

Overvåkning av partikkelspredning i Sandsfjorden fra Norsk Stein sitt anlegg



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

Tittel Overvåkning av partikkelspredning i Sandsfjorden fra Norsk Stein sitt anlegg	Løpenr. (for bestilling) 6871-2015	Dato 1.6.2015
	Prosjektnr. 14000	Sider 33
Forfatter(e) André Staalstrøm	Fagområde Oseanografi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Rogaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norsk Stein	Oppdragsreferanse
---------------------------------	-------------------

Sammendrag

Kontinuerlig målinger av turbiditet i overflatelaget gjennom et helt år viser at partikkelkonsentrasjonen er lav omtrent 700 m fra bukta hvor Norsk Stein slipper ut partikler. Ved enkelte anledninger passerer det imidlertid partikkelskyer med partikkelkonsentrasjoner på typisk 5 – 10 mg/l over en varighet på noen timer. Det er ingen fare for at det skal opptre forhøyede partikkelkonsentrasjoner ved noen av oppdrettsanleggene i nærheten (Austbø eller Vintravika). Tidligere målinger har vist at partikler i mellomdyp spres innover i fjorden, og at dette kan føre til forhøyede turbiditetsverdier under terskeldyp på innsiden av terskelen (stasjon A2). Ved målinger på stasjon A2 ved fem anledninger gjennom hele sesongen i 2014, har det ikke blitt påvist forhøyede partikkelkonsentrasjoner på innsiden av terskelen. Det kan derfor konkluderes med at den mengden med masse som er sluppet ut av Norsk Stein i perioden fra april 2014 til desember 2014, ikke har ført til forhøyede partikkelkonsentrasjoner på innsiden av terskelen. Generelt så ble det ikke fanget opp noen partikkelskyer med høyere turbiditet enn 5 FTU på andre stasjoner enn stasjon C1, som er svært nær utslippene. Et unntak er målinger av turbiditet på opptil 60 FTU i Midtsundet, som det ikke kan utelukkes å stamme fra Norsk Stein.

Fire norske emneord 1. Sandsfjorden 2. Avgangsdeponering 3. Partikkelspredning 4. Overvåkning	Fire engelske emneord 1. Sandsfjorden 2. Mine tailings 3. Particle dispersion 4. Monitoring
--	--



André Staalstrøm
Prosjektleder

John Arthur Berge
Kvalitetssikrer



Kai Sørensen
Forskningsleder

**Overvåkning av partikkelspredning i Sandsfjorden fra
Norsk Stein sitt anlegg**

Forord

NIVA har på oppdrag fra Norsk Stein gjennomført overvåkning av partikkelspredning fra Norsk Stein sitt anlegg i Sandsfjorden i Rogaland. Undertegnede har vært prosjektleder for prosjektet. Uta Brandt har deltatt i prosjektet i forbindelse med instrumenteringen. Kvitsøy Sjøtjenester har bidratt i forbindelse med flytting av måleriggen, samt å legge ut nye moringer etter at måleriggen sleit seg rett før jul i 2014. Odd Hotvedt fra Norsk Stein AS og Jens Skei fra Skei Mining Consultant har vært kontaktpersoner på vegne av oppdragsgiver.

Oslo, 1. juni 2015

André Staalstrøm

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
1.1 Beskrivelse av området	9
1.2 Beskrivelse av overvåkningsprogrammet	9
2. Målinger	10
2.1 Utplassering av målebøye	10
3. Resultater	11
3.1 Målebøye	11
3.2 Målestasjoner	12
4. Samlet vurdering	16
4.1 Spredning i overflatelaget	16
4.2 Spredning dypere i vannsøylen	16
Vedlegg A. Ukeplott for målebøye	17

Sammendrag

Kontinuerlig målinger av turbiditet i overflatelaget gjennom et helt år viser at partikkelkonsentrasjonen er lav omtrent 700 m fra bukta hvor Norsk Stein slipper ut partikler. Ved enkelte anledninger passerer det imidlertid der partikkelskyer med konsentrasjoner på typisk 5 – 10 mg/l over en varighet på noen timer. Det er ingen fare for at det skal opptre forhøyede partikkelkonsentrasjoner ved noen av oppdrettsanleggene i nærheten (Austbø eller Vintravika).

Det er ikke forventet at videre kontinuerlig overvåkning av partikkelkonsentrasjonen på 2 og 30 m vil gi ytterligere opplysninger utover det som er dokumentert i denne rapporten, gitt at aktiviteten til Norsk Stein ikke blir betydelig større enn det den var i denne overvåkningsperioden.

Tidligere målinger har vist at partikler i mellomdyp spres innover i fjorden, og at dette kan føre til forhøyede turbiditetsverdier under terskeldyp på innsiden av terskelen (stasjon A2). Ved målinger på stasjon A2 ved fem anledninger gjennom hele sesongen i 2014, har det ikke blitt påvist forhøyede partikkelkonsentrasjoner på innsiden av terskelen. Det kan derfor konkluderes med at den mengden med masse som er sluppet ut av Norsk Stein i perioden fra april 2014 til desember 2014 ikke har ført til forhøyede partikkelkonsentrasjoner på innsiden av terskelen.

Generelt så ble det ikke fanget opp noen partikkelskyer med høyere turbiditet enn 5 FTU på andre stasjoner enn stasjon C1 som er svært nær utslippene. Et unntak er målinger av turbiditet på opptil 60 FTU i Midtsundet, som det ikke kan utelukkes å stamme fra Norsk Stein.

Den viktigste variabelen for å vurdere spredning av partikler i fjorden er mengden som slippes ut fra Norsk Stein. Slike data bør loggføres.

Det anbefales at det ved noen flere anledninger måles turbiditet i fjorden, spesielt på stasjon B2 i Straumbersundet og på stasjon B3 i Midtsundet. Målingene bør planlegges slik at registreringene blir foretatt etter at dumping av masse i Kvednavika har blitt gjennomført av Norsk Stein. Det har mindre hensikt å ta disse målingene på seks tidspunkter plassert jevnt utover gjennom sesongen, siden man da ikke er sikker på om konsentrasjonen man måler skyldes Norsk Stein sitt utslipp.

Summary

Title: Monitoring of particle dispersion in Sandsfjorden from Norsk Stein

Year: 2015

Author: André Staalstrøm

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-6606-1

Continuous measurements of turbidity in the surface layer through an entire year show that the particle concentration is low at a station located about 700 m from the bay where Norsk Stein discharge particles. On some occasions the monitoring buoy may over a period of a few hours record passing particle “clouds” having particle concentrations of typically 5 to 10 mg/l. There is no risk that elevated particle concentrations will appear at the aquaculture farms nearby (Austbø or Vintravika).

It is not expected that an extension of the continuous monitoring of particle concentration at 2 and 30 m will provide additional information beyond what is documented in this report, given that the activity of Norsk Stein do not become significantly larger than it was during this monitoring program.

Previous measurements have shown that particles in medium-depth spread into the fjord, and that this may lead to elevated turbidity values below the sill depth inside the sill (station A2). Measurements at station A2 on five occasions throughout the season in 2014, has not shown any elevated particle concentrations inside the sill. It can therefore be concluded that the amount of mass that is discharged by Norsk Stein in the period from April 2014 to December 2014 have not led to elevated particle concentrations inside the sill.

In general, it has not been measured any particle clouds with higher turbidity than 5 FTU on stations other than station C1, which is very close to the Norsk Stein discharge point. One exception is measurements of turbidity up to 60 FTU in Midsundet, and it cannot be excluded that this particle cloud originate from the Norsk Stein discharges.

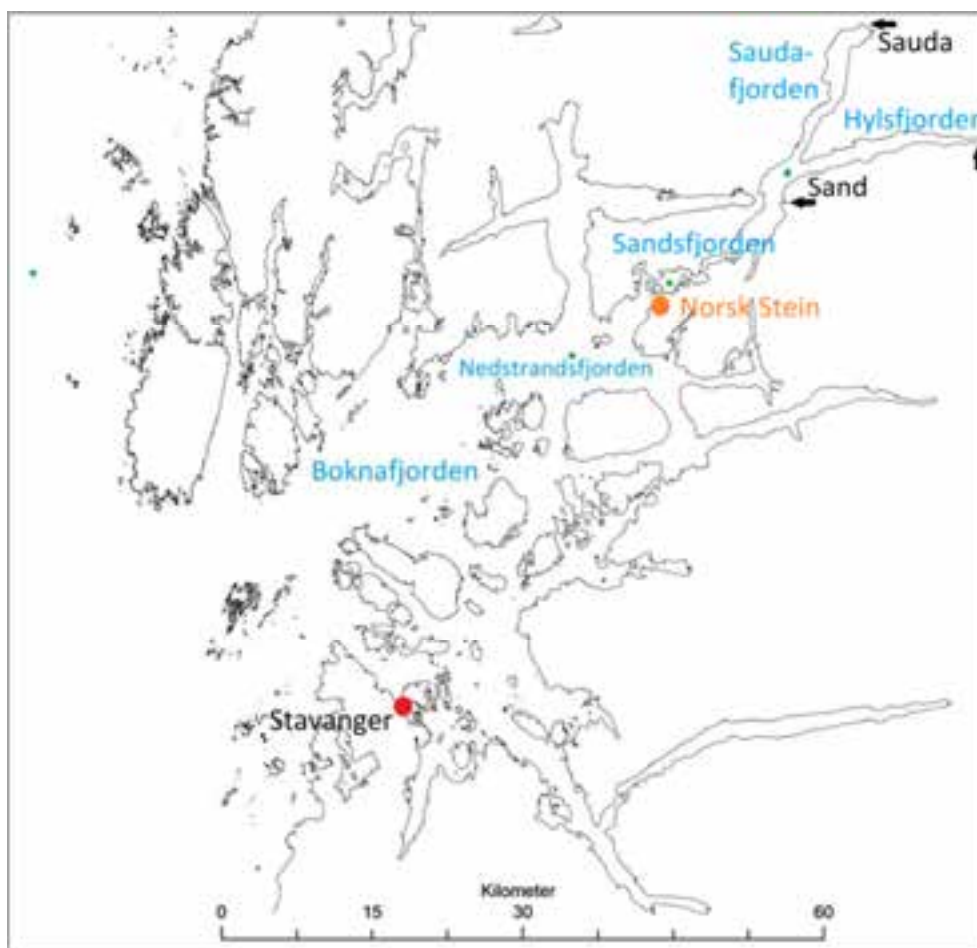
The most important variable to consider when particle dispersion in the fjord is assessed, is the amount of mass discharged by Norsk Stein. It is important that discharge data is recorded.

It is recommended that the turbidity should be measured on a few more occasions, especially at station B2 in Straumbersundet and stations and B3 in Midsundet. The monitoring should be planned so that the measurements are made after the discharge of masses in Kvednavika has been conducted by Norsk Stein. It will not give much useful information to conduct this type of monitoring, if the measurements are done at six times evenly distributed throughout the season.

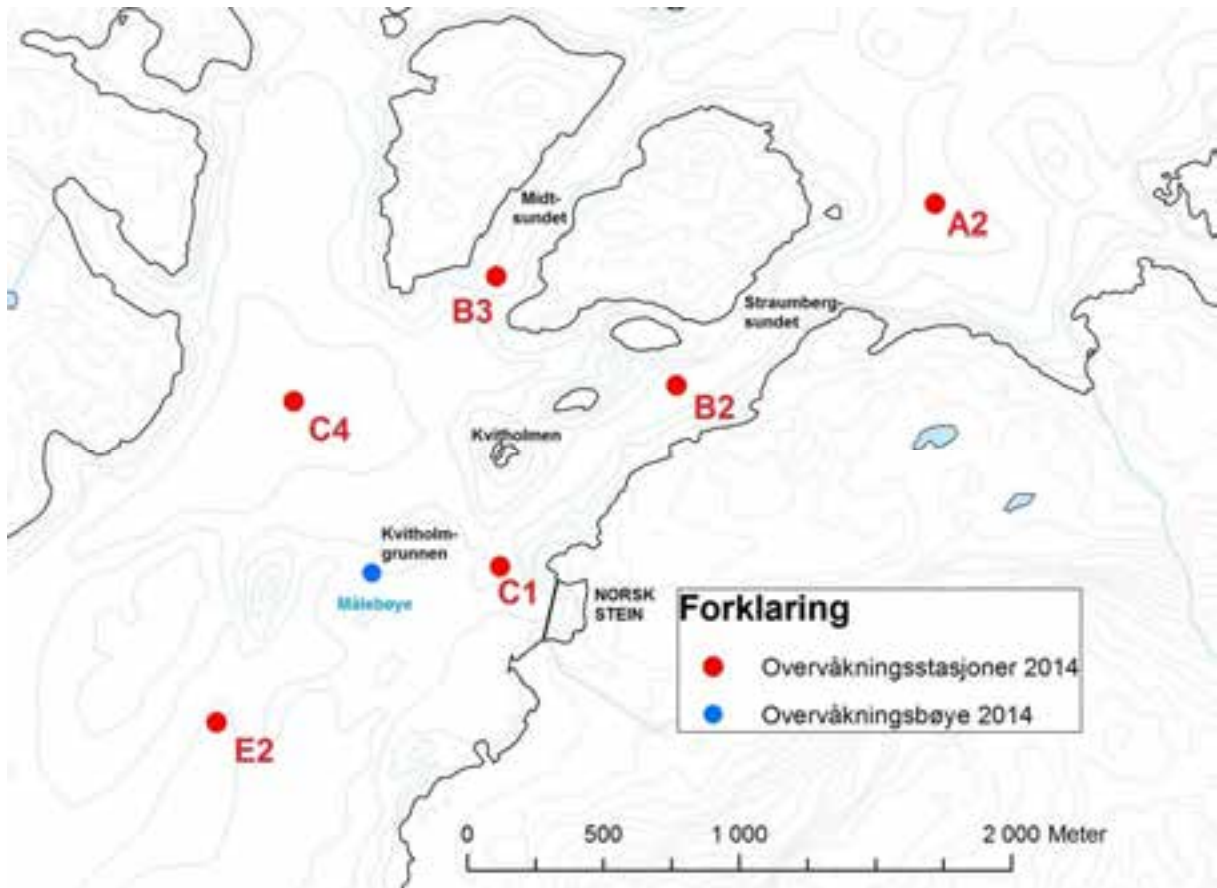
1. Innledning

Norsk Stein as har siden 1987 drevet pukkverk på Berakvam i Suldal (**Figur 1** og **Figur 2**). Virksomheten har gradvis blitt utbygd, og i dag produseres det opp til 10 millioner tonn knuste steinmaterialer per år, hvorav mer enn 95 % er salgbare produkter som hovedsakelig eksporteres til det europeiske markedet. Det arbeider i dag omtrent 180 personer ved bedriften. Under produksjonen er det ikke til å unngå at det dannes finstoffholdig materiale som det ikke fins marked for å selge, og som i dag deponeres direkte i sjøen utenfor bedriften i Kvednavika (**Figur 3**).

