeg ik via Jan Boon, Wim van der Veer en Henk van der Veer. Wim van der Veer was mijn rector op mijn middelbare school, SG Cambium Courtine. Toen hij tijdens mijn diploma-uitreiking op de Havo over mijn interesses richting het NIOZ vernam, bood hij mij aan te helpen bij de organisatie van een tweede kijkdag bij een andere afdeling op het NIOZ. Hij vroeg zijn broer Henk dit te faciliteren. Henk heeft dit voortvarend opgepakt en het mogelijk gemaakt. Ook Jan Boon raakte wederom betrokken bij de organisatie: hij zou voor het informatieve deel zorgen in de vorm van een rondleiding en details over de werkzaamheden, het gebouw en de verschillende departementen.

Henk organiseerde een vaartocht naar de fuiken met Hans Witte en Siem Gieles. Hierbij kreeg ik een stortvloed aan informatie over de activiteiten, werkwijzen, de visie, strategie en beleid van het NIOZ en haar internationale positie binnen de wetenschappelijke wereld. Het gaf mij onder andere ook een veel beter zicht in de verschillen tussen analist en onderzoeker. Voor mij werd steeds meer duidelijk dat mijn ambitie zich richt op wetenschappelijk onderzoeker. Maar dan wel een onderzoeker die “in het veld”, of in deze context beter: “in het water”, werkzaam is. Deze inkijk was zeer waardevol omdat het mij nieuwe waardevolle informatie gaf waardoor ik mij verder heb kunnen focussen.

Hier ben ik dan ook veel dank verschuldigd naar Jan, Wim, Henk, Hans en Siem!

Nog voor ik mijn Bachelor scriptie ging doen, kwam een tweede kans op een kennismaking met een verdieping bij het NIOZ: Henk van der Veer bood aan een stageweek (maandag 3 tot vrijdag 7 mei 2010) bij de MEE groep te organiseren. Zo kreeg ik de kans zelf bezig te zijn, met de nodige begeleiding van Simone Miguel (bodemmonsteronderzoek), Sander Holthuijsen (biomassabepaling), Maarten Brugge (verzorging en ringen van kanoeten) en Job ten Horn en Hans Witte (fuiken legen en leeftijdsbepaling bij vissen). Het droeg er verder aan bij dat ik snapte dat elke expertise iets anders vraagt van mensen, dat een analist andere taken heeft dan een wetenschapper en dat ik besepte liever te werken met levend of anorganisch materiaal dan intern dieronderzoek. Bedankt voor de inzichten en de nieuwe kennis die ik dankzij jullie kon opdoen over het werk dat ik zo ambieer!

Overigens lieten mijn drie “beschermengelen” vanuit het voortgezet onderwijs mij niet zomaar “los”....

Erigo Meesters, Bobby van der Willigen en Gerdie Nooijens, hielden mij, al dan niet op de achtergrond, nog nauwlettend in het vizier en hebben mij tot op de Universiteit nog, ieder op haar eigen wijze, gesteund. Dat heeft er zeker ook toe bij gedragen dat het universitair onderwijs binnen mijn bereik kwam en daarmee hebben ze dus ook invloed gehad op het kunnen komen tot een Bachelor onderzoek op het NIOZ.

Op de Utrechtse Universiteit werd meteen al zeer enthousiast gereageerd op mijn idee om mijn Bachelor onderzoek op het NIOZ te gaan doen. Het NIOZ is een internationaal gerenommeerd onderzoeksinstituut, dat grotendeels draaiende wordt gehouden door studenten die er hun eindonderzoek doen. Als ik een goede indruk wilde krijgen van maritiem wetenschappelijk onderzoek, was dat “the place to be....”!

Door de drie Bachelor jaren heen zijn mijn vaardigheden, met name leer-, oplossend- en praktisch denkvermogen, sterk ontwikkeld. Hiervoor ben ik vooral mijn studiebegeleidster, mevrouw Van Dijk, dank verschuldigd omdat ze er altijd was als ik haar nodig had. Soms alleen een luisterend oor, soms licht scheppend in mijn (studie-)duisternis, soms ook met heel praktische zaken. Maar vooral ook om mij te beschermen tegen overbelasting. Het is bij mij nooit goed genoeg. Een 9 is voor mij 10% fout en niet 90% goed oftewel bijna volmaakt. Ik moet daarmee uitkijken en hoewel ze me die manier van denken niet weg heeft kunnen halen, heeft mevr. Van Dijk me wel zeer bewust gemaakt dat ik op moet passen met mijn gezondheid. Het blijft een “let op” voor mij....

Leo Maas ben ik veel dank verschuldigd bij het openen van de deur naar mijn daadwerkelijke Bachelor onderzoekspositie op het NIOZ: als contactpersoon op De Uithof was hij als enige daartoe in staat en dat deed hij. Hartelijk bedankt!

Ook Wim Westerveld en zijn team bij het Julius Instituut dank ik daarbij extra vanwege de grote hoeveelheid kennis die mij is overgedragen op vele vakgebieden en vanwege de vaardigheden die ik dankzij hen nu bezit op het gebied van de experimentele fysica. Ik heb daar goed gebruik van kunnen maken op het NIOZ!

Bovendien: Wim, je was bijna als een vriend voor mij en je hebt mij meerdere keren geholpen als het even tegen zat.... Bijzonder bedankt.

Tijdens mijn Bachelor onderzoek werd Janine Nauw mijn begeleidster. Kritisch, confronterend, recht voor zijn raap, eerlijk, oplettend, bekwaam, het zijn zomaar wat typering die bij me opkomen als ik aan haar denk. Het was even wennen, zij aan mij, ik aan haar. We zijn twee uitersten.... Wat in aanvang lastig leek en wederzijds toch de nodige energie heeft gekost, heeft uiteindelijk wel geleid tot dit resultaat en daar ben ik haar dankbaar voor. Maar eerlijk is eerlijk, zonder haar had ik mijn onderzoek niet kunnen doen; zij heeft er in grote mate aan bijgedragen dat ik dit resultaat heb kunnen behalen.

