

Statens vegvesen region vest

Turbiditetsmålinger i Byfjorden ved testdropp tunnelmasser

Rogfast E03 Utfylling Mekjarvik



Oppdragsnr.: 5186231 Dokumentnr.: RIM01 Versjon: J02
2018-11-07

Oppdragsgiver: Statens vegvesen region vest
Oppdragsgivers kontaktperson: Mona Bue
Rådgiver: Norconsult AS, Jåttåflaten 27, NO-4020 Stavanger
Oppdragsleder: Silje Nag Ulla
Fagansvarlig: Bente Breyholtz
Andre nøkkelpersoner:

| J02 | 2018-11-07 | Til bruk | Silje Nag Ulla | Bente Breyholtz | Silje Nag Ulla |
|---------|------------|---------------------------------|----------------|-----------------|----------------|
| D01 | 2018-10-25 | For gjennomsyn Statens Vegvesen | Silje Nag Ulla | Bente Breyholtz | Silje Nag Ulla |
| Versjon | Dato | Beskrivelse | Utarbeidet | Fagkontrollert | Godkjent |

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

Norconsult har på vegne av Statens Vegvesen undersøkt partikkelpåvirkning på et gytefelt i Byfjorden i forbindelse med dumping av sprengstein fra én tunnelsalve. Formålet med forsøket var å skaffe grunnlag for å vurdere omfanget av partikkelovervåking i forbindelse med en større utfylling (Rogfast E03) på Mekjarvik.

I forsøket var det ønskelig å fange opp én situasjon med stillestående vann (ved topp høyvann) og én situasjon med strømretning fra utfyllingsstedet til gytefeltet (ved avtakende høyvann).

Forsøket ble utført 1. oktober 2018. Det ble dumpet én tunnelsalve med sprengstein i sjøen ved planlagt fyllingsfot fordelt på 7 dropp fra lekter. Det ble målt turbiditetsprofiler i 4 punkt. Målingene ble utført i perioden 14.45 – 20.25. Totalt ble det utført 72 profilmålinger.

Resultatene viser at det ble påvist en noe forhøyet turbiditet innenfor gyteområdet og at forhøyningen kan antas å skyldes dumping av sprengstein. Målingene viser at perioden med forhøyet turbiditet er tidsbegrenset. I måleperioden ble det påvist høyest turbiditet i utkanten av gyteområdet ca. 10 minutter etter siste dumping. Etter dette avtok turbiditeten raskt. For sammendrag av målt turbiditet ved stasjon T4V og T4M henvises det til figur 6 og figur 11.

Fra utkanten av gyteområdet (stasjon T4V) og 250 m lenger nord (stasjon T5V) ble det målt en fortynningsgrad på 2,2 ganger.

Den forhøyede turbiditeten er påvist i et vanddyp på ca. 13 – 20 m. Fordelingen av partikler i vannsøylen antas å skyldes lagdeling av vannmassene som følge av ulik saltholdighet.

Vannlaget hvor det er påvist forhøyede partikkelnivåer ser ut til å følge retningen på tidevannet, men kan også skyldes en kompenserende strøm som følge av vindretning motsatt vei.

Det ble ikke påvist forhøyede partikkelkonsentrasjoner i overflatelaget (0-10 m). Dette laget kan imidlertid være mer dominert av vindretning enn tidevannsretning. Vindretningen var motsatt vei av tidevannsretningen under forsøket.

Resultater fra automatisk overvåking ved IRIS sitt vanninntak (T3) viste ingen utslag på forhøyet turbiditet.

I Miljødirektoratets behandling av sjødeponi i Repparfjorden i 2016 (Miljødirektoratet, 2016) ble det vist til vitenskapelige publikasjoner der et partikkelinnhold på 2-5 mg/l ble vist å kunne gi negativ påvirkning på fisk, egg og larver i gyteområder. Høyeste påviste konsentrasjon i forbindelse med de 7 droppene på utstrømmende tidevann ble målt til 6,67 FTU (man kan grovt anta et forhold på 1-1 ved omregning fra FTU til mg/l for mineralske partikler). På bakgrunn av dette kan man forvente at en fremtidig utfylling vil kunne gi negativ påvirkning på gyteområdet som er avtegnet i Fiskeridirektoratets database. Dette forsøket tilsier imidlertid at påvirkningen vil være periodevis (i forbindelse med utstrømmende vann) og knyttet til ytre del av gyteområdet.