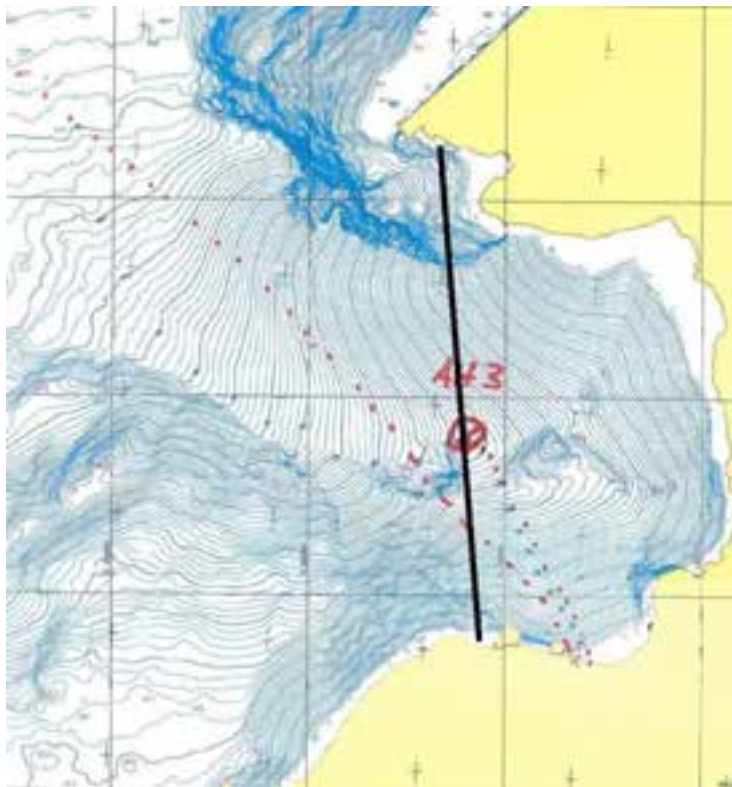
Fylkeskommunen i Rogaland ga i oktober 2012 tillatelse til å slippe ut 150 000 tonn pr. år med mineralisk stoff med partikkelkonsentrasjon mindre enn 2 mm innenfor en siltgardin. Det ble også gitt tillatelse til å slippe ut prosessvann med konsentrasjon av suspendert stoff på opp til 100 mg/liter (årsmiddel). Som vilkår stiller Fylkesmannen blant annet krav om at Norsk Stein as gjennomfører en overvåkning av resipienten. Denne rapporten viser resultater fra denne overvåkingen fra april 2014 til mai 2015.



Figur 1. Kart over fjordsystemet i Rogaland. Statens sjøkartverk sin faste målestasjon for vannstand (N 58°58', E 05°44') er markert med en rød prikk. Norsk Stein sitt anlegg i Berakvam er markert med en orange prikk. Fire CTD stasjoner fra Havforskningsinstituttets overvåkningsprogram er markert med grønne prikker. Det er Indre Utsira ute i kyststrømmen, Nedstrandsfjorden, Sandsfjorden rett på innsiden av terskelen og Sandsfjorden ved Sand. Tre svarte piler markerer de viktigste ferskvannskildene i Sandsfjordsystemet.



Figur 2. Kart over nærområdet til Norsk Stein. Utslippet til Norsk Stein befinner seg i Kvednavika (Kvernavika). Navnene på stasjonene som benyttes i dette prosjektet er markert med rød tekst.



Figur 3. Detaljert bunnkart av Kvednavika (Kilde: Norsk Stein sin utslippssøknad). Siltgardinenes omtrentlige plassering er tegnet inn med en tykk svart strek. Størrelsen på rutene er 100 m.

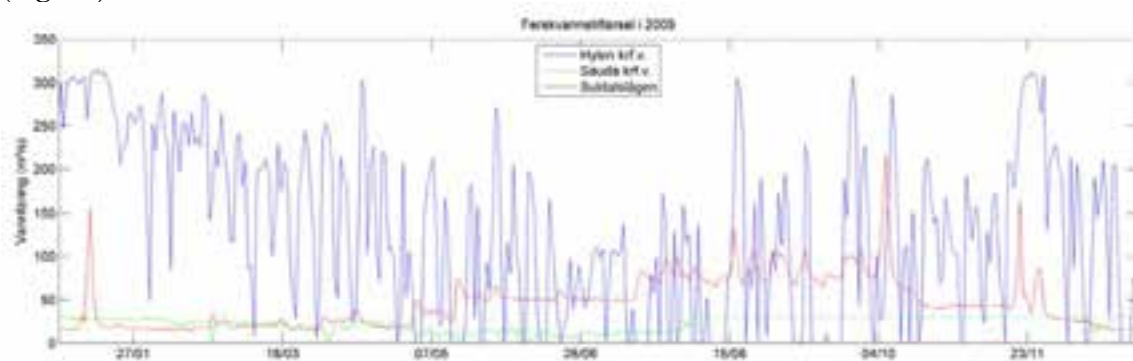
1.1 Beskrivelse av området

Sandsfjorden ligger i Rogaland innenfor Boknafjorden og Nedstrandsfjorden (**Figur 1**). Den er den ytre delen av et fjordsystem formet som en Y, som kalles Sandsfjordsystemet (Johnsen, Økland, Lamberg, Thorstad, & Jensen, 1996). Ved Sand deler fjordsystemet seg i Hylsfjorden som går rett østover og Saudafjorden som går innover til Sauda. Boknafjorden og Nedstrandsfjorden er dype fjorder som står i fri forbindelse med kystvannet på utsiden ned til 300 m. Terskelen i Sandsfjordsystemet er på 110 m, og det maksimale dypet i Sandsfjorden er 420 m, i Hylsfjorden 510 m og i Saudafjorden 380 m (Kaartvedt & Svendsen, 1995). Norsk Stein sitt anlegg ligger ved Berakvam på østsiden av fjorden rett på utsiden av terskelen (**Figur 2**). Terskelen befinner seg mellom to øyer som kalles Skorpene. Mellom Straumberget (fastland) og Berakvamskorpa ligger Straumbergsundet og mellom Berakvamskorpa og Kjølvikskorpa ligger Midtsund. I begge disse sundene er det omtrent 110 meter på de dypeste. Mellom Kjølvikskorpa og fastlandet på vestsiden er det grunnere (mindre enn 50 meter). Utenfor Norsk Stein sitt anlegg heller bunnen jevnt nedover mot 110 meters dyp med en vinkel på 20-25° (**Figur 3**).

Tidevannsforskjellene i området er små. Vannstanden har blitt målt i Stavanger havn (N 58°58', E 05°44') siden 1919, og viser at gjennomsnittlig høydeforskjell mellom middels høy- og lavvann er 32 cm. Ved springflo er forskjellen 46 cm. Forskjellen mellom den høyeste og laveste observerte vannstanden er 2 m.

Overflatelaget i fjordsystemet er tydelig påvirket av ferskvannstilførselen. Suldalslågen som har sitt utløp ved Sand, er den største elva i området med årlig middel vannføring på 47 m³/s. Saudavassdraget har sitt utløp innerst i saudafjorden og har en årlig middel vannføring på 25 m³/s. I tillegg til dette har Hylen kraftverk utslipp innerst i Hylsfjorden, og har en årlig middel vannføring på 215 m³/s.

Ferskvannsutslippet fra kraftverket dominerer altså tilførselen av ferskvann til fjorden store deler av året (**Figur 4**).



Figur 4. Ferskvannstilførsel til Sandsfjordsystemet i 2009.

1.2 Beskrivelse av overvåkningsprogrammet

Overvåkningsprogrammet har bestått av to deler:

1. Overvåkning av turbiditet med profilerende instrument seks ganger i året på seks forskjellige stasjoner, merket A2, B2, B3, C1, C4 og E2 i **Figur 2**.
2. Kontinuerlig overvåkning av turbiditet på to dyp, 2m og 30 m, i en posisjon utenfor utslippsstedet (merket med blå markør i **Figur 2**).

2. Målinger

2.1 Utplussing av målebøye

Instrumenter er plassert på 2 og 30 meters dyp under en bøye rett sør for Kvitholmgrunnen, hvor det måles hvert 10. minutt. Bøya ble utplussert 8. april 2014. Det oppsto imidlertid problemer med å finne en stabil posisjon for det ene bunnloddet, og fartøyet som ble brukt hadde problemer med å holde posisjonen i den relativt kraftige utadgående strømmen. Dette resulterte i at bøya ble dratt under vann, og loggeenheten fikk inntrengning av vann. Ny loggeenheten ble installert 14. mai 2014. Måletokt med profilerende instrument ble foretatt ved disse to anledningene.

Målebøya er forankret med to kraftige trosser som er festet i to svært tunge bunnlodder (som kan sees på bildet i **Figur 5**). Det ene bunnloddet ligger nord for bøya, mens det andre ligger sør for bøya. Trossen som gikk til det søndre bunnloddet var for kort, så denne gikk nesten vertikal rett ned. Dette resulterte i at bøya lå fint så lenge det er strømmet ut av fjorden. Men enkelte ganger så snur strømmen i dette fjordsystemet. Dette skjedde 9. august 2014, og bøya ble da dratt under vann, og loggeenheten ble igjen ødelagt.

Bøya ble inspisert av personell fra Norsk Stein i forbindelse med at måletokt nr. 3 ble gjennomført 25. august 2014. Det ble konstatert utstyret hadde fått vanninntrengning. Ødelagt utstyr ble igjen utplussert etter måletokt nr. 4 den 30. september 2015. Dagen etter, den 1. oktober ble den trossa som gikk til det søndre bunnloddet forlenget ved hjelp av Kvitsøy Sjøtjenester, og nytt utstyr ble igjen montert i bøya. Den søndre trossa sleit seg midten av desember 2014. Den søndre trossa ble lagt ut på nytt 18. desember 2015. Måletokt nr. 5 ble utført 17. desember 2015.

Begge trossene sleit seg i slutten av mai 2015, og ble etter dette tatt opp. Måletokt nr. 6 er planlagt å gjennomføres i forbindelse med opptak av målebøya.



Figur 5. På bilde vises målebøya på dekk før utplussing.

3. Resultater

3.1 Målebøye

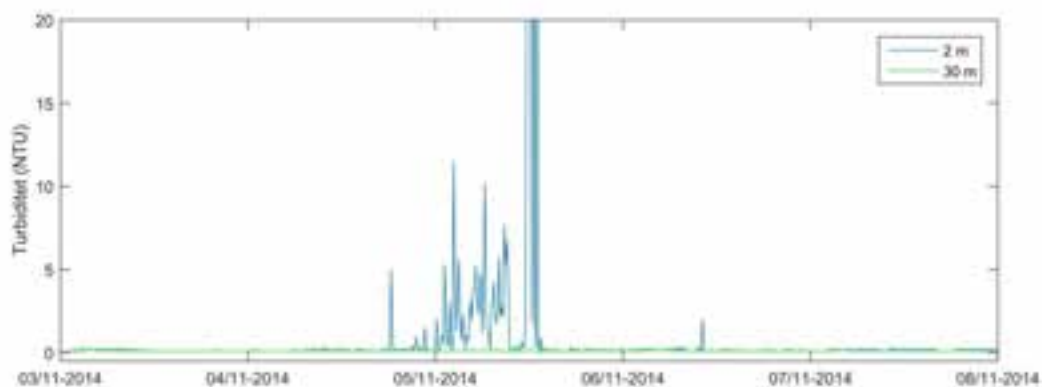
I vedlegg A vises resultatene fra målebøya for tre uker av gangen, fra og med uke 20 i 2014 til uke 21 i 2015. I disse figurene vises målingene fra 30 m i grønt og målingene fra 2 m i blått. Øverst vises målt saltholdighet. De to figurene under viser det samme, målt turbiditet, men med to forskjellige skalaer. Den midterste figuren viser turbiditeten fra 0 til 10 FTU. 1 FTU tilsvarer omtrent 1 mg/l med partikler. På den nederste figuren vises turbiditeten men nå med logaritmisk skala på den vertikale akse. Dette er gjort for å vise høye turbiditetsverdier.

I perioden uke 20 til uke 32 i 2014, var turbiditeten generelt lav, bortsett fra i korte perioder. I uke 25 var det svært høye verdier, men denne uken var det lav aktivitet ved anlegget til Norsk Stein, og det konkluderes med at det de høye verdiene denne uken er forårsaket av noe som har festet seg på instrumentet, for så å løse igjen etter noen dager. En typisk partikkelsky som beveger seg forbi målebøya har en partikkelkonsentrasjon på 4-10 mg/l og en varighet på noen timer. Konsentrasjonen er vanligvis betydelig høyere i 2 m dyp, enn i 30 m dyp hvor partikkelkonsentrasjonen er lav i mesteparten av tiden.

I perioden fra uke 32 til 40 i 2014, var det på grunn av tekniske problemer ingen målinger ved målebøya.

I perioden fra uke 40 i 2014 til uke 11 i 2015, var bildet det samme som i perioden beskrevet over. En episode fra uke 45 er vist i **Figur 6**, som et eksempel på hvordan en partikkelsky som passerer målebøya vil arte seg. Den maksimale partikkelkonsentrasjonen var 180 FTU, men dette var en enkeltverdi som sammen med fire andre registreringer med verdier fra 50 til 100 FTU gikk utover skalaen i **Figur 6**. Dette var en av partikkelskyene som hadde høyest turbiditetsverdi og varighet i hele overvåkningsprogrammet.

Høye turbiditetsverdier på det dypeste instrumentet i uke 50 og 51 i 2014, skyldes at denne traff bunn når målebøya svingte innover i fjorden etter at den søndre trossa til målebøya hadde slitt seg. Fra uke 12 i 2015 var instrumentet mest sannsynlig kraftig begrodd og ga alt for høye målinger, så disse er fjernet fra plottene i vedlegg A.