Natuurlijk hebben we ook plezier kunnen maken. Ik denk daarbij aan het bezoek aan de Geo Focus in de NIOZ haven en onze gesprekken over fotografie.

Janine, hartelijk bedankt voor de steun en de begeleiding!

Meinard Tiessen was eigenlijk “plaatsvervangend Janine”: waar ik er even niet uitkwam en Janine niet meteen bereikbaar was, was Meinard bereid even in te vallen met een goede opmerking of een slimme suggestie. Ook al bezorgde ik hem soms tijdverlies en hoofdpijn, hij deed het toch. Hartelijk bedankt daarvoor, B10-10 maatje!

Voor de technische ondersteuning kon ik steeds terugvallen op Katja Philippart, Eric Wagmaakers, Roald van der Heide, het vormgevingsteam, het receptieteam en het ICT team, met name Roland Nauw. Bedankt voor alle technische informatie, de zorg en voor Roald en Eric specifiek de CTD meting die de gelaagdheid bij de NIOZ steiger aantoonde!

Ook bedank ik in het bijzonder Jurre de Vries, Matias Duran Matute, Carola van der Houd, Sven Ober, Sander van Oers, Anna Rabitti, Frans Eijgenraam, Hendrik van Aken, Leandro Ponsoni, Paolo Stocchi en Andrea Cimatoribus voor het helpen oplossen van tussentijds ondervonden problemen en de gezelligheid in de koffie- en lunchpauzes. Doen jullie wel een beetje voorzichtig met je cafeïnelevel?

Dan rest mij nog de mensen te bedanken die me het dichtst bij staan: mijn ouders en zus.

Pa: bedankt voor jouw advies, die voor mij de doorslag gaf om mij te richten op het NIOZ, je bescherming in moeilijke tijden, je raad en de gezelligheid in de auto tijdens de vele zondage ritten naar De Potvis.

Ma: bedankt voor je grote zorgzaamheid, je warme hart en de gevulde kleding- en koelkast. Ik kwam nooit wat tekort dankzij jouw oogje in het zeil en ik had door jouw planning en adviezen altijd een gezellige kamer, hier en thuis.

Natasja: bedankt voor het altijd over mij willen waken, ondanks dat ik een kop groter ben... Laat niemand het in zijn hoofd halen om iets slechts over “haar broertje” te zeggen want je komt Natasja tegen... Natasja, je kunt lief en gezellig zijn, maar bent ook scherp, doortastend en weet te zeggen waar het op staat. Dat je mij daar soms ook mee confronteert, neem ik van een engel als jij er graag op de koop toe bij!

Alhoewel ik heb geprobeerd zo volledig mogelijk te zijn in mijn dankwoord, kan het toch zijn dat ik mensen die mij op één of andere manier behulpzaam zijn geweest, niet heb genoemd. Ik ken dan ook niet alle mensen bij naam. In zijn algemeenheid spreek ik ten slotte mijn dank dan ook uit naar een ieder die mij in deze periode, op welke wijze dan ook, behulpzaam is geweest.

Allen bedankt voor een zeer intensieve maar vooral fantastische tijd op het NIOZ!

Robby B.C. Huijting, woensdag 15 januari 2014.

## 8. Bibliografie

- A. Dral (1998): De geschiedenis van het Zoölogisch Station der Nederlandse Dierkundige Vereniging, 1876 – 1945. NIOZ Rapport 1998-7.
- A. P. Luijendijk (2001): *Validation, calibration and evaluation of a Delft3D-FLOW model with ferry measurements*. M.Sc. Thesis (TUD, C9535180).
- C. J.M. Philippart, J. M. van Iperen, G. C. Cadée en A. F. Zuur (2010): *Long-term Field Observations on Seasonality in Chlorophyll- $\alpha$  Concentrations in a Shallow Coastal Marine Ecosystem, the Wadden Sea*. Estuaries and Coasts, Vol. 33: 286–294.
- C. J.M. Philippart (2012): Integrated Network for Production and Loss Assessment in the Coastal Environment (IN PLACE). MEE Poster ter informatie van NIOZ personeel en bezoekers.
- C. J.M. Philippart, M. Suhyb Salama, J. C. Kromkamp, H. J. van der Woerd, A. F. Zuur, G. C. Cadée (2013): *Four decades of variability in turbidity in the western Wadden Sea as derived from corrected Secchi disk readings*. Journal of Sea Research, Vol. 82: 67–79.
- Common Wadden Sea Secretariat (CWSS) (2012). *The Wadden Sea Flyway Initiative*. Flyer m.b.t. capaciteitsopbouw en monitoring van het management van de East Atlantic Flyway (Oost Atlantische Vogeltrekroute).
- E. P. L. Elias, J. Cleveringa, M.C. Buijsman, J.A. Roelvink en M.J.F. Stive (2006): *Field and model data analysis of sand transport patterns in Texel Tidal inlet (the Netherlands)*. Coastal Engineering, Vol. 53: 505–529.
- E. P. L. Elias, M. van Koningsveld, P.K. Tonnon en Z.B. Wang (2007): *Sediment budget analysis and testing hypotheses for the Dutch coastal System*. WL Delft Hydraulics, VOP II-1.2 Long term coastal management Z4100.00, Detailed sediment budget analysis of the Dutch Wadden Sea, Rijkswaterstaat Report Z4100.00, Januari 2007.
- H. M. van Aken (2003): *One-hundred-and-forty years of daily observations in a tidal inlet (Marsdiep)*. ICES Marine Science Symposium, Vol. 219: 359–361.
- H. M. van Aken (2008a): *Variability of the salinity in the western Wadden Sea on tidal to centennial time scales*. Journal of Sea Research, Vol. 59: 121–132.
- H. M. van Aken (2008b): *Variability of the water temperature in the western Wadden Sea on tidal to centennial time scales*. Journal of Sea Research, Vol. 60: 227–234.