Innhold

| | | |
|----------|-----------------------|-----------|
| 1 | Innledning | 5 |
| 2 | Bakgrunn | 6 |
| 2.1 | Beskrivelse av forsøk | 6 |
| 2.2 | Gyteområder | 8 |
| 2.3 | Strøm i fjordsystemer | 9 |
| 3 | Utført arbeid | 11 |
| 4 | Resultater | 14 |
| 4.1 | Interpolerte data T4V | 15 |
| 4.2 | Interpolerte data T4M | 18 |
| 4.3 | Dybdeprofiler | 23 |
| 4.4 | T3 (83 m) | 25 |
| 5 | Vurdering | 26 |
| 5.1 | Målt hydrografi | 26 |
| 5.2 | Målt turbiditet | 26 |
| 6 | Konklusjon | 29 |

Vedlegg A: Excelark med rådata fra logging med CTD-sonde

Vedlegg B: Gridding reports kontourplott

Vedlegg C: Excelark med rådata fra automatiske målinger ved T3

1 Innledning

Norconsult er engasjert av Statens vegvesen region vest for å undersøke evt. partikkelpåvirkning på et gytefelt i Byfjorden i forbindelse med dumping av sprengstein fra én tunnelsalve. Formålet med forsøket var å skaffe grunnlag for å vurdere omfanget av partikkelovervåking i forbindelse med en større utfylling (Rogfast E03) på Mekjarvik.

I forsøket var det ønskelig å fange opp én situasjon med stillestående vann (ved topp høyvann) og én situasjon med strømretning fra utfyllingsstedet til gytefeltet (ved avtakende høyvann).

Dokumentasjon av partikkelpåvirkning ble gjort ved å måle turbiditet med håndholdt sonde i et utvalg målepunkter i utkanten av gyteområdet i en periode på ca. 7 timer den 1. oktober 2018.

Arbeid med boring av peler i sjø ved Stavanger havn Mekjarvik terminalen, ble satt på vent den aktuelle datoen forsøket pågikk for å unngå feilkilder

IRIS sitt vanninntak nord for utfyllingsområdet ble overvåket med kontinuerlig automatisk turbiditetsmålinger på et gitt dyp. Resultatene fra målingene i forsøksperioden er også inkludert i denne rapporten.

Målingene i dette forsøket omfatter ikke overvåking av ålegressengen i bukta nord for utfyllingsområdet ettersom det var teknisk svikt i utstyret som skulle måle kontinuerlig turbiditet automatisk i dette området under forsøket (T1).

Strømhastigheter, og hvor mye og til hvilket dyp strømmene i området påvirkes av vind sammenlignet med tidevann er ikke kartlagt.

2 Bakgrunn

Informasjonen i dette kapittelet er hovedsakelig basert på informasjon fra Fiskeridirektoratets kartløsning Yggdrasil, sehavnivå.no, Havforskningsinstituttets hjemmesider og følgende dokumenter:

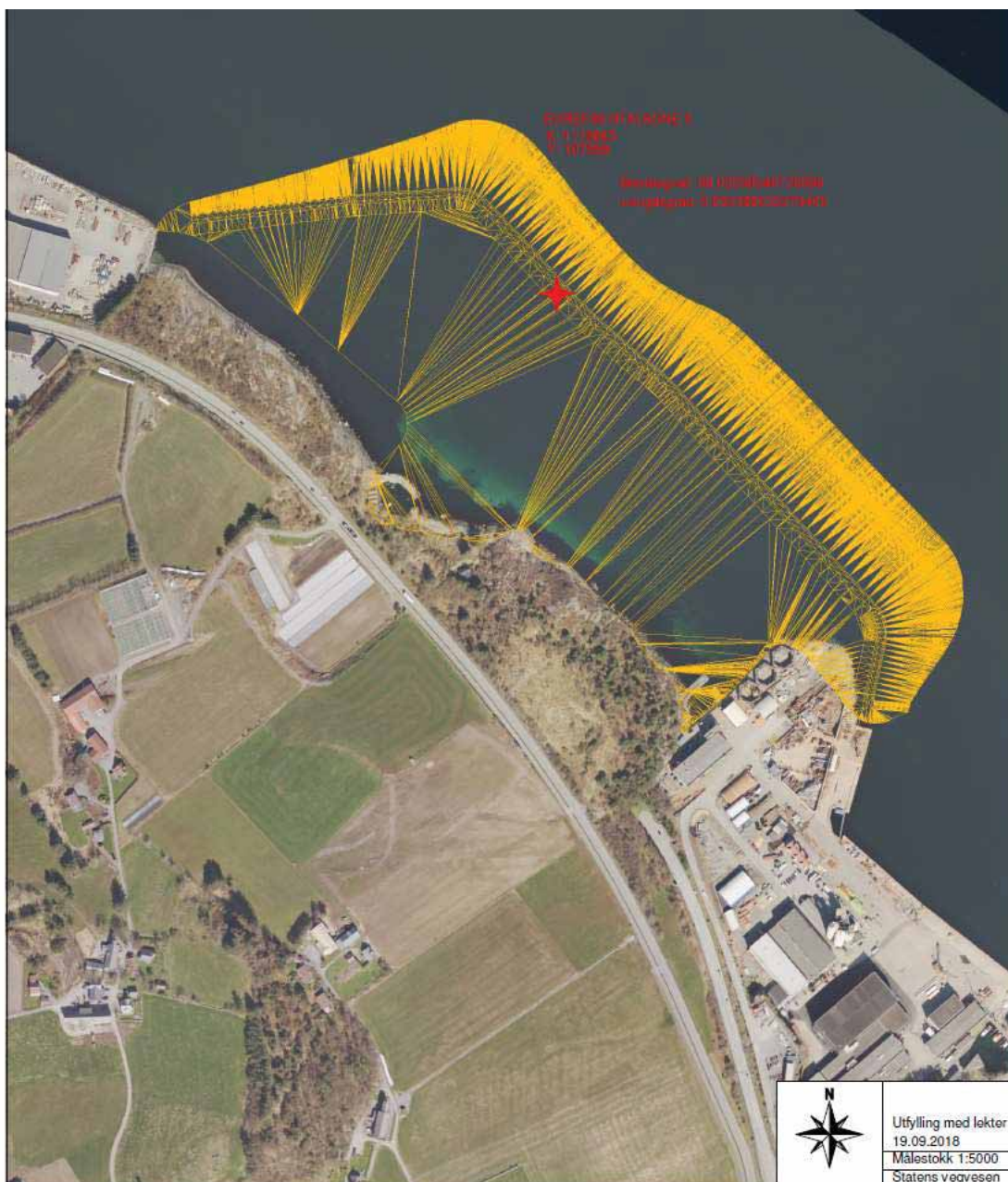
- E39 Rogfast – søknad om bruk av lekter til testdumping av sprengstein i forbindelse med målinger av partikkelspredning i Byfjorden, Statens vegvesen 2018.
- NO-129-YM Rogfast E11 – Overvåkningsprogram i Byfjorden ifb. utfylling av tunnelstein i sjø ved Mekjarvik_ver E03, Norconsult 12. april 2018.
- Statens Vegvesen region vest, Rammeavtale Naturmangfold, Avrop 13 Turbiditetsmåling ved gytefelt i Byfjorden, Statens vegvesen 2018.

2.1 Beskrivelse av forsøk

E39 Rogfast medfører et masseoverskudd som skal fylles ut i regulerte områder i sjø. Utfyllingsbehovet for masser fra entreprise E03 ved Mekjarvik er beregnet til ca. 3,4 millioner m^3 og skal dumpes i sjø ved bruk av lekter.

Forsøket beskrevet i denne rapporten skal være med å danne grunnlag for utarbeidelse av overvåkningsprogram for sjøfyllingen.

Planlagt utfyllingsareal er vist i figur 1 med oransje omriss. I forsøket skulle det fylles ut én tunnelsalve (ca. 900 løse m^3 steinmasser) fordelt på flere dropp med lekter ved planlagt fyllingsfot til E03 (rødt kryss i figur 1). Dybde i droppområdet er mellom 40-60 m ifølge sjøkart.



Figur 1: Oversikt over berørt utfyllingsareal i entreprise E03 (gule streker). Dropp-punkt er merket av med rød stjerne. Kilde: Statens vegvesen.

2.2 Gyteområder

Det er registrert to gyteområder for torsk hhv. 500 m og 2 500 m i strømningsretning nord for utfyllingsområdet (figur 2). Det er gyteområdet nærmest utfyllingsområdet som har vært i fokus i forbindelse med dette forsøket.



Figur 2: Informasjon om gyteområder for torsk nær utfyllingsområdet. Kilde fiskeridirektoratets kartløsning Ygdrasil.

Som oppsummert i NO-129 YM gjelder følgende for gyteområder for torsk:

- Gyteperioden foregår i flere omganger i perioden slutten av januar og ut mai
- Typisk gytedyp for norsk kysttorsk er 20 – 60 m, men gyting ned til 80 m kan forekomme der det foreligger spesielle bunnforhold.
- Eggene flyter i 2-3 uker på ca. 20 – 30 m dyp før klekking. Dypet eggene flyter på er bestemt av tetthetsforskjellen mellom egget og vannmassene og egg kan også finnes både grunnere enn 20 m og dypere enn 30 m.
- Etter klekking oppholder larvene seg i vannsøylen fra 20 m dyp og oppover, med høyest konsentrasjon fra 10 m og oppover. Larvene kan vandre vertikalt, typisk i de øvre 50 m av vannsøylen. Etter en periode på ca. 8 -10 uker søker de inn til grunnere mer beskyttede områder (områder med makroalger eller ålegras). Den mest sensitive perioden for larvene er frem til og med mai.