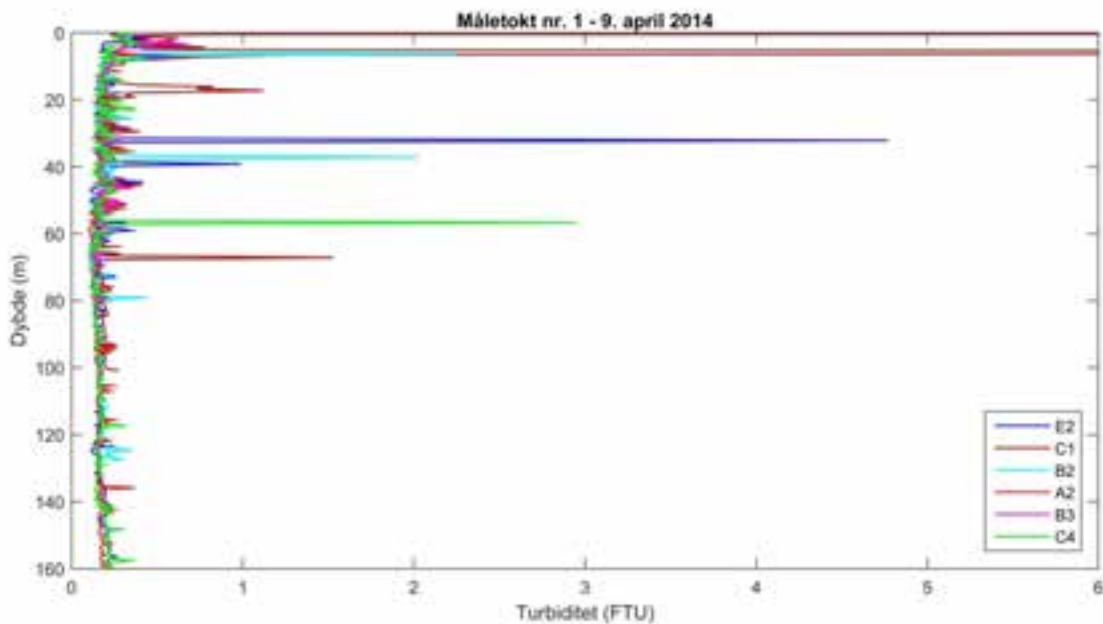
Figur 6. Eksempel på en partikkelsky som passerer målebøya. Målinger i 2 m er vist med blått og målinger i 30 m vist med grønn linje.

3.2 Målestasjoner

De seks overvåkingsstasjonene var plassert som vist i **Figur 2**. Resultatene fra måletokt nr. 1 til nr. 5 er vist i **Figur 7** til **Figur 11**.

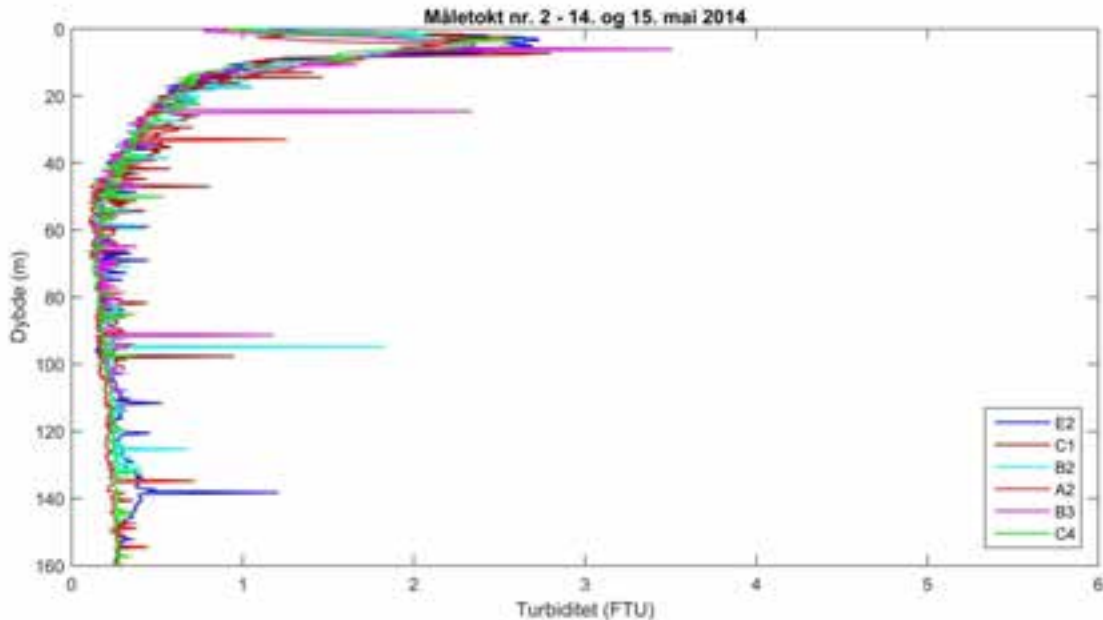
I resipientundersøkelsen utført i 2013 ble det vist noe forhøyet turbiditet på stasjon A2 innenfor terskelen Sandsfjordsystemet. Dette ble forklart med modellering og strømmålinger som viste at det typiske sirkulasjonsmønsteret i fjorden med strøm utover i overflata og strøm innover i fjorden over terskeldypet på 100 m. Kompenasjonsstrømmen ville føre partikler sluppet ut fra Norsk Stein innover i fjorden. I overvåkningen fra 2014 er det ikke vist forhøyede turbiditetsverdier over 1 FTU på stasjon A2 (se **Figur 7** til **Figur 11**).

På måletokt nr. 1 som er vist i **Figur 7**, var turbiditeten generelt lav på alle stasjoner. På stasjon C1 var det en partikkelsky i 6 m dyp med høyeste verdi 24 FTU. Denne skyen bredte seg til stasjon B2.



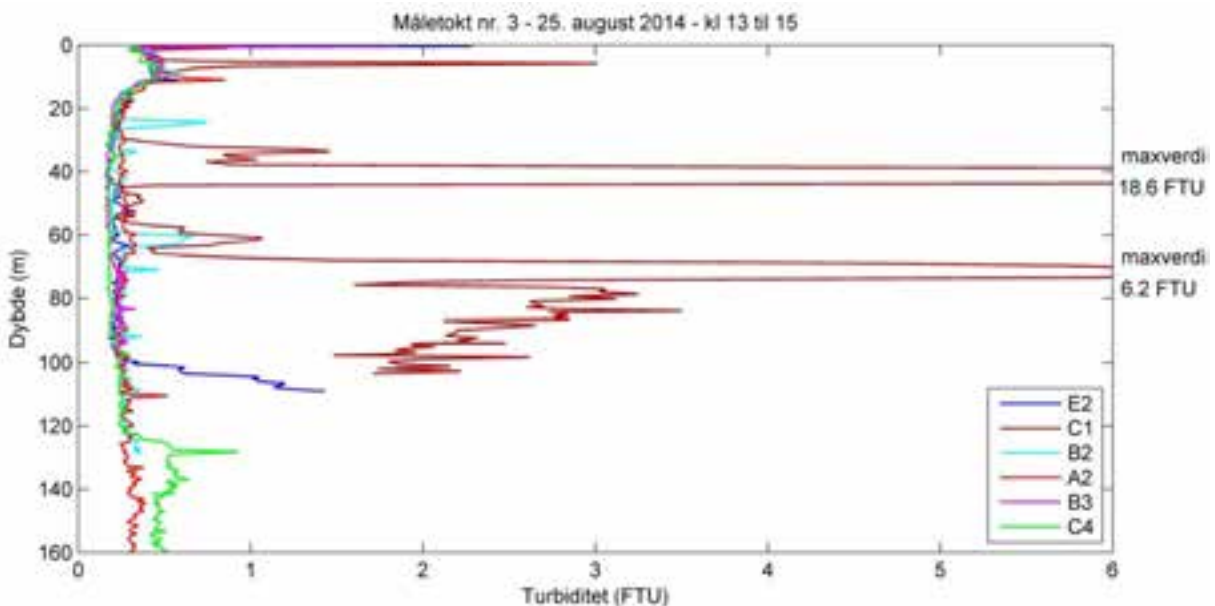
Figur 7. Målt turbiditet på de seks målestasjonene fra måletokt nr. 1. FTU = NTU \approx mg/l.

På måletokt nr. 2 som er vist i **Figur 8** var turbiditeten generelt forhøyet i hele fjordens overflatevann, med verdier over 2 FTU fra 0 til 10 m. Dette skyldes ikke partikkelspredning fra Norsk Stein, men forårsakes av alger. Dette bekreftes at sensoren for klorofyll fluorescens på CTD instrumentet (ikke vist).



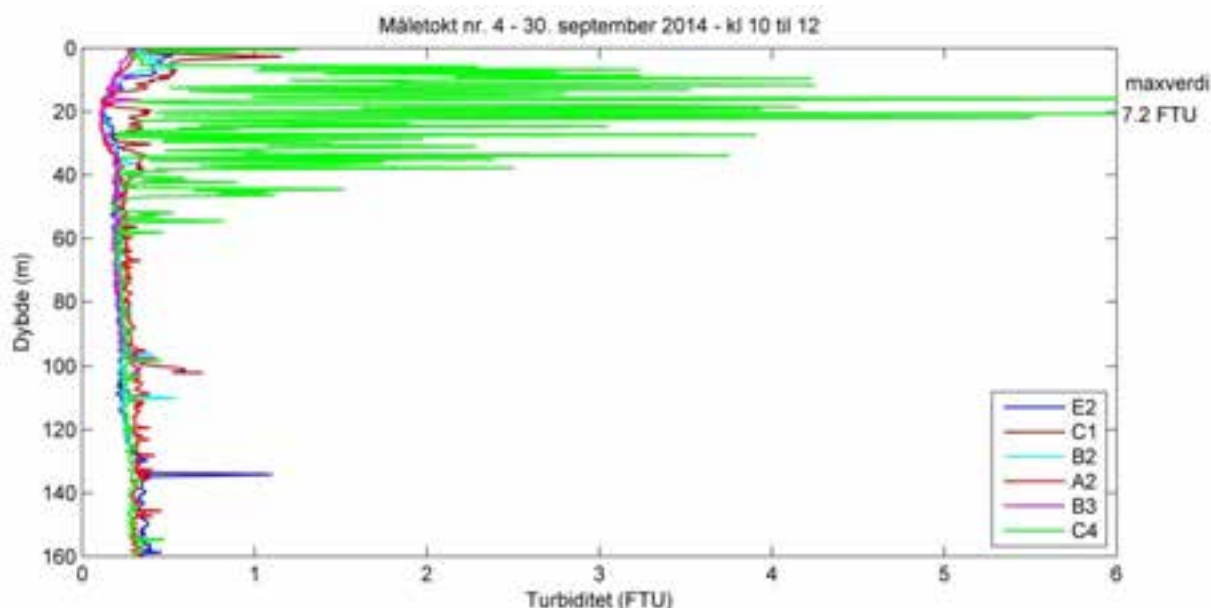
Figur 8. Målt turbiditet på de seks målestasjonene fra måletokt nr. 2. FTU = NTU \approx mg/l.

På måletokt nr. 3 som er vist i **Figur 9** var det på stasjon C1 flere partikkelskyer. Den høyeste verdien var 18.6 FTU på 40 m. Fra omtrent 60 m og ned til bunn var det forhøyet turbiditet med verdier fra 2 til 6 FTU. Deler av denne skyen blir transportert mot stasjon B2, men verdien her er likevel lav (mindre enn 1 FTU). Ellers var turbiditeten mindre enn 1 på alle stasjoner, bortsett fra nær bunn ved stasjon E2, hvor den høyeste verdien var 1.5 FTU.



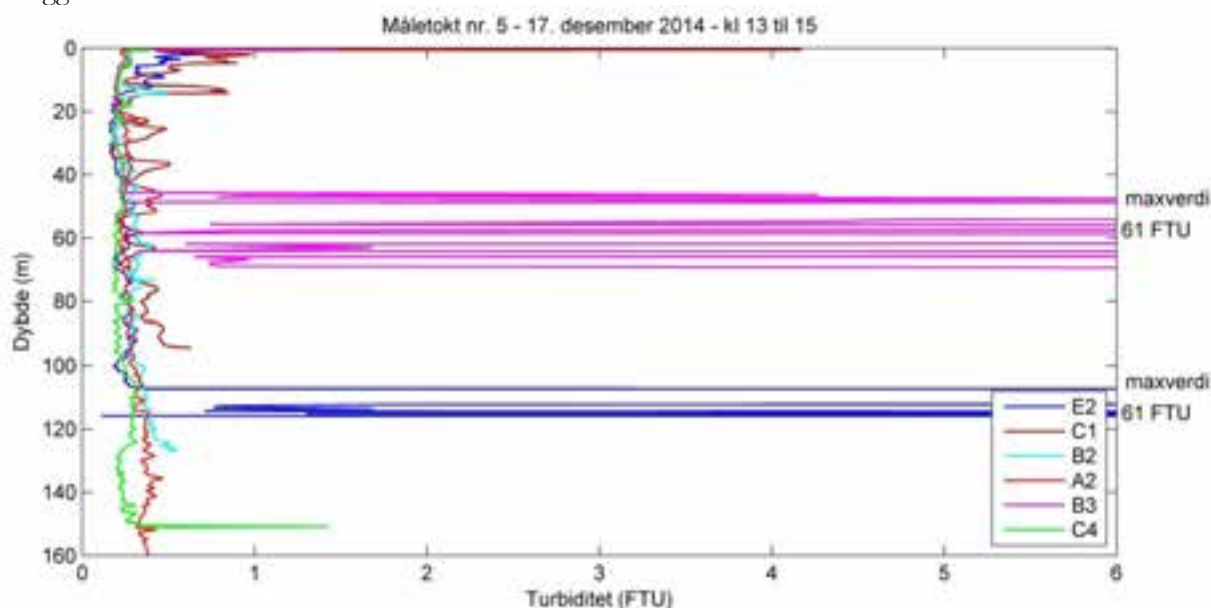
Figur 9. Målt turbiditet på de seks målestasjonene fra måletokt nr. 3. FTU = NTU \approx mg/l.

På måletokt nr. 4 som er vist i **Figur 10** var det lav turbiditet (mindre enn 1 FTU) på alle stasjonene, bortsett fra på stasjon C4, hvor den høyeste verdien var 7,2 FTU. Det må antas at de forhøyede verdiene på stasjon C4 skyldes at noe hadde festet seg på sensoren og ikke utslipp fra Norsk Stein.