- H. Postma (1954): *Hydrography of the Dutch Wadden Sea*. Proefschrift Groningen Universiteit.
- H. Ridderinkhof (1990): *Residual currents and mixing in the Wadden Sea*. Proefschrift RUU.
- H. Ridderinkhof, H. van Haren, F. Eijgenraam en T. Hillebrand (2002): *Ferry observations on temperature, salinity and currents in the Marsdiep tidal inlet between the North Sea and Wadden Sea*. *Operational Oceanography: Implementation at the European and Regional Scales*, p. 139 – 147.
- L. M. Merckelbach en H. Ridderinkhof (2011): *Measurements of suspended sediment concentrations from ADCP backscatter in strong currents* in: C. Heip en R. Laane (Ed.) (2011). *Aspects of coastal research in contribution to LOICZ in the Netherlands and Flanders (2002-2010)*. LOICZ Research & Studies, Vol. 38: pp. 53-60.
- J. Nauw, L. Merckelbach, H. Ridderinkhof en H. M. van Aken (2013): *Long-term ferry-based observations of the suspended sediment fluxes through the Marsdiep inlet using acoustic Doppler current Profilers*. *Journal of Sea Research*, geaccepteerd.
- J. van Bennekom (2001): *125 Jaar NIOZ – Geschiedenis van het Zoölogisch Station en het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee*. Ponsen en Looijen, Wageningen. Publicatie nr. 3638.
- J. T. F. Zimmerman (1976): *Mixing And Flushing Of Tidal Embayments In The Western Dutch Wadden Sea*. Proefschrift VUA.
- J.T.F. Zimmerman (1978a): *DE WADDENZEE Getijden en getijstromen*. *Natuur en techniek*, jaargang 46, nr. 4, categorienr. 500.
- J.T.F. Zimmerman (1978b): *DE WADDENZEE Zoutgehalte en menging*. *Natuur en techniek*, jaargang 46, nr. 6, categorienr. 494.
- Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (2010): *Supplement Annual Report 2010 – Opleiding en training*.
- M. C. Buijsman en H. Ridderinkhof (2007b): *Water transport at subtidal frequencies in the Marsdiep inlet*. *Journal of Sea Research*, Vol. 58: 255–268.
- M. C. Buijsman en H. Ridderinkhof (2008a): *Long-term evolution of sand waves in the Marsdiep inlet. I: High-resolution observations*. *Continental Shelf Research*, Vol. 28: 1190– 1201.
- S. Groeskamp, J. Nauw en L. R. M. Maas (2011): *Observations of estuarine circulation and solitary internal waves in a highly energetic tidal channel*. *Ocean Dynamics*, Vol. 61, Springer.
- S. Groeskamp en L. R. M. Maas (2012): *Ship-borne contour integration for flux determination*. *Journal of Sea Research*, Vol. 74: 26–34.
- UNESCO (1983): *Algorithms for computation of fundamental properties of seawater*. UNESCO technical papers in marine science 44:1-55.
- [www.fys2008a.nl](http://www.fys2008a.nl) (geraadpleegd 2 september 2013 t/m 17 januari 2014)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Internal\\_wave](http://en.wikipedia.org/wiki/Internal_wave) (geraadpleegd 10 januari 2013)
- <https://nl.wikipedia.org/wiki/UTC> (geraadpleegd 7 januari 2013)

## 9. Appendix

### *Appendix A – Handmetingen en Bemonstering*



Robby Huijting  
NIOZ Fysische Oceanografie (FYS)

Vrijdag 15-11-2013



## Algemeen

Draag voor je eigen veiligheid altijd een veiligheidsvest als je alleen naar de steiger gaat. Meld je bij iemand op het moment dat je weggaat en op het moment dat je weer terug bent als je alleen gaat. De sleutels van de steiger zijn op te vragen bij je NIOZ afdeling.

## Controlemetingen T en S




**Figuur 32** De controlemetingen worden verricht vanaf de trap van de NIOZ steiger.

De controlemetingen zijn bedoeld om de temperatuur- en saliniteitmetingen die automatisch vanuit het FYS departement op de NIOZ steiger worden verricht te controleren. Het gebruikte apparaat is een VWR EC300 draagbare geleidbaarheid/saliniteit/temperatuur meter (zie Figuur 34).



**Figuur 33** De gebruikte VWR EC300 temperatuur/conductiviteit/saliniteit handmeter.

De metingen vinden aan de Mokbaai zijde van de steigertrap plaats (zie Figuur 33 en de rode bol in Figuur 1). Probeer zo dicht mogelijk bij het plateau te meten, zodat de metingen zo dicht mogelijk bij de sensor gebeuren (groene bol in Figuur 1).

Zet het apparaat aan middels de  knop. Stel het apparaat in op saliniteit (ppt)/temperatuur (°C) meting door tweemaal op de knop MODE te drukken<sup>1</sup>.

Laat de sensor en een deel van de kabel tot net onder het wateroppervlak zakken. Wacht tot het sensorsignaal is uitgebalanceerd en noteer vervolgens de metingen als volgt:

---

‘Eerste twee letters v/d dag’ en datum (dd-mm-jjjj)

\* ‘Tijd 1’ (hh:mm, UTC<sup>2</sup>)                      ‘Temperatuur 1’ °C                      ‘Saliniteit 1’ ppt

\* ‘Tijd 2’ (hh:mm, UTC)                      ‘Temperatuur 2’ °C                      ‘Saliniteit 2’ ppt

...

---

<sup>1</sup> Raadpleeg voor verder gebruik de gebruiksaanwijzing: YSI Environmental, *Operations Manual YSI EC300*, (Dec. 2003), Artikel-Nr. 605369.

<sup>2</sup> UTC tijd is lokale tijd -2 uur (zomer)/-1 uur (winter) (<http://nl.wikipedia.org/wiki/UTC>).

Tot slot moeten zowel de sensor en andere delen van het meetapparaat die in aanraking zijn gekomen met het zeewater afgespoeld worden met zoet water, bijvoorbeeld bij de zoetwaterkraan aan de natte cabine aan de NIOZ haven zijde (zie de cabine tussen de gele en blauwe bol in Figuur 1 b)).