Dersom torsk som kommer inn for å gyte i Byfjorden møter på partikkelskyer vil fisken antagelig finne andre gyteplasser. Etablerte, foretrukne gyteplasser er gjerne av høy kvalitet/verdi for fisken og kvaliteten av evt. nye gyteplasser er ukjent. Dersom fisken gjentatte år (f.eks. 4 år) blir forhindret i å gyte i de opprinnelige gyteplassene vil informasjonen/hukommelsen om disse gyteplassene gå tapt pga. at eksisterende gytefisk enten fiskes opp eller dør.

Det finnes få relevante studier som viser effekter på egg og larver i gyteområder som følge av partikkelpåvirkning til marine systemer. En av de grundigste gjennomgangene av nyere litteratur på dette området kan man finne ifb. Nordic Mining sin søknad om tillatelse til deponering av gruveslam i Repparfjorden i Finnmark. I et av Miljødirektoratets svar på klager på tillatelsen skriver de følgende (Miljødirektoratet, 2016):

«Vi viser også til uttalelse fra Havforskningsinstituttet til Fiskeridirektoratet om tilleggsundersøkelsene (27.10.2014). De refererer til de samme rapportene fra New Zealand (Page 2014a, NIWA Client Report No WLG2014-7:1-22, 2014, Page 2014b, NIWA Client Report No WIG2012-61:1-22, 2014) og Fehmarnbelt ved Øresund, samt Australia and New Zealand Environment Conservation Council (ANZECC) når de gir anbefaling om en grense for marine fiskeegg og larver på 2 mg/l. De refererer også til grenseverdier på 2-5 mg/l for fisk/torsk.»

Med bakgrunn i dette kan man skjele til en grenseverdi på 2-5 mg/l partikler ved utslipp i dyp som kan påvirke egg og larver i gyteområder. 1 mg/l partikler tilsvarer ca. en turbiditet på 1 FTU for mineraliske partikler.

2.3 Strøm i fjordsystemer

Vannsøylen i fjordsystemer kan deles inn i ulike lag som oppstår på bakgrunn av tetthetsforskjeller. Tetthetsforskjellene kan skyldes ulik saltholdighet, trykk og temperatur. Overordnet kan man dele inn i tre lag/dybdesoner:

- Overflatelag (0-5 m tykt)
- Mellom-lag (mellom overflatelaget og terskelen)
- Fjordbasseng (dypere enn terskelen)

Overflatelaget transporterer i hovedsak ferskere vann ut fra fjorden. Inne i fjordsystemet kan man også finne en kompensierende strøm under overflatelaget. Strømmene i mellomlaget er avhengig av tetthetsforskjellene mellom ytre og indre kystvann, og transportene er gjerne betraktelig større enn i overflatelaget. Vannmassene i fjordbassengene er ofte stillestående og blir kun byttet ut med ytre kystvann av og til.

Strømmene i fjordene er sterkest og varierer mest i de øverste 10 - 20 m av vannsøylen. Ved siden av topografiske forhold er strømmene bestemt av ferskvannstilførsel, vind, tidevann og vannutvekslingen med kystvannet. I trange innløp, over terskler og i smale sund er det ofte sterkest tidevannsstrøm, mens periodevis høye strømhastigheter i de åpne delene av fjordene og indre kystområder som oftest er forårsaket av lokal vind. Vindrevet strøm har størst betydning i de øverste 10 - 20 m og er sterkest nær overflaten (Havforskningsinstituttet.no, Fjorder – vannutskifting og strøm).

Vindretning under forsøksperioden varierte i styrke, men ble registrert å være innover fjorden (mot sør-øst).