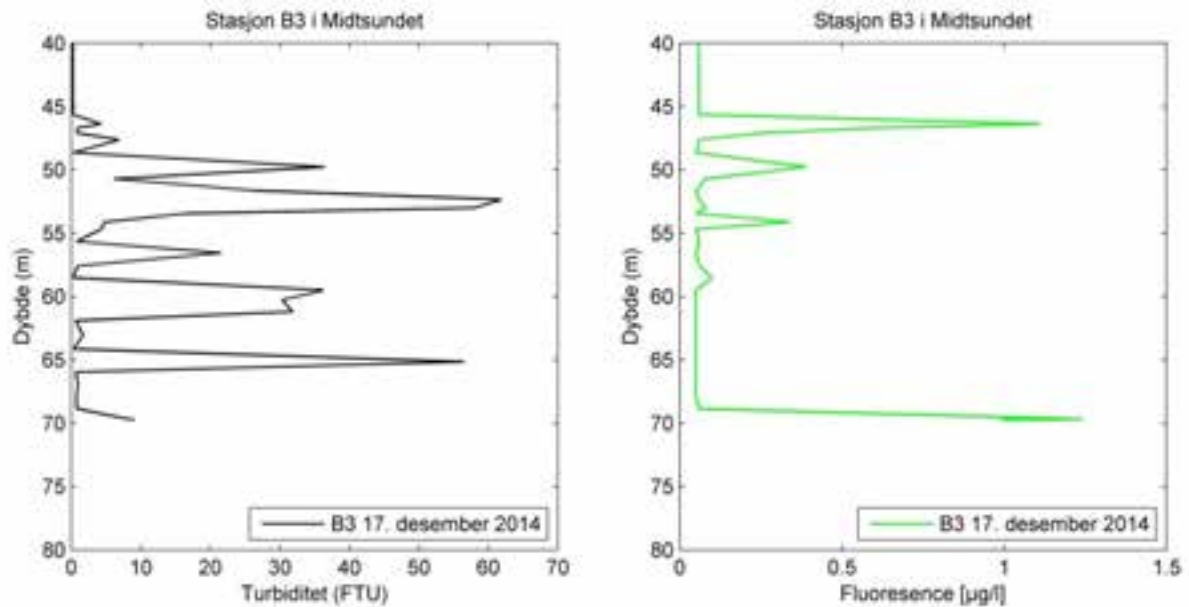
Figur 10. Målt turbiditet på de seks målestasjonene fra måletokt nr. 4. FTU = NTU \approx mg/l.

På måletokt nr. 5 som er vist i **Figur 11** var turbiditeten lav (mindre enn 1 FTU) på alle stasjonene, bortsett fra i overflaten på stasjon C1, hvor den høyeste verdien var litt over 4 FTU, nær bunn ved stasjon E2 og i dyp mellom 45-70 m ved stasjon B3 i Midtsundet. De høye verdiene ved stasjon E2 skyldes helt klart at måleren har vært nær bunn. De høye verdiene i Midtsundet er mest sannsynlig faktiske målinger, og ikke at noe har dekt til måleren. Dette sannsynliggjøres ved å sammenligne turbiditet og fluorescens målinger. **Figur 12** viser at det rett over partikkelskya (som ligger i 50-55 m dyp) er forhøyede fluorescensverdier (45-55 m dyp), som er typisk siden plankton ofte samler seg over slike partikkelskyer. Dette er også to forskjellige sensorer som er plassert på forskjellige steder på instrumentet. Det kan ikke utelukkes at denne partikkelskyen på stasjon B3 mellom ca 50-55 m dyp stammer fra Norsk Stein sitt anlegg.



Figur 11. Målt turbiditet på de seks målestasjonene fra måletokt nr. 5. FTU = NTU \approx mg/l.

Det er mulig at en partikkelsky har bredd seg fra Kvedanvika, mellom Kvitholmen og Kvitholmgrunnen. Fra resipientundersøkelsen i 2013 vet vi at det er typisk at partikkelskyene sprer seg denne veien. Deretter kan partikkelskyen ha blitt fraktet med kompensasjonsstrømmen inn gjennom Midsundet. Varigheten til slike episoder er mest sannsynlig kort, siden de ikke har blitt fanget opp i tidligere målinger.



Figur 12. Turbiditet (til venstre) og fluorescens (til høyre) i midsundet (stasjon B3) fra 40 m og ned til bunn.

4. Samlet vurdering

4.1 Spredning i overflatelaget

Kontinuerlig målinger av turbiditet i overflatelaget gjennom et helt år viser at partikkelkonsentrasjonen er lav på en fast stasjon plassert omtrent 700 m fra bukta hvor Norsk Stein slipper ut partikler. Ved enkelte anledninger passerer det partikkelskyer med en partikkelkonsentrasjon på typisk 5 – 10 mg/l og en varighet på noen timer. Et eksempel på en slik partikkelsky er vist i **Figur 6**. Det er ingen fare for forhøyede partikkelkonsentrasjoner ved noen av oppdrettsanleggene i nærheten, siden de ligger mye lenger borte (Austbø ca. 5 km lenger ut i fjorden eller Vintravika på den andre siden av fjorden mer enn 2 km unna).

Siden kontinuerlig overvåkning gjennom et helt år kun har vist forhøyede partikkelkonsentrasjoner av størrelsesorden 10 mg/l i korte perioder, så er vår vurdering at videre kontinuerlig overvåkning i overflatelaget ikke vil gi ytterligere opplysninger utover det som er dokumentert i denne rapporten, gitt at aktiviteten til Norsk Stein ikke blir betydelig større enn det den var i denne overvåkningsperioden.

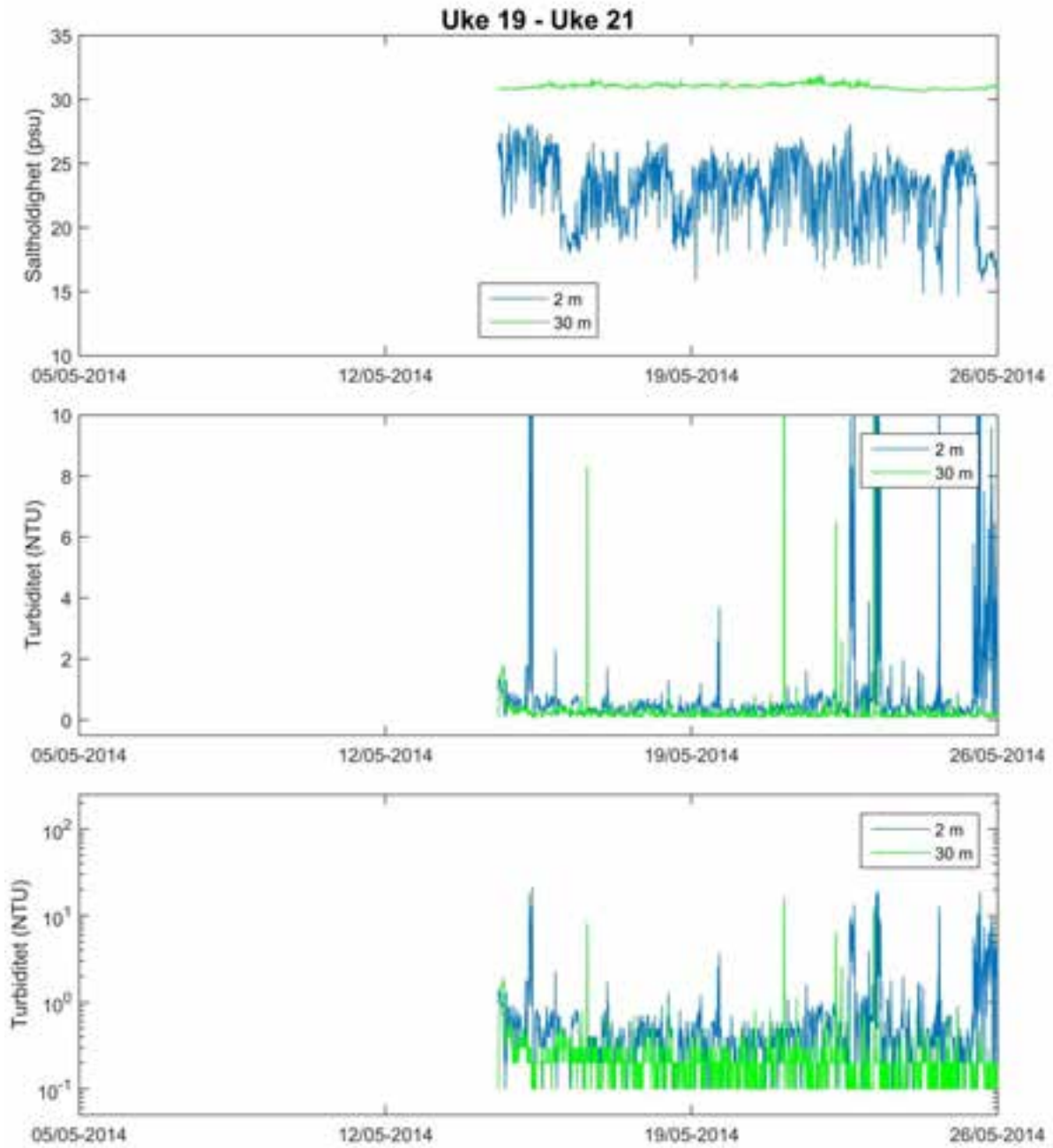
4.2 Spredning dypere i vannsøylen

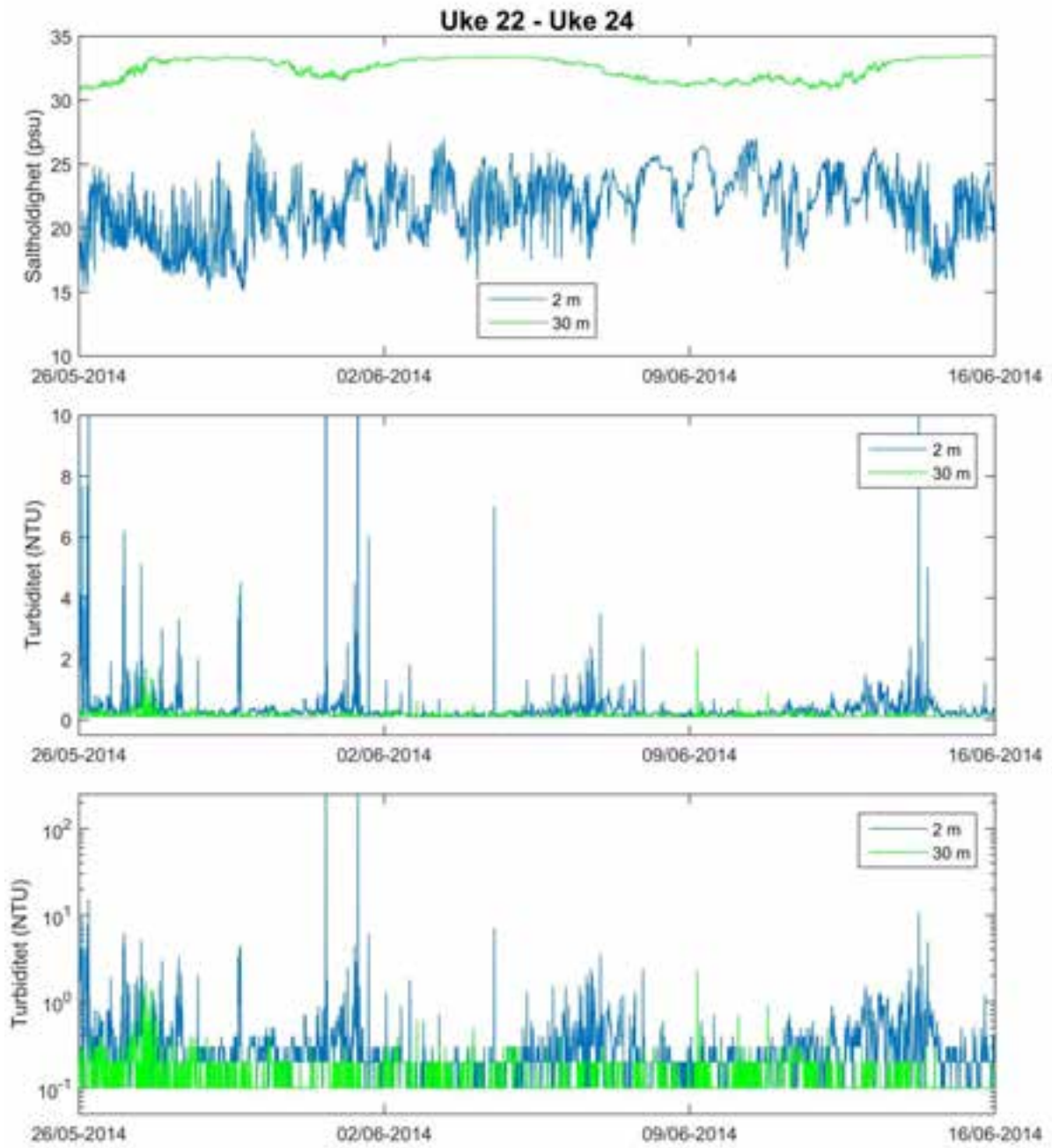
Ved måling av turbiditet på stasjoner i et transekt over terskelen gjennom Straumbersundet i februar og mars 2013, ble det tydelig vist spredning av partikler i mellomdyp innover i fjorden, og noe forhøyede turbiditetsverdier under terskeldyp på innsiden av terskelen (stasjon A2). Det ble bekreftet ved modellering av partikkelspredning at dette spredningsmønsteret skyldes utslippet fra Norsk Stein i Kvednavika. Ved målinger på stasjon A2 ved fem anledninger har det ikke blitt påvist forhøyede partikkelkonsentrasjoner (se **Figur 7** til **Figur 11**). Det kan derfor konkluderes med at masser som er sluppet ut av Norsk Stein i perioden fra april 2014 til desember 2014 ikke har ført til forhøyede partikkelkonsentrasjoner på innsiden av terskelen. Mengden av masser som ble sluppet ut i 2014 har ikke blitt sammenlignet med mengden som ble sluppet ut i forkant av resipientundersøkelsen i 2013. Den viktigste variabelen for å vurdere spredning av partikler i fjorden er mengden som slippes ut fra Norsk Stein, og dette bør loggføres.