### IJkingmetingen T (en controlemeting S) en schoonmaken van de automatische sensor van het FYS departement


De ijkmetingen zijn bedoelt om de temperatuur en saliniteitmetingen van het FYS departement die vanaf de NIOZ steiger automatisch worden verricht te ijken. Ze vinden ongeveer eenmaal per week plaats bij laag water. De gebruikte apparaten zijn een VWR EC300 draagbare geleidbaarheid/saliniteit/temperatuur meter en een Testo 110 thermometer (zie Figuur 34). Met de VWR EC300 meet men zowel temperatuur als zoutgehalte, met de Testo 110 alleen de temperatuur. De temperatuurmeting verricht door de WR EC300 wordt als ondergeschikt beschouwd aan die door de Testo 110, aangezien de Testo 110 al langer wordt gebruikt bij de bemonstering. Men dient ook een doek, een watervaste stift en een lege schone<sup>3</sup> monsterfles met watervaste etiket (bijv. gele tape) mee te nemen voor het nemen van watermonsters.



Figuur 34 De voor het kalibreren gebruikte Testo 110 thermometer.



Figuur 35 De metingen met de Testo 110 worden, net als de controlemetingen met de VWR EC300, verricht vanaf de trap van de NIOZ steiger. De bemonstering vindt op het plateau plaats.

Men verricht allereerst de handelingen beschreven in de sectie Controlemetingen temperatuur en saliniteit tot en met de data registratie. Meet vervolgens op dezelfde trede z.s.m. de temperatuur met de Testo 110. Zet vervolgens de Testo 110 aan met de  knop en plaats vanaf dezelfde op dezelfde plek, nu aan de NIOZ haven zijde (zie Figuur 35 en de groene bol in Figuur 1 b)), de Testo 110 sensor met een deel van de kabel tot net onder het wateroppervlak. Wacht tot het weergegeven signaal stabiel is. Met de HOLD knop kan het beeldscherm bevroren worden, ook als de sensor het water uit moet om de weergegeven temperatuur te noteren. Nogmaals HOLD intoetsen zorgt dat het display weer reageert op veranderingen van het signaal. De HOLD functie stopt automatisch als de Testo 110 wordt uitgezet.

<sup>3</sup> Een schone fles is van tevoren met heet water, zeep en een flessenrager schoongemaakt, met heet water afgespoeld, met demiwater nagespoeld en op zijn kop in een krat gedroogd.

Noteer de gegevens (VOOR gedeelte) op het flesetiket:

Monsternummer: ...

‘Eerste twee letters van de dag’ + datum (dd-mm-jjjj)

<u>VOOR</u>	.	.	<u>Na</u>
t (UTC) = hh:mm	.	.	t (UTC) = hh:mm
T = ... °C	.	.	T = ... °C
T <sub>HAND</sub> = ... °C	.	.	T <sub>HAND</sub> = ... °C
S <sub>HAND</sub> = ... ppt	.	.	S <sub>HAND</sub> = ... ppt



**Figuur 36** De FYS sensor zit bevestigd achter de oostelijke cabine van het NIOZ steiger plateau. Deze koker is weer bevestigd aan een paal. De bodem van de koker is alleen te zien tijdens laagtij.

Maak vervolgens de FYS automatische temperatuur- en saliniteitsensor schoon. Deze zit aan de paal noordelijk van de natte cabine (zie Figuur 36 en de groene bol in Figuur 1 b)). Haal hem voorzichtig uit de koker; zorg dat de sensor bij het ophijsen niet blijft hangen. Verwijder eerst met de borstel uit de cabine met het kraantje het grove vuil (algen, waterpokken, etc.) en spoel de sensor daarna af bij bijvoorbeeld het zoetwaterkraantje aan de natte cabine (zie de oostelijke cabine tussen de gele en blauwe bol in Figuur 1 b)).

Om te zorgen dat alles consistent kan worden uitgevoerd, is gekozen eerst de volgende stap uit te voeren voordat de sensor wordt teruggeplaatst. Neem nu met het gelabelde flesje het watermonster vanaf het platform en naast de cabine met het zoetwaterkraantje (vanaf de gele bol in Figuur 1 b)). Doe dit liever niet als het regent (oppervlaktewater verzoet dan) of wanneer de boot langs vaart (in geval van gelaagdheid kan

menging van water uit verschillende

lagen optreden en is het genomen monster niet meer een oppervlakte-

monster). Doe dit met het filter, welke in de cabine met het kraantje ligt, op de fles geschroefd. Vul de fles niet verder dan tot de hals (zie Figuur 37) om te voorkomen dat de fles barst bij het plaatsen van de kunststof stop en hardplastic dop op de fles direct



**Figuur 37** De monsters worden genomen vanaf het steigerplateau. Om zoveel mogelijk vuil te weren, wordt de fles waarmee het water wordt verzameld aan een filter bevestigd tijdens het bemonsteren.



**Figuur 38** Men gebruikt een Guildline Autosal 8400B om de monsters door te lezen en daarmee de saliniteit aan de hand waarvan de data gekalibreerd wordt te bepalen.

na het vullen. Het water uit deze fles zal doorgemeten worden door een Guildline Autosal 8400B (Ocean Scientific) op het NIOZ (zie Figuur 38). Leg het filter weer terug in de cabine.

Plaats nu de sensor weer terug. Let er bij het laten afzakken opnieuw op dat de sensor niet blijft haken.

Herhaal de metingen die verricht vóór de schoonmaak van de sensor met de VWR EC300 en Testo 110 en noteer de gegevens (NA gedeelte). De fles is nat en daarmee onbeschrijfbaar. Droog daarom de fles af met een doek in het droge lab (zie Figuur 1 b)) of noteer, als de deur niet open kan, de gegevens op een secundaire lijst. Noteer bij het laatste de gegevens alsnog op het etiket als de fles weer droog is.