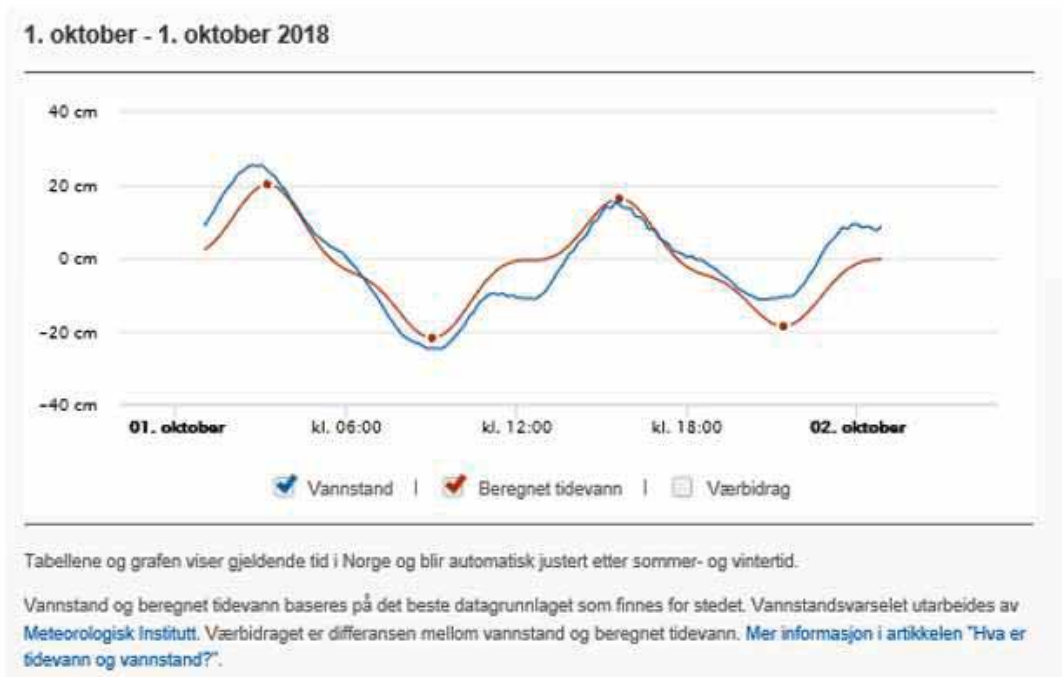
Tidevannsstrømning vil skje i fjordens lengderetning (nordvest – sørøst).

Det var spesielt ønskelig å fange opp to scenario i forhold til tidevann.

- 1) Lav strømningshastighet
- 2) Maksimal strømningshastighet i retning nord-vest (ut fjorden)

I Byfjorden ved Mekjarvik vil disse to scenarioene opptre ved hhv. topp høyvann og bunn lavvann (1) og midt mellom høyvann mot lavvann (2).

I følge nettsiden sehavnivå.no ville scenario 1 opptre kl. 15.37 og scenario 2 mellom kl. 15.37 og 21.24 den 1. oktober 2018.



Mandag, 01. oktober 2018

| Høy/lav | Tid | Beregnet tidevann |
|---|-----------|-------------------|
|  | kl. 03:13 | 20 cm |
|  | kl. 09:01 | -22 cm |
|  | kl. 15:37 | 16 cm |
|  | kl. 21:24 | -19 cm |

Figur 3: Utklipp fra sehavnivå.no, 24. oktober 2018

3 Utført arbeid

Arbeidene ble utført 1. oktober 2018 i perioden 14.00 – 21.00.

Dumping av masser fra lekter ble utført av Maritex marine AS.

Måling av hydrografi ble utført av Bjarte Espevik fra Kvitsøy sjøtjenester AS og Silje Nag Ulla fra Norconsult AS. Målingene ble utført fra båt.

Utstyret som ble benyttet var en CTD- sonde (Conductivity Temperature Depth) av typen SAIV. Sonden var utstyrt med instrumenter som målte følgende parametere: konduktivitet/salinitet (psu), temperatur (°C), turbiditet/partikkelinnhold (FTU), oksygen (mg/l og metnings%), tetthet og dybde (m). Sonden logget data hvert andre sekund. Det var festet et ca. 20 kg tungt lodd på i samme tau som sonden for å redusere drift med strømmen.

I tillegg var det uplassert en automatisk turbiditetslogger på 83 m dyp ved IRIS sitt vanninntak (T3).

Strategien med målingene var å senke og heve CTD-sonden fra overflaten til bunnen og opp til overflaten igjen i stasjon T4V i utkanten av gyteområdet nærmest utfyllingsområdet, da det var dette punktet som var mest sannsynlig å bli påvirket av utfyllingen. Dersom CTD-sonden viste utslag på turbiditet skulle man også flytte seg til andre målepunkter nord (T5V) og øst (T4M) for å kartlegge påvirkningen.

Det ble totalt utført 7 dropp i perioden 14.49 – 19.51. En logg over utførte dropp og feltobservasjoner er gitt i tabell 1.