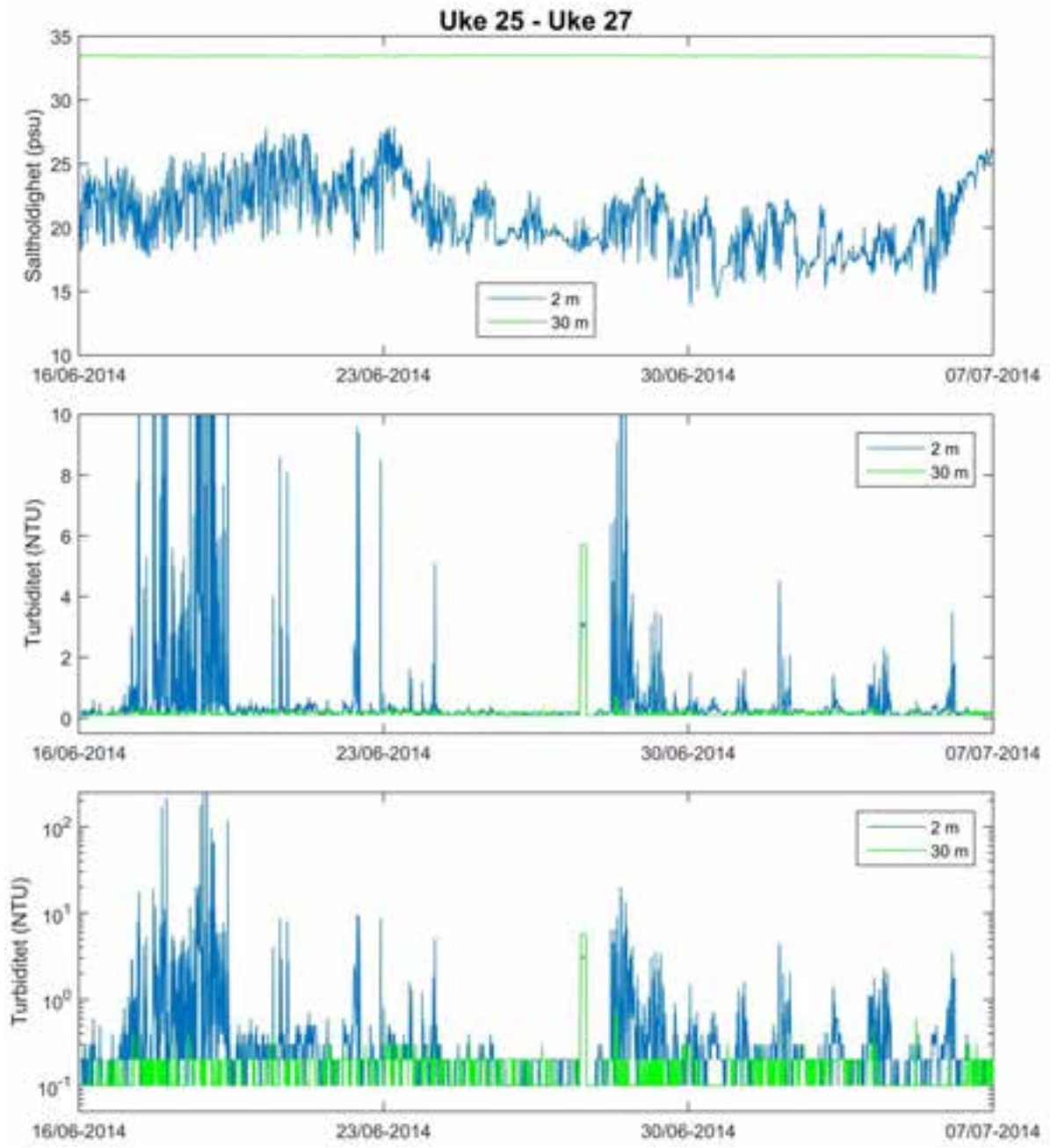
Generelt så ble det ikke fanget opp noen partikkelskyer med høyere turbiditet enn 5 FTU på andre stasjoner enn stasjon C1 som ligger svært nær utslippene. Et unntak er en registrering av turbiditet på opptil 60 FTU foretatt i Midtsundet 17. desember 2014. Denne registreringen er vanskelig å forklare og en kan ikke utelukke registreringen skyldes påvirkning fra Norsk Stein.

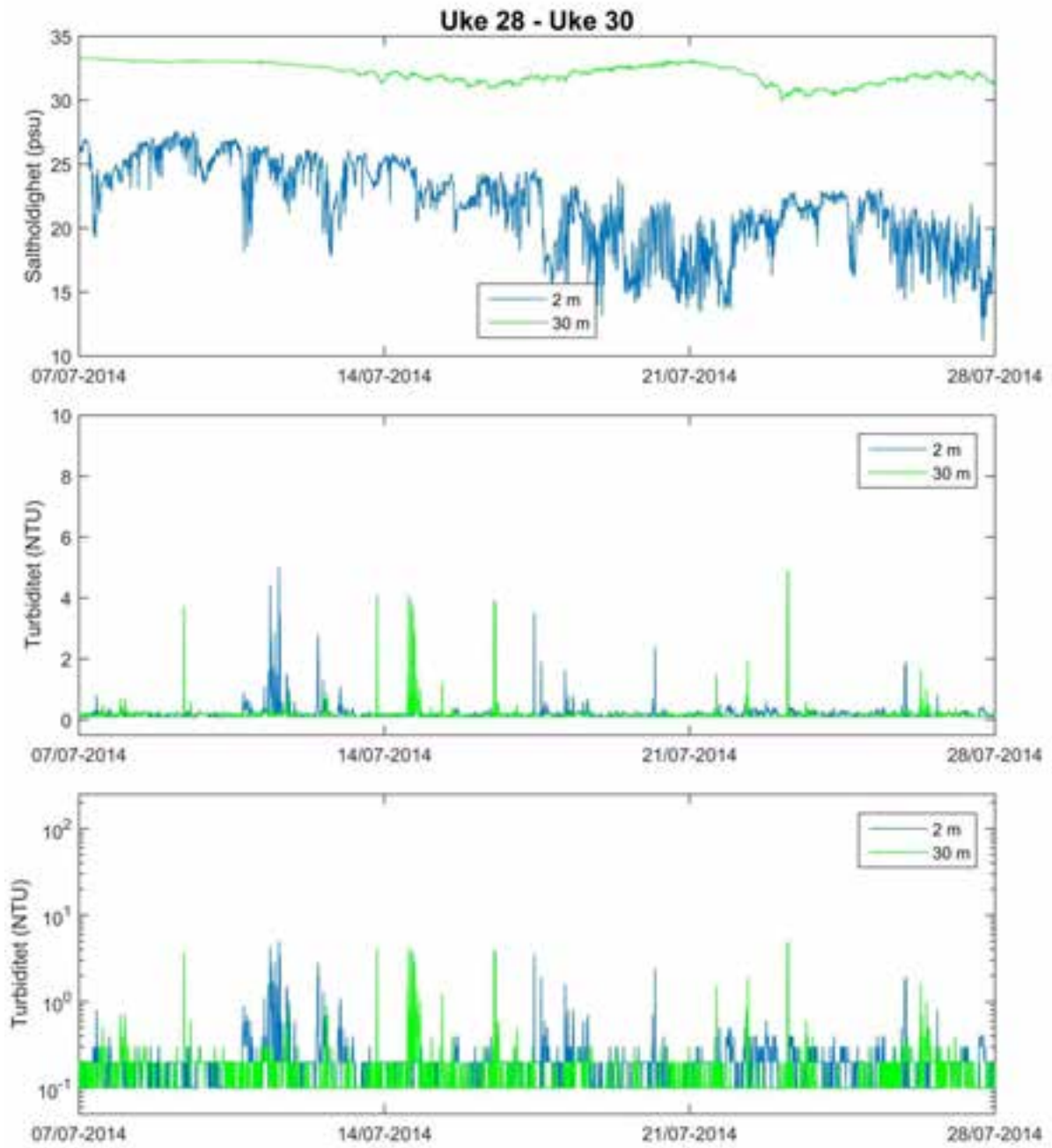
For å få et sikrere bilde av hvordan partikkelkonsentrasjonen i fjorden blir påvirket av utslipp fra Norsk Stein anbefales det at det måles turbiditet i fjorden, spesielt på stasjon B2 i Straumbersundet og på stasjon B3 i Midtsundet ved noen flere anledninger, hvor dette er planlagt slik at målingene blir foretatt etter at dumping av masse har blitt gjennomført av Norsk Stein i Kvednavika. Det har mindre hensikt å ta disse målingene på seks tidspunkter plassert jevnt utover gjennom sesongen, siden man da ikke er sikker på om konsentrasjonen man måler skyldes Norsk Stein sitt utslipp.