Spoel tot slot de VWR EC300 en Testo 110 af bij bijvoorbeeld het zoetwaterkraantje aan de natte cabine.



## *Appendix B – Kalibratieprotocol*



Meinard C. H. Tiessen, NIOZ



Robby Huijting  
NIOZ Fysische Oceanografie (FYS)

Vrijdag 20-12-2013

## De documenten

In de beschikbare bestanden staan [jjjj] voor het jaartal en [a, b] voor het eerste of tweede semester; [day] staat voor Exceldag.

Een korte beschrijving van de files:

- **xls\_[jjjj][a, b].zip**: Hierin staan de ruwe data opgeslagen per dag.
- **[day].xls**: bestanden verkregen bij het uitpakken van de xls\_[jjjj][a, b].zip bestanden. De extensie is .xls, maar de bestanden zijn tab gescheiden .txt bestanden<sup>4</sup>. **piercal.xls**: dit bestand moet aangevuld worden met de kalibratiewaarden.
- **werk.xls**: hierin worden achtereenvolgens een mediaanfilter (MF), een minuutmiddeling (MM) en een halfuursteekproef (HS) uitgevoerd.
- **piercal.xls**: hierin worden de verschillen tussen MFMM en MFMMHS bepaald met de waarden verkregen uit de monsters.
- **pier[jjjj].xls**: de MFMMHS data uit werk.xls worden naar dit bestand gekopieerd en daarna gekalibreerd.
- **horn[jjjj].xls**: de maandgemiddelde waarden van de temperatuur- en saliniteitmetingen om 8 uur 's morgens worden uit pier[jjjj].xls naar dit bestand gekopieerd.
- **tscorr.xls**: conversiewaarden voor temperatuur en saliniteit op Texel naar temperatuur en saliniteit in Den Helder en visa versa.
- **tsdenhel.xls**: maand-, seizoen- en jaargemiddelden van de temperatuur en saliniteit in Den Helder.
- **tshornt.xls**: maand-, seizoen- en jaargemiddelden van de temperatuur en saliniteit op Texel.
- **tsmarsdiep.xls**: maand- en jaargemiddelden van temperatuur en zoutgehalte gemeten in Den Helder.

## Mediaanfiltering en Minuutmiddeling (MFMM)

De ruwe data **xls\_[jjjj][a,b].zip** worden met een frequentie van 1/12 Hz ingezameld. Na uitpakken volgen de volgende bestanden **[day].xls** bestaande uit drie kolommen: tijd (Excel tijd in dagen), temperatuur (°C) en saliniteit.

1. Kopieer de ruwe data (tijd, temp en sal; alle drie kolommen) uit **[day].xls** en plak het in de eerste drie kolommen van de sheet data in **werk.xls** met 'paste special', 'alleen getallen', '2 decimalen'.
2. De ruwe data wordt nogmaals weergegeven: temperatuur in kolom 4 (*temp*) en saliniteit in kolom 7 (*sal*).
3. De mediaan wordt bepaald over 5 opeenvolgende waarden (= 1 minuut) en aan de centrale tijd toegekend: temperatuur in kolom 5 (*median*) en saliniteit in kolom 8 (*median*) – de MF data.

---

<sup>4</sup> De data voor 2000 was verloren; het is teruggevonden in gewijzigde vorm als .txt bestand (**sal200.txt**) en handmatig weer in zijn oorspronkelijke vorm (**[day].txt**) terug gebracht.

4. De MF data wordt op dezelfde manier minuutgemiddeld: temperatuur in kolom 6 (*temp*) en saliniteit in kolom 9 (*sal*) – de MFMM data.
5. Kopieer de MFMM data, kolommen 1 (*time*), 6 (*temp*) en 9 (*sal*), naar de sheet smoothed.
6. Breidt als er data ontbreekt handmatig de tijd kolom uitbreiden tot het einde van de dag.
7. Met de macro 'Process30Min' wordt steekproefsgewijs voor elk half uur tussen 0:00 en 23:30 de MFMM geselecteerd en gekopieerd naar sheet 30min. Druk om de macro te activeren tegelijk op ALT en F8; kies voor de macro 'Process30Min' en vervolgens 'Run'. In sheet 30min verschijnen ook twee grafieken met daarin halfuursteekproefwaarden (MFMMHS) van saliniteit en temperatuur tegen tijd.
8. In de sheet ChartT en ChartS worden de tijdseries van de ruwe data (blauw) samen met de MFMM (roze) en de HS (geel) weergegeven voor temperatuur en saliniteit, respectievelijk.
9. Kopieer de MFMMHS waarden uit de sheet 30min (*time*, *temp* en *sal*) naar de eerste drie kolommen van het document **pier[yyyy].xls**.

De gefilterde data worden in pier[yyyy].xls gecombineerd met de kalibratiewaarden aan de hand van **piercal.xls** in het document **pier[yyyy].xls**.

## Kalibratie (KAL)

De kalibratiewaarden worden in **piercal.xls** bepaald. De kolommen 1 tot en met 15 uit de sheet data dienen voor het verwerken van de in situ oppervlakte zoutgehalte (SSS) en temperatuur (SST) uit de kalibratiemetingen (KAL) zoals beschreven in Appendix A – Handmetingen en Bemonstering. Kolommen 17 tot en met 20 geven het totale gemiddelde, de mediaan en de standaarddeviatie van die in situ waarden. De kolommen 21 tot en met 27 dienen om de uiteindelijke kalibratiewaarden te berekenen voor de temperatuur. De uiteindelijke kalibratiewaarden voor saliniteit worden bepaald middels lineaire interpolatie het gemiddelde van kolommen 12 en 14 in **pier[yyyy].xls**.