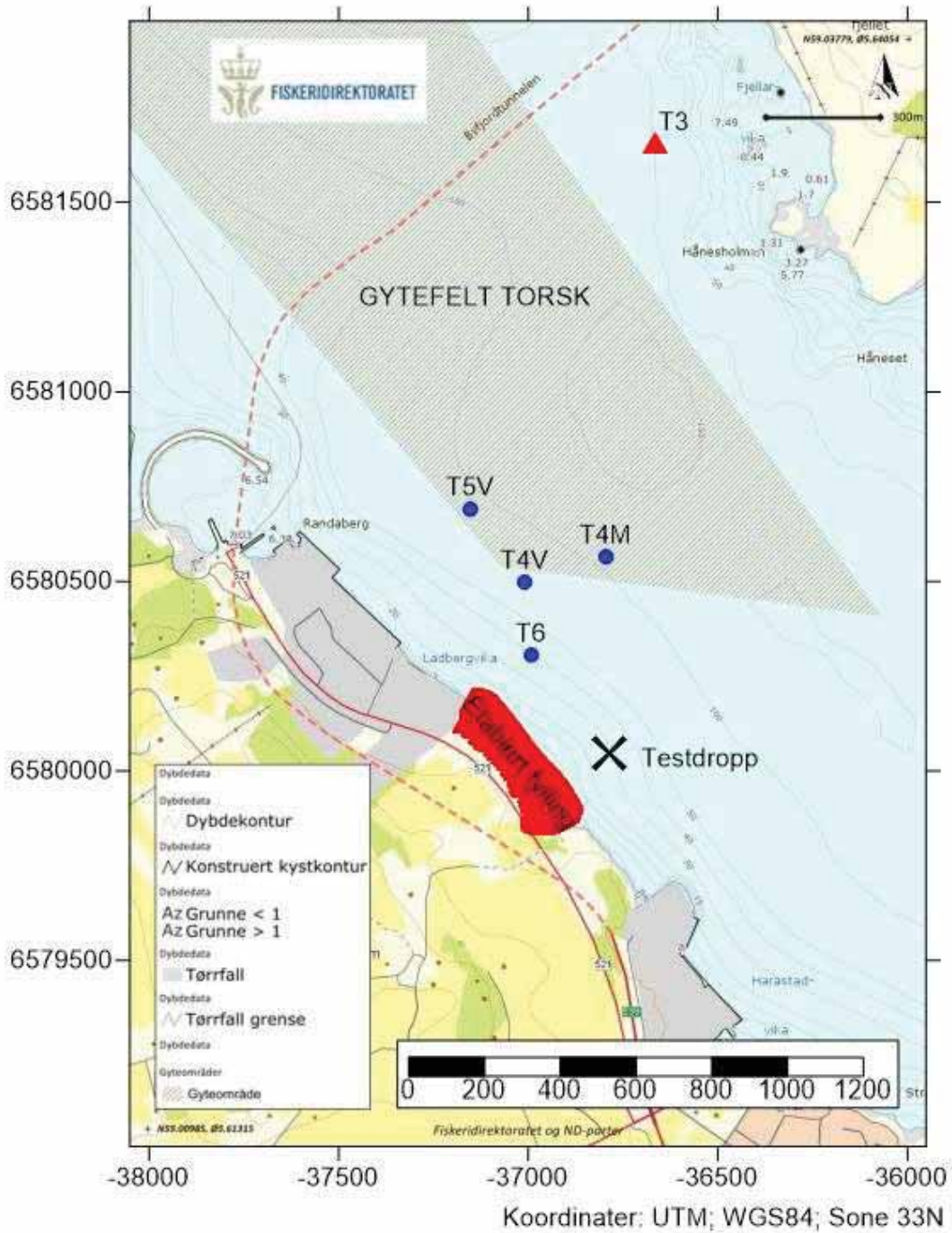
Tabell 1: Droptidspunkt

| Dropp | Tidspunkt | Kommentar |
|-------|-----------|---|
| 1 | 14.49 | Vind blåser inn fjorden. Mye vind og bølger. |
| 2 | 15.47 | Vind blåser inn fjorden. |
| 3 | 16.38 | Vind blåser inn fjorden. |
| 4 | 17.26 | Vind blåser inn fjorden. Noe roligere vind og bølger. |
| 5 | 18.15 | Vind blåser inn fjorden. Mye vind og bølger. |
| 6 | 19.06 | Vind blåser inn fjorden. Noe roligere vind og bølger |
| 7 | 19.51 | Vind blåser inn fjorden. |

Det ble målt profiler i 4 punkt. Målingene ble utført i perioden 14.45 – 20.25. Totalt ble det utført 72 profilmålinger. Koordinater (WGS 84 UTM N33) og dybde på målestasjoner er vist i tabell 2 og plassering av målestasjoner i forhold til utfyllingsområdet på figur 4.