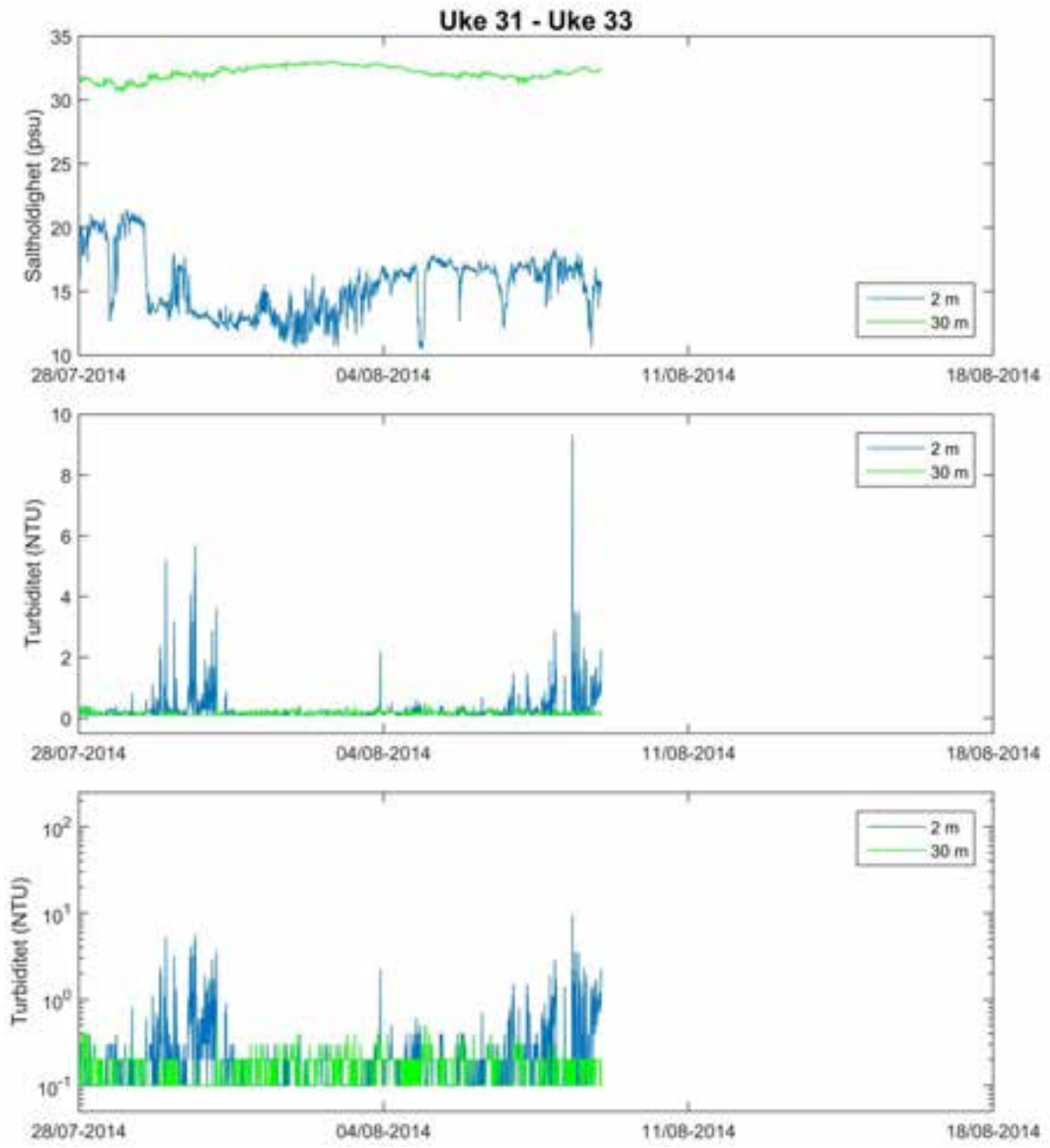
Vedlegg A. Ukeplott for målebøye

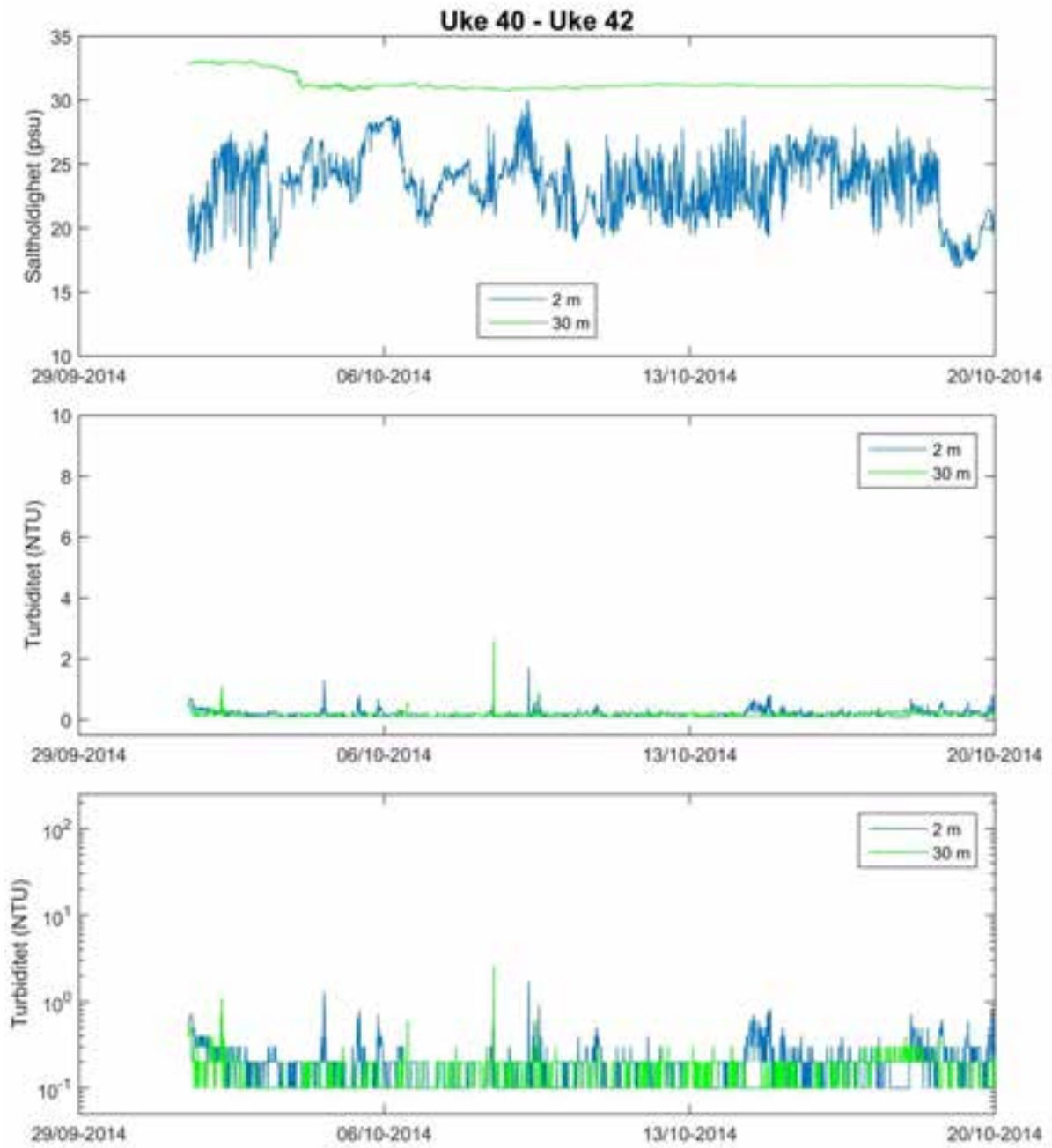


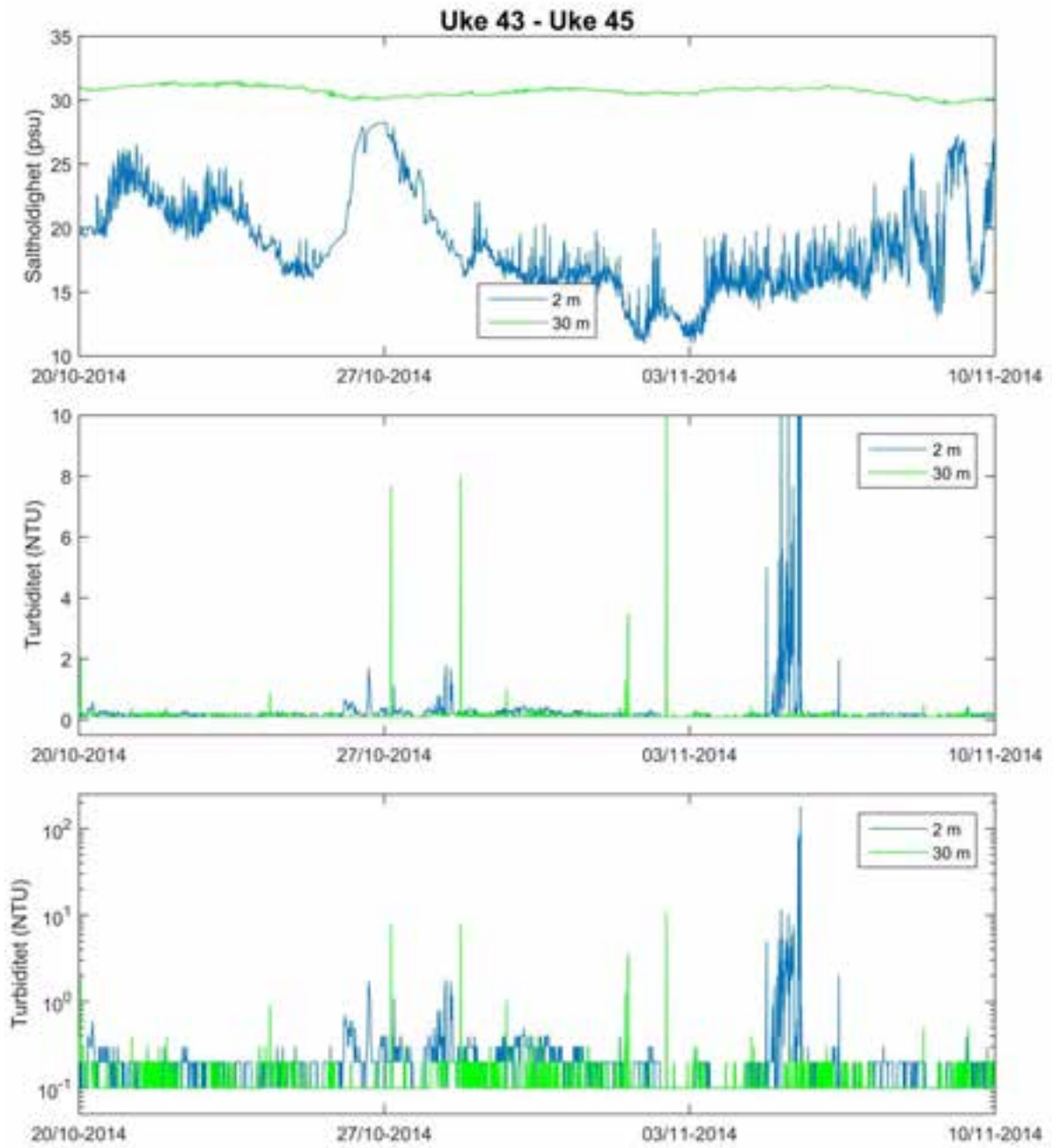


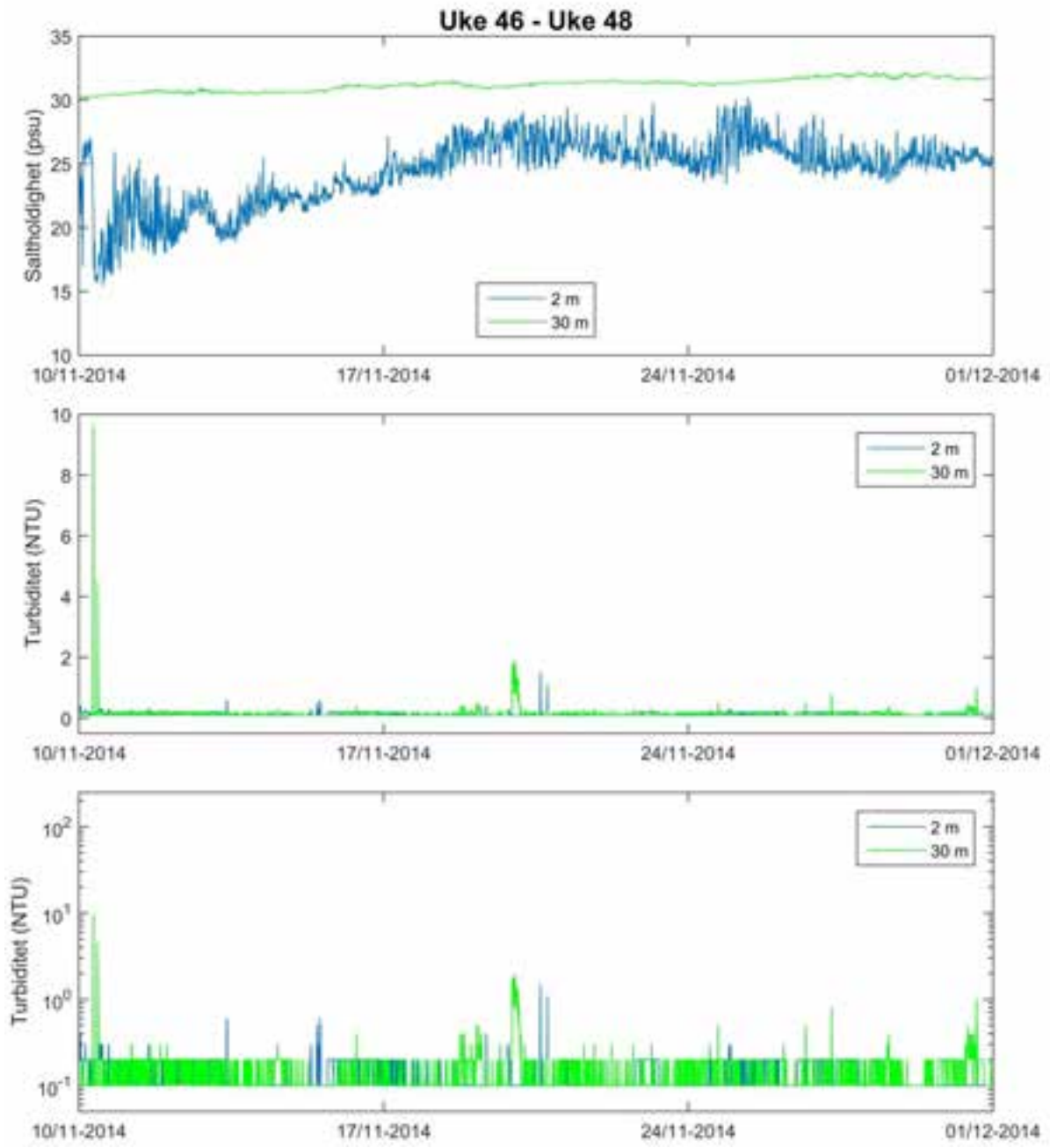