Kolommen 1 tot en met 16 in sheet data bevatten het volgende:

1. *decdate*: datum KAL (Exceltijd dagen).
2. *date*: datum KAL (dd-mmm-jjjj).
3. *time*: tijd KAL (UTC).
4. *sampleT*: SST KAL (°C).
5. *tempraw*: de MFMM temperatuur (°C) waarvan het tijdstip het dichtst bij KAL moment ligt.
6.  $dT_1 = sampleT - tempraw$  (verschil SST KAL en MFMM in °C).
7. *Tsmooth*, MFMMHS waarde op het KAL moment, bepaald m.b.v. lineaire interpolatie (°C).
8.  $dT_2 = Tsmooth - tempraw$  (verschil SSS KAL en MFMMHS in °C).



9. *salinometer*: de dubbele conductiviteitsratio  $2R_T$  (%) bepaald uit de SSS monsters (zie Appendix A – Handmetingen en Bemonstering).
10. *sampleS*: de saliniteit bepaald uit SST (KAL) en  $2R_T$ . Deze waarde wordt bepaald met de macro autosal. Typ: ‘=Autosal([*sampleT*], [*salinometer*])’ en druk op ENTER<sup>5</sup> (psu).
11. *salraw*: de MFMM saliniteit waarvan het tijdstip het dichtst bij het KAL moment ligt (psu).
12.  $dS_1 = sampleS - salraw$  (verschil SSS KAL en MFMM in psu).
13. *Ssmooth*: MFMMHS waarde op het KAL moment (psu), bepaald m.b.v. lineaire interpolatie.
14.  $dS_2 = Ssmooth - salraw$  (verschil SST KAL en MFMMHS in psu).
15. *comment*: commentaar over de data en bepaalde kalibratiewaarden.

Kolommen 16 t/m 20 bevatten het gemiddelde (*mean*), de mediaan (*median*) en standaarddeviatie (*stdev*) van alle waarden voor resp.  $dT_1$ ,  $dT_2$ ,  $dS_1$  en  $dS_2$ .

Kolommen 21 t/m 27 tot slot bevatten de kalibratiewaarden van de temperatuur voor een specifiek jaar op dezelfde regel als de eerste KAL meting van dat jaar:

17. *year*: het jaar waarvoor de kalibratiewaarden gelden.
18.  $dT_1$ : het jaargemiddelde van alle waarden van  $dT_1$  in kolom 6 (°C).
19.  $dT_2$ : het jaargemiddelde van alle waarden van  $dT_2$  in kolom 8 (°C).
20. *deltaT*: de uiteindelijke kalibratiewaarde voor het specifieke jaar (°C), gelijk aan het gemiddelde van de jaargemiddelde  $dT_1$  (kolom 18) en jaargemiddelde  $dT_2$  (kolom 19).
21. *calibrated?*: noteer ‘ja’ als de tijd, MFMMHS en KAL waarden allemaal genoteerd zijn in **pier[yyyy].xls** en, KAL bij saliniteit na interpolatie, opgeteld en genoteerd zijn tot gekalibreerde data in **pier[yyyy].xls**.

Tot slot zijn er nog vier sheets met grafieken:

- 1) De sheet temp toont de dagwaarden van  $dT_1$  (blauw) en  $dT_2$  (roze) en de beste lineaire fit (zwarte lijn) met correlatiecoëfficiënt.
- 2) De sheet salt toont de dagwaarden van  $dS_1$  (blauw) en  $dS_2$  (roze).
- 3) De sheet Chart1 bevat alle waarden van  $dT_1$  (blauw),  $dT_2$  (roze), deltaT (geel/zwart) en de lineaire aanpassing voor  $dT_1$  (zwarte lijn) en  $dT_2$  (roze lijn) tegen tijd.
- 4) De sheet Chart3 bevat alle waarden van  $dS_1$  (blauw),  $dS_2$  (roze) en de lineaire aanpassingen voor alle  $dS_2$  (zwarte lijn) tegen tijd.

---

<sup>5</sup> De gebruikte formules zijn:

$$(1) R_T = \frac{\text{gemiddelde van drie achtereenvolgende } 2R_T \text{ van hetzelfde monster}}{2}$$

$$(2) S = S_0 + \Delta S(T)$$

$$(3) S_0 = \sum_0^5 a_i \cdot R_T^{i/2}$$

$$(4) \Delta S = \frac{T-15}{1+k(T-15)} \sum_0^5 b_i \cdot R_T^{i/2}$$

## Gekalibreerde data

De gekalibreerde data wordt uiteindelijk opgenomen in **pier[yyyy].xls** als een volledig jaar is gekalibreerd (zie bijvoorbeeld Figuur 39). De sheet data bevat:

1. *decdate*: de datum + tijd (Exceltijd in dagen).
2. *time*: de datum + tijd (genoteerd als dd/mmm/yyyy HH:MM)
3. *Traw*, de ruwe MFMMHS temperatuur (°C).
4. *Sraw*, de ruwe MFMMHS saliniteit (psu).
5. *Tcor*, de gekalibreerde MFMMHS temperatuur (°C).
6. *Scor*, de gekalibreerde MFMMHS saliniteit (psu).
7. *remarks*: opmerkingen over de meetmethode, ruwe data en gekalibreerde data.