Tabell 2: Målepunkter for hydrografiprofiler

| Punkt | UTM33N - X | UTM33N - Y | Dybde (m) | Avstand utfyllingsområde (m) | Profiler |
|-----------|--------------|-------------|-----------|------------------------------|----------|
| T4V | -37008 | 6580498 | 65 | 500 | 54 |
| T4M | -36794 | 6580565 | 104 | 520 | 14 |
| T5V | -37151 | 6580691 | 81 | 750 | 2 |
| T6 | -36991 | 6580305 | 39 | 330 | 2 |
| | | | | | |
| T3 | -36663,276 | 6581656,975 | 93 | 1600 | - |
| | | | | | |
| Testdropp | -36788,29712 | 6580044,478 | 40 -60 | 0 | - |



Figur 4: Oversikt over plassering av målestasjoner i forhold til droppsted og gytefelt

4 Resultater

Det bemerkes at det var en forskyvning i klokkeslett på CTD-sonden som ble benyttet under forsøket på ca. – 4 minutter. For en nøyaktig klokkeslettanvisning må man derfor trekke fra 4 min på alle måledata vist i resultater og omtalt i teksten.

Resultatene fra målingene i punkt T4V og T4M er behandlet i dataprogrammet Surfer (Golden Software) for fremstilling av interpolerte data for turbiditet, salinitet, temperatur og oksygen som funksjon av tid og dyp. Målepunkter er vist med små svarte prikker.

Det gjøres oppmerksom på at det er normalt at fisk, tang, søppel eller annet fast stoff i vannsøylen kan påvirke enkeltmålinger av turbiditet. Ved tolkning av figurene må man derfor fokusere på utslag som gjentas i samme dybde over tid eller påfølgende utslag i dybden i samme måling.

For å tvinge programmet til å trekke interpolasjonen ut til før og etter siste måling ble det lagt inn dummies (en kopi av første og siste måling) i hver ende av tidsskalaen (hvv. kl. 12.00 (T4V), 13 (T4M) og 23.00 (T4V og T4M)). Et sammendrag fra målt turbiditet i datasettene (uten dummies) er vist i figur 5 og figur 10. En fullstendig rapport fra interpoleringen er vist i vedlegg B. Resultatene fra interpolasjonen er vist i figur 6 til figur 14.

Dybdeprofiler mht. turbiditet og tetthet fra samtlige undersøkte målepunkt innenfor en periode på ca. 30 min er vist i figur 15 til figur 17.

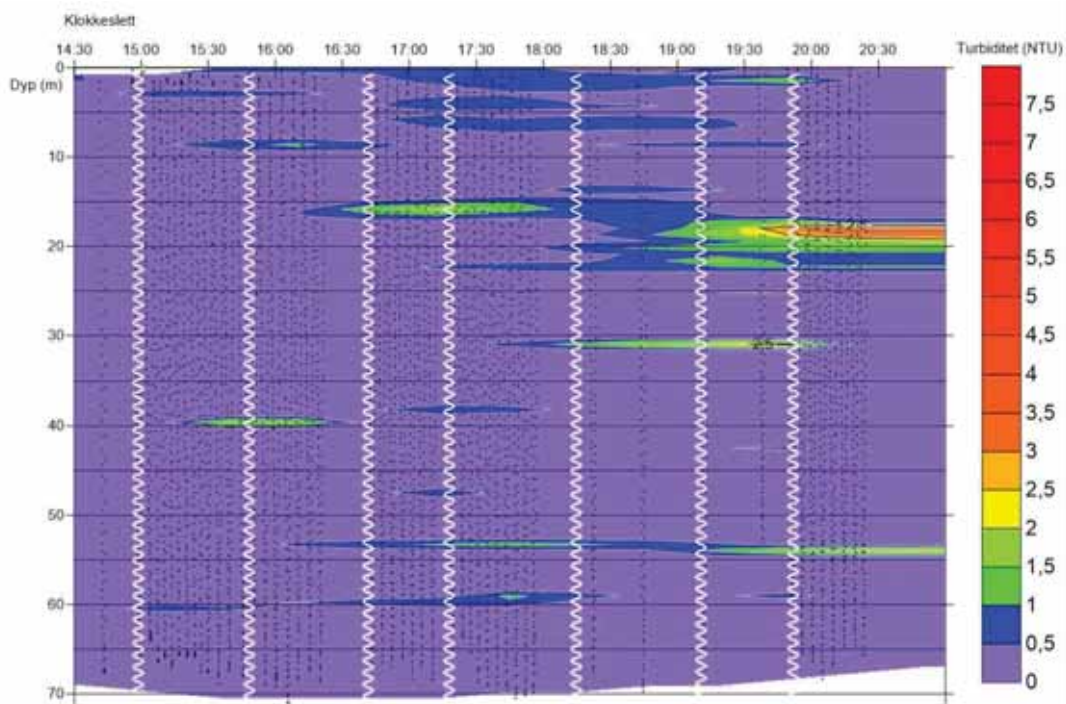
Samtlige måledata fordelt på de ulike målestasjonene er gitt i vedlegg A som excelfil.