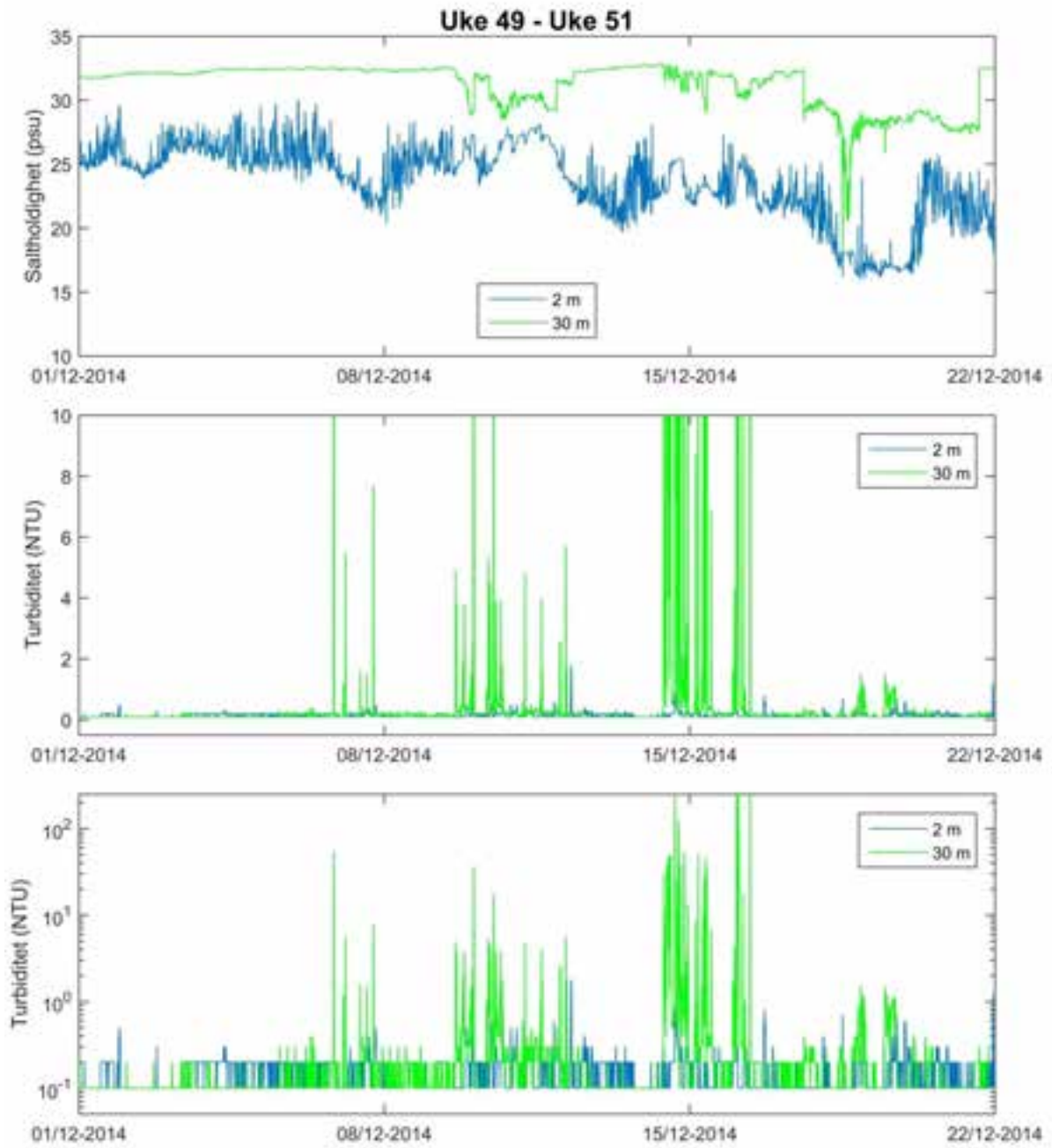


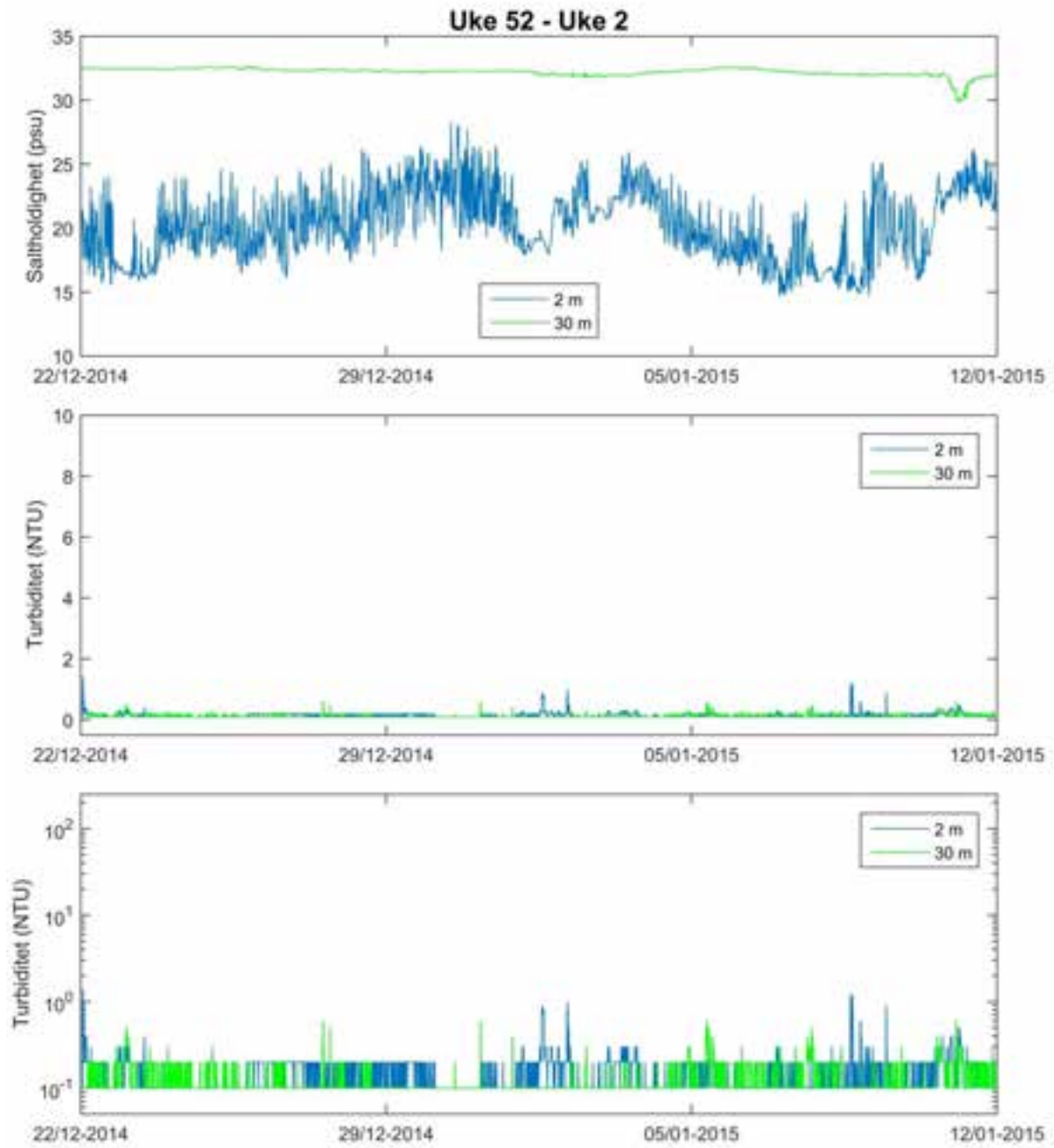


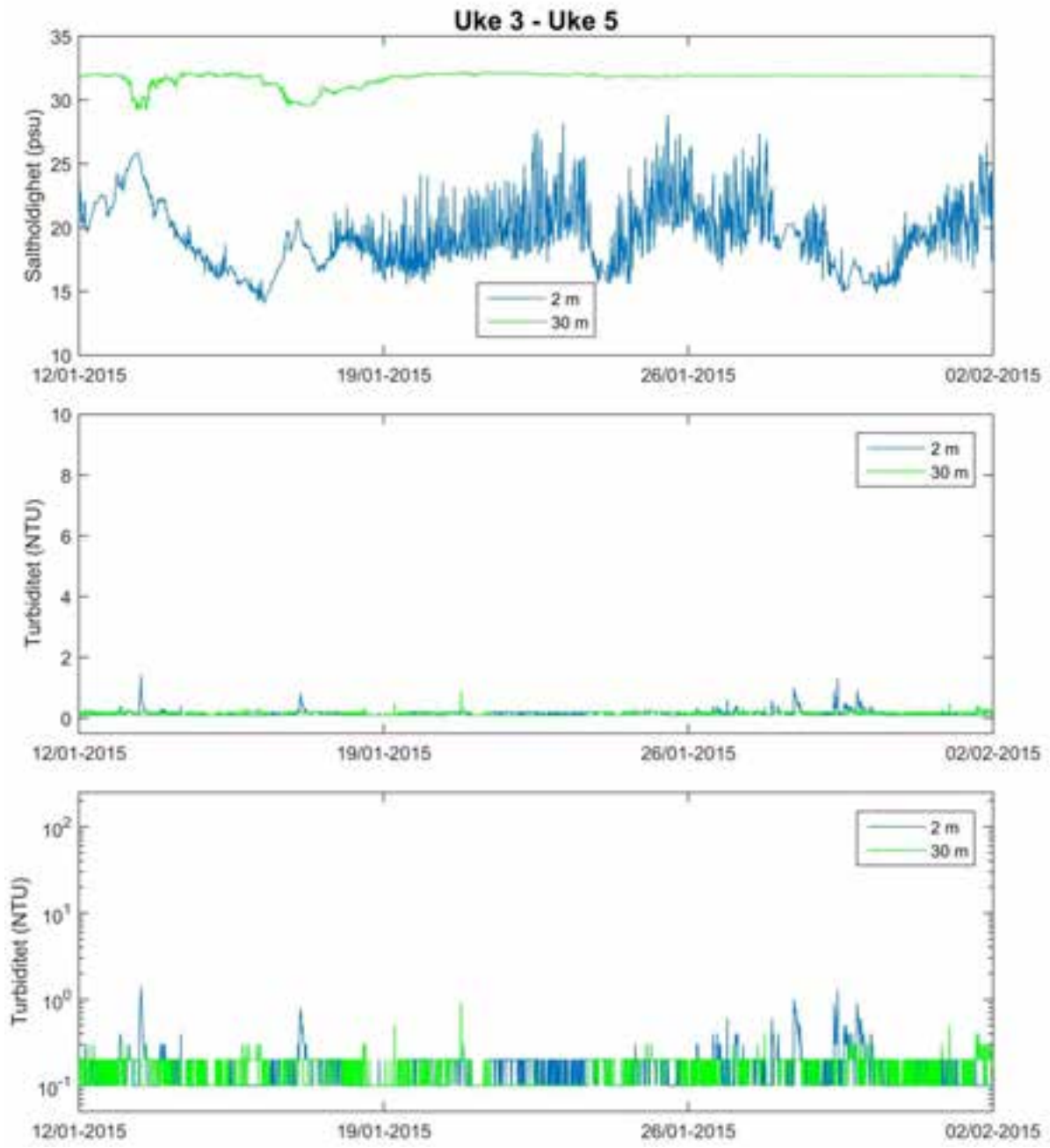


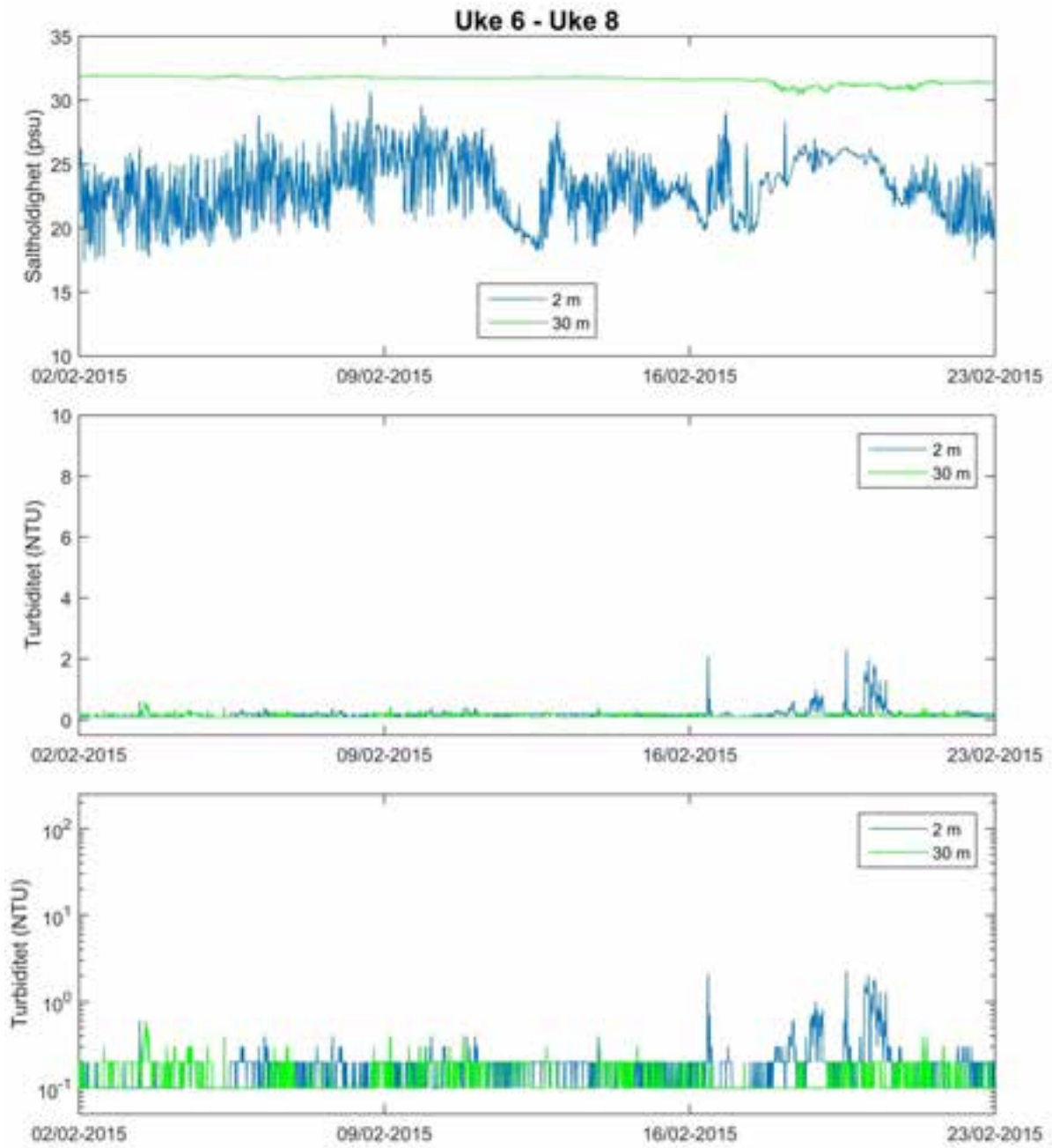


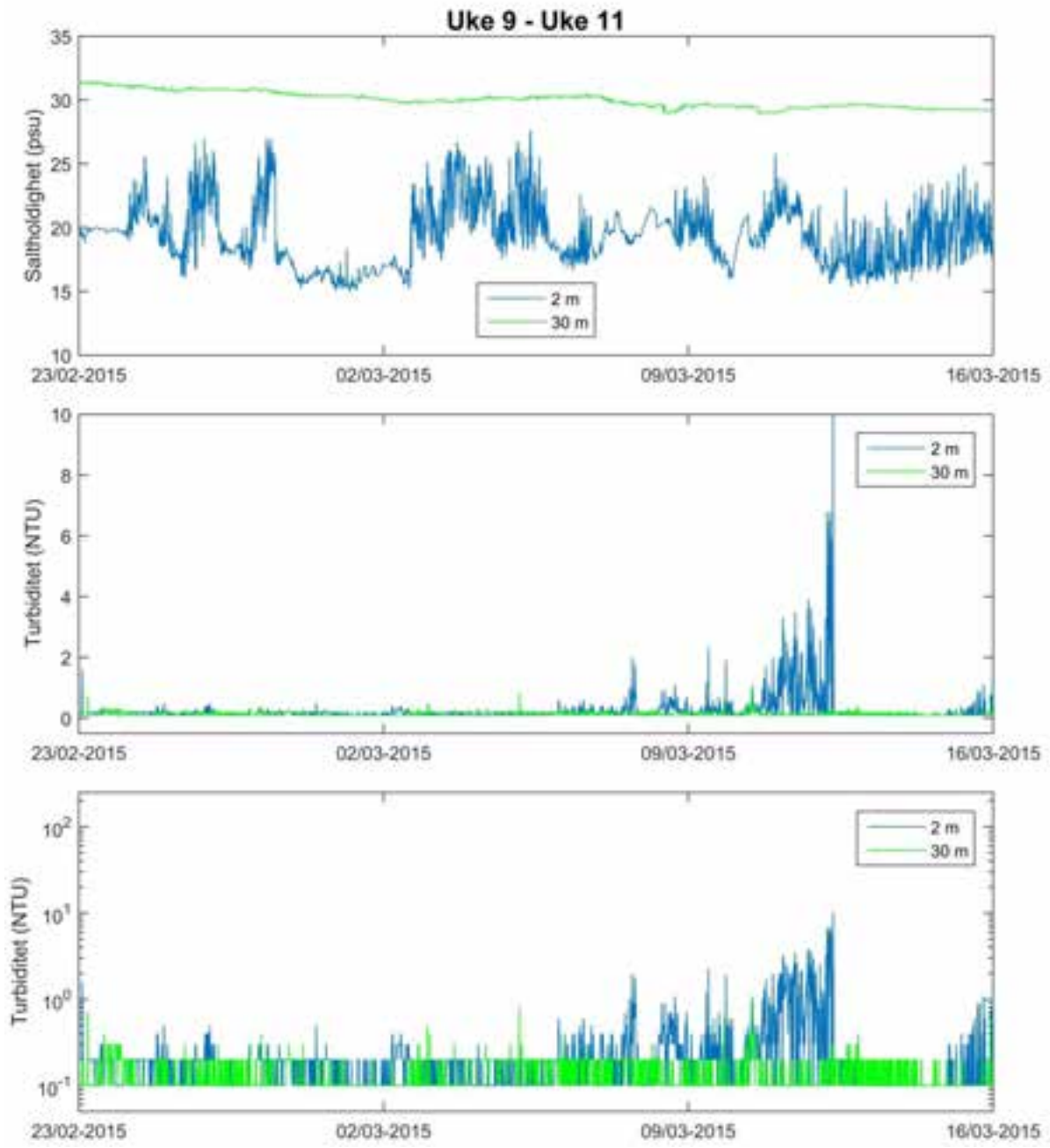