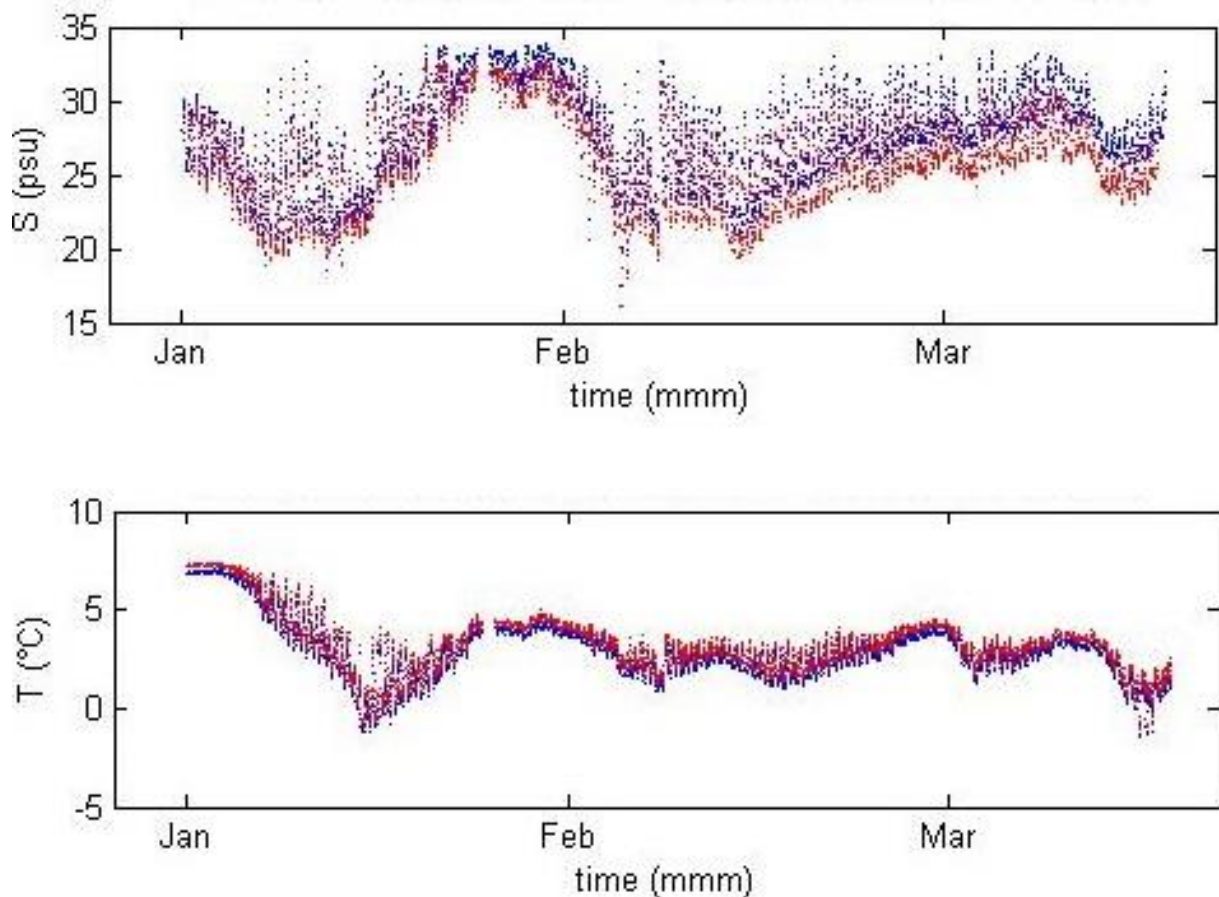
Kolommen 8 tot en met 10 bevatten voor elke dag op de eerste regel per dag:

8. *Tmin*, de minimale waarde van *Traw* (°C).
9. *Tmax*, de maximale waarde van *Traw* (°C).
10. *Smin*, de minimale waarde van *Sraw* (psu).
11. *Smax*, de maximale waarde van *Sraw* (psu).

In kolom 12 (*deltaS*) bevat de lineair geïnterpoleerde waarde van  $\frac{(dS1+dS2)}{2}$  op het tijdstip van de MFMMHS.

De sheet Temp toont *Traw* (donkerblauw), *Tmin* (lichtblauw) en *Tmax* (rood) als functie van de tijd.

De sheet Salt toont *Sraw* (donkerblauw), *Smin* (roze) en *Smax* (geel) als functie van de tijd.



Figuur 39 Voorbeeld van het resultaat van het kalibratieproces samen met de oorspronkelijke ruwe data voor 1 januari 2013 tot en met 27 maart 2013.

### Daggemiddelden

Het document **horndays.xls** bevat daggemiddelde waarden van de temperatuur en saliniteit, sinds 1 januari 1982. De sheet data bevat:

1. *day*: tijd in dd-mmm-jjjj notatie.
2. *temperature*: daggemiddelde temperatuur (°C).
3. *salinity*: daggemiddelde saliniteit (psu).

De sheets temperature resp. salinity bevatten een grafische weergave van de *temperature* en *salinity* tegen *day*.

### Dag- en maandgemiddelden

In **horn[jjjj].xls** worden de dag- en maandgemiddelde waarden van de temperatuur- (met 0.1 °C gecorrigeerd op de afwijking met het daggemiddelde) en saliniteitmetingen om 8 uur 's morgens uit **pier[jjjj].xls** gekopieerd. Ontbrekende data wordt bepaald met lineaire interpolatie, wat vermeld wordt onder *remarks*.

De sheet data bevat voor elke dag, om acht uur 's-morgens de volgende kolommen:

- *Jul. Day*: de datum volgens de Juliaanse kalender, in dd-mmm-jjjj notatie.
- *temperature*: de gekalibreerde temperatuur om acht uur 's morgens.
- *salinity*<sup>6</sup>: de gekalibreerde saliniteit om acht uur 's morgens.
- *average*: de maandgemiddelde temperatuur en saliniteit, genoteerd bij de eerste dag van de maand, met onder elkaar "Month", "temperature" en "salinity".
- *remarks*: opmerkingen over dag- en maandgemiddelden, interpolatie, etc.

De sheets temp en salinity bevatten resp. een grafische weergave van de handgemeten ( $\leq 1998$ )/gekalibreerde ( $>1998$ ) temperatuur en saliniteit om 8:00 uur tegen tijd in dagen.