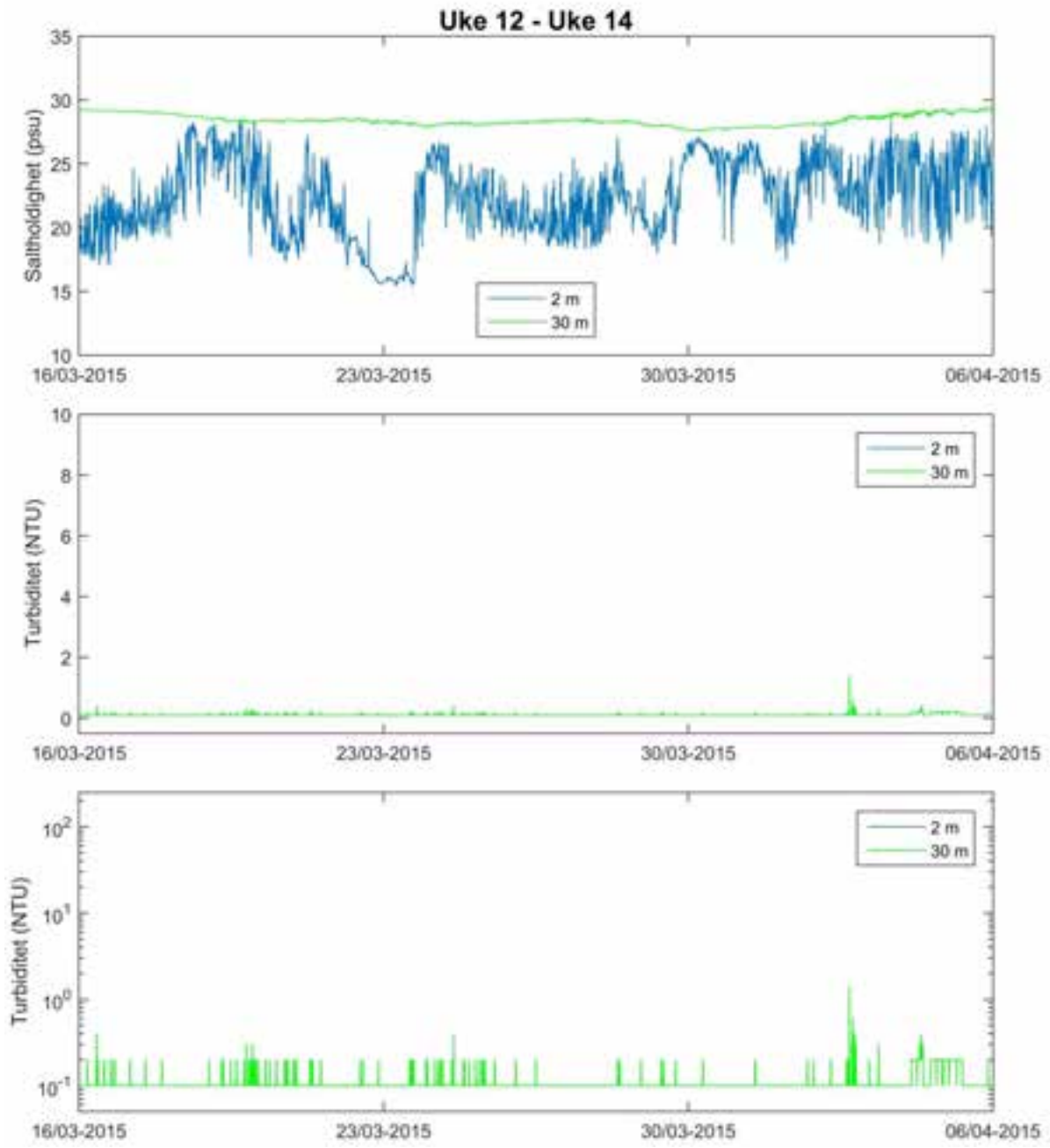


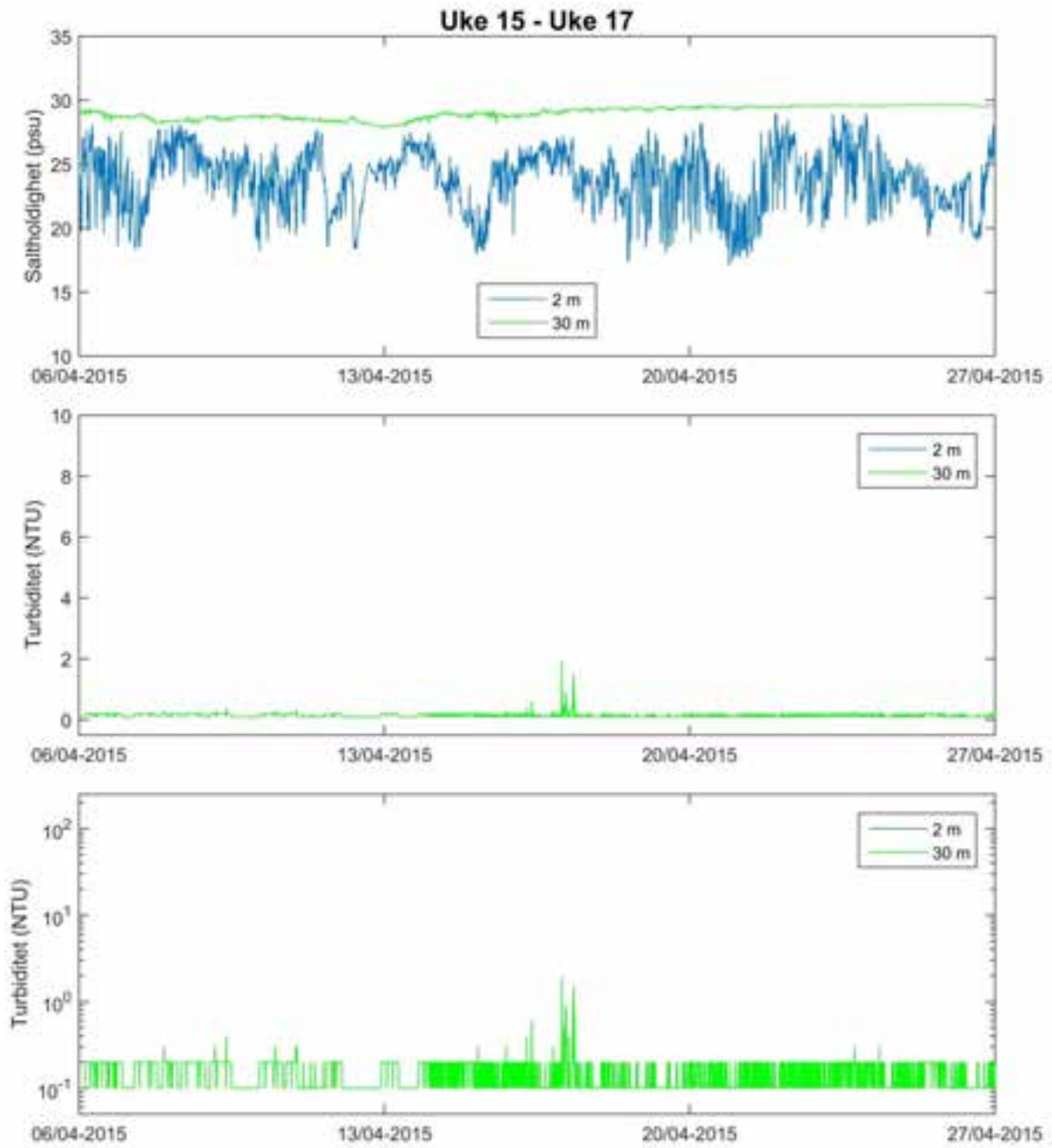


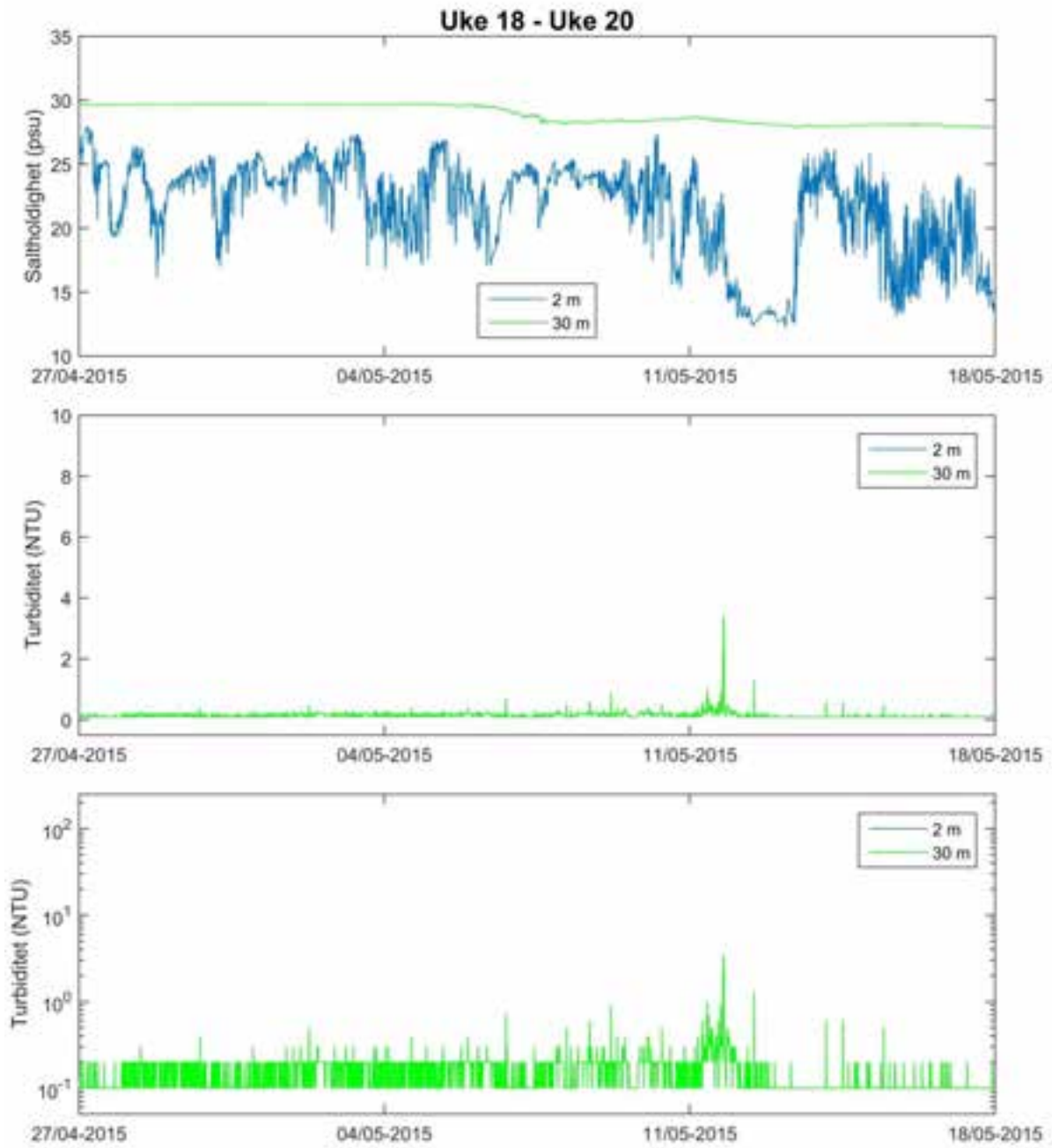


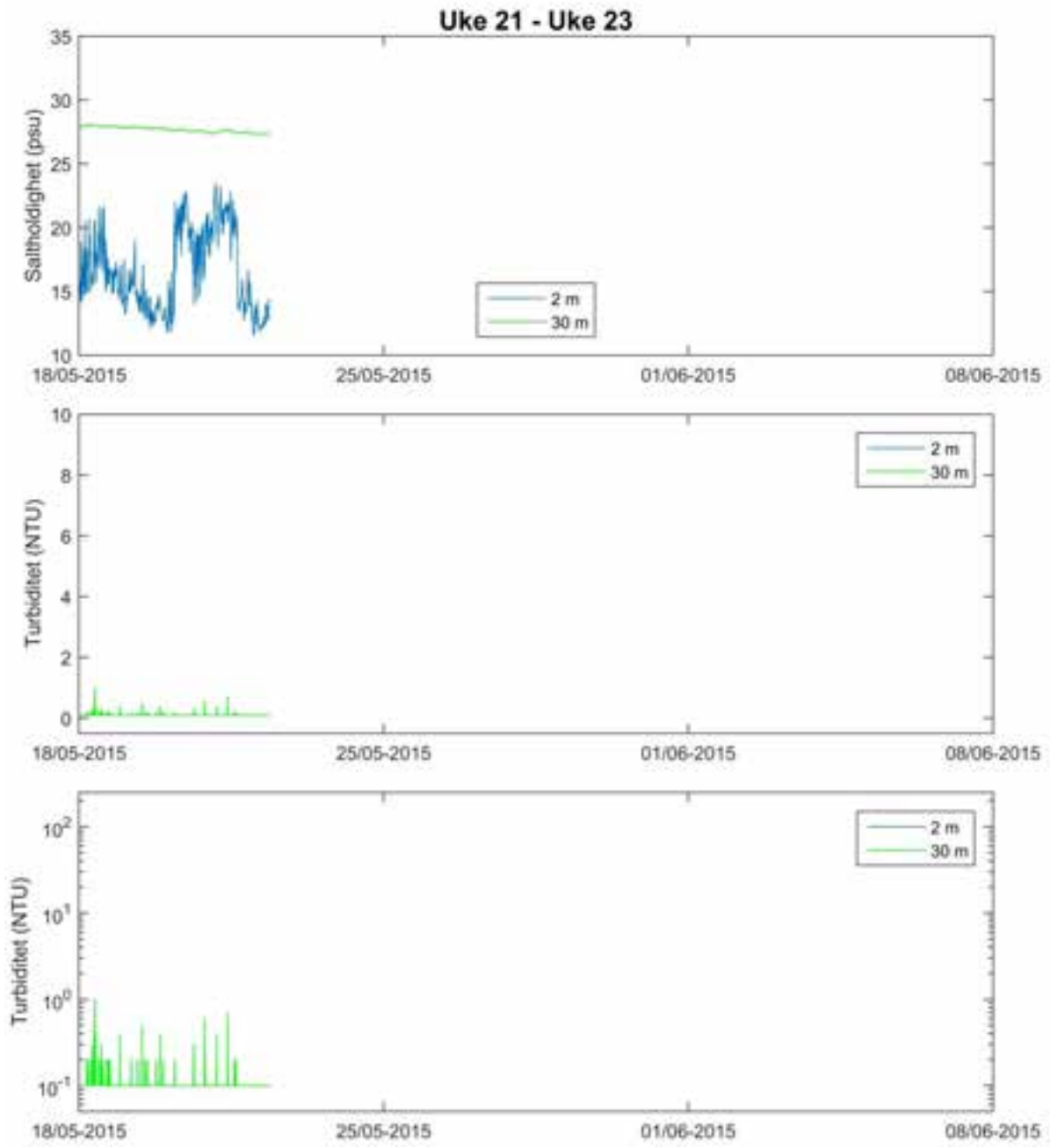












NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no