## Semestergemiddelden

Het document **tshornt.xls** bevat de gemiddelde waarden van de temperatuur- ( $^{\circ}\text{C}$ ) en saliniteitmetingen per dag (pss-78 notatie), maand, jaar, etc. in 't Horntje. De daggemiddelden zijn overgenomen uit het document **horndays.xls**. Dit document bevat 9 sheets. De sheet DATA bevat 34 datakolommen:

- *year*: tijd in jaren.
- *Jan, Feb, Mar, ..., Nov, Dec*: maandgemiddelde over de daggemiddelde temperatuur.
- *Year* (kolom 14): jaargemiddelde over de maandgemiddelde temperaturen.
- Voor kolommen 15 tot en met 27 geldt hetzelfde als voor de kolommen 2 tot en met 14, nu voor de saliniteit.
- *Winter means*: bevat het gemiddelde over januari tot en met maart (de wintermaanden) voor resp. temperatuur (*temp*) en saliniteit (*salinity*).
- *Summer means*: bevat het gemiddelde over juli tot en met september (de zomermaanden) voor resp. temperatuur (*temp*) en saliniteit (*salinity*).
- *monthly mean* (*month* in mmm notatie gevolgd door *Temp* en *Sali*) bevat over alle jaren heen het maandgemiddelde van resp. temperatuur en saliniteit.
- *Overall mean* (onder "Year", gevolgd door *Temp* en *Sali*) bevat het gemiddelde over alle temperatuur resp. saliniteit data.

De *monthly year* en *overall mean* kolom doet ook dienst als commentaarkolom m.b.t. de data en de meet- en verwerkingsmethode. In kolom 34 wordt aangegeven welke maandgemiddelden uit lineaire interpolatie bepaald zijn wegens gebrek aan data.

De andere sheets bevatten staafdiagrammen van maand- en semestergemiddelde temperatuur en saliniteit tegen tijd in 't Horntje. De sheets yeartemp en yearsalt bevatten een staafdiagram van resp. temperatuur en saliniteit (*Year* tegen *year*). Bij de laatste is tevens de best passende lineaire trend weergegeven.

De sheets monthtemp en monthsalt bevatten een staafdiagram van resp. temperatuur en saliniteit (*Temp* en *Sali*) tegen *month* in de *Monthly mean/Overall mean* kolom.

---

<sup>6</sup> Tot en met 1999 werden dagelijks met de hand de SST en SSS bepaald, het laatste met een doormetmachine. De waarde van  $2R_T$  werd toen ook genoteerd onder *autosalrdg*.

De sheets winterT en winterS bevatten een wintermaandgemiddelde staafdiagram van *Winter means* tegen *year*, de sheets summerT en summerS een zomermaandgemiddelde staafdiagram van *Summer means* tegen *year*.

### Conversie 't Horntje/Den Helder

tscorr.xls bevat de maandgemiddelde correctiewaarden genoteerd waarmee men maandgemiddelde data bij Den Helder ('t Horntje te Texel) om kan zetten in waarden geldig bij 't Horntje te Texel (Den Helder) voor diezelfde maand (gebaseerd op Waterbase data en Van der Hoeven, p. 23, De Bilt). Er geldt:  $T_{DH} = T_{TX} + dT$  en  $S_{DH} = S_{TX} + dS$ . Hierin zijn  $dT$  resp.  $dS$  de correctiewaarden voor temperatuur en saliniteit. De data is genoteerd als:

- De maand voluit.
- *maand*: de maand als nummer.
- *salinity*:  $dT$ .
- *temperature*:  $dS$ .

### Dag- en maandgemiddelden in Den Helder

Het document **tsmarsdiep.xls** bevat maand- en jaargemiddelde data voor Den Helder. De data voor saliniteit staat in de sheet salinity, dat van de temperatuur in de sheet temperature. Elke sheet bevat:

1. **Year**: het jaar waarvoor de gemiddelden gelden.
2. *January, February, ..., November, December*: de maandgemiddelden per maand.
3. **Ann. Mean**: jaargemiddelde.

### Dag-, maand-, seizoen- en jaargemiddelden in Den Helder

In het document **tsdenhel.xls** bevat de gemiddelde temperatuur- (°C) en saliniteitmetingen (pss-78 notatie) per dag, maand, jaar, etc. in Den Helder. De daggemiddelden volgen uit het document **horndays.xls** en **tscorr.xls**. Dit document bevat 9 sheets. De sheet DATA bevat de data zelf. Het de volgende datakolommen:

- **year**: tijd in jaren.
- *Jan, Feb, Mar, ..., Nov, Dec*: maandgemiddelde temperatuur.
- **Ann. Mean**: jaargemiddelde temperaturen.
- Voor kolommen 15 tot en met 27 geldt hetzelfde als voor de kolommen 2 tot en met 14, nu voor de saliniteit.
- *monthly mean* (*month* in mmm notatie, *Temp* en *Sali*): voor alle jaren samen het gemiddelde per maand.
- *Overall mean* ("Year" gevold door *Temp* en *Sali*): het gemiddelde over alle data.
- *Twin*: wintergemiddelde (gemiddelde over januari tot en met maart) temperatuur.

- *Tspri*: lentegemiddelde (gemiddelde over april tot en met juni) temperatuur.
- *Tsum*: zomergemiddelde (gemiddelde over juli tot en met september) temperatuur.
- *Tfall*: herfstgemiddelde (gemiddelde over oktober tot en met december) temperatuur.
- *Swin*: winter gemiddelde (gemiddelde over januari tot en met maart) saliniteit..
- *Sspri*: lente gemiddelde (gemiddelde over april tot en met juni) saliniteit.
- *Ssum*: zomergemiddelde (gemiddelde over juli tot en met september) saliniteit.
- *Sfall*: herfstgemiddelde (gemiddelde over januari tot en met maart) saliniteit.

De sheets yeartemp en yearsalt bevatten een staafdiagram voor resp. temperatuur en saliniteit van *Year* tegen *year*. Bij de laatste is tevens de best passende lineaire trend weergegeven.

De sheets monthtemp en monthsalt bevatten voor resp. temperatuur en saliniteit een staafdiagram van respectievelijk *Temp* en *Sali* tegen *month* in de *Monthly mean/Overall mean* kolom.

De sheets winterT, springT, summerT en fallT bevatten een staafdiagram van de kwartaalgemiddelde temperatuur voor resp. winter, lente, zomer en herfst tegen het *year*.

Voor de sheets winterS, springS, summerS en fallS geldt hetzelfde als voor de sheets winterT, springT, summerT en fallT, nu voor de saliniteit.



*Voor hen die met mij streden  
(en er niet meer zijn om deze triomf mee te maken)*