4.1 Interpolerte data T4V

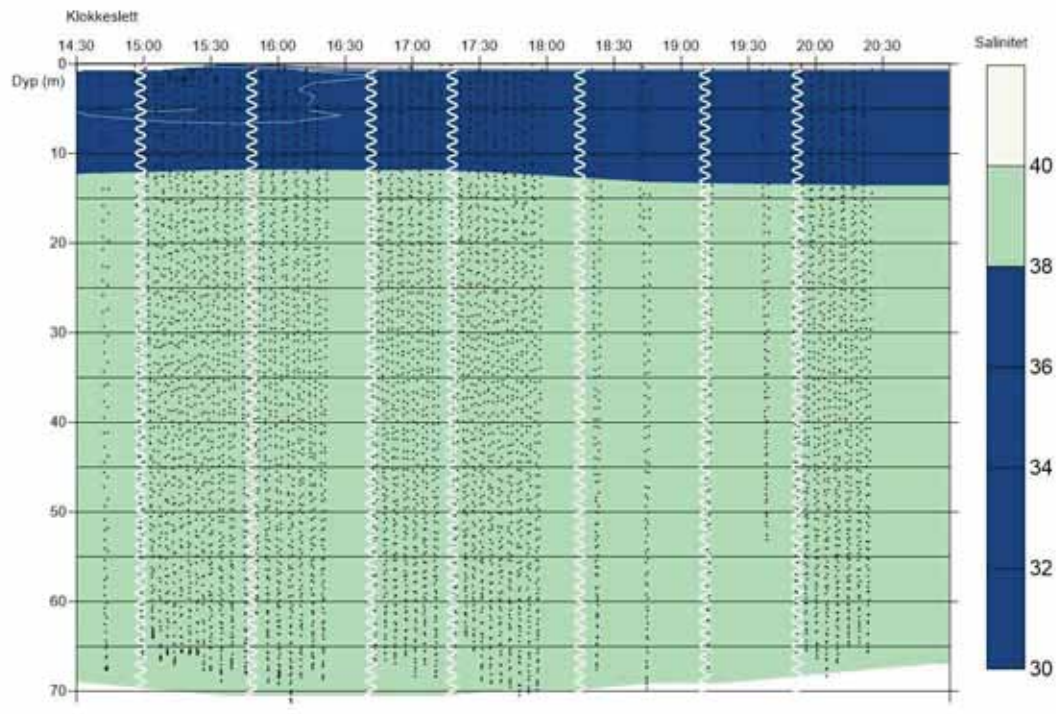
Univariate Statistics

| | X | Y | Z |
|-------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Count: | 6338 | 6338 | 6338 |
| 1%-tile: | 0.613541666667 | 0.94 | 0.24 |
| 5%-tile: | 0.627916666667 | 3.15 | 0.26 |
| 10%-tile: | 0.63525462963 | 6.67 | 0.27 |
| 25%-tile: | 0.658148148148 | 17.19 | 0.28 |
| 50%-tile: | 0.708125 | 34.46 | 0.3 |
| 75%-tile: | 0.747881944444 | 51.7 | 0.36 |
| 90%-tile: | 0.836087962963 | 61.88 | 0.47 |
| 95%-tile: | 0.843425925926 | 65.34 | 0.64 |
| 99%-tile: | 0.849351851852 | 67.97 | 2.33 |
| Minimum: | 0.612083333333 | 0 | 0.05 |
| Maximum: | 0.850833333333 | 71.26 | 6.72 |
| Mean: | 0.717624632215 | 34.4199715999 | 0.396027137898 |
| Median: | 0.708136574074 | 34.465 | 0.3 |
| Geometric Mean: | 0.714261422761 | N/A | 0.344909772841 |
| Harmonic Mean: | 0.7110011886 | N/A | 0.326572828487 |
| Root Mean Square: | 0.721075458626 | 39.7607297608 | 0.571383201553 |
| Trim Mean (10%): | 0.715746305629 | 34.4195898335 | 0.331777388256 |
| Interquartile Mean: | 0.705024707672 | 34.5060366046 | 0.308371726097 |
| Midrange: | 0.731458333333 | 35.63 | 3.385 |
| Winsorized Mean: | 0.717752133297 | 34.4133180814 | 0.3327074787 |
| TriMean: | 0.705570023148 | 34.4525 | 0.31 |
| Variance: | 0.0049654877174 | 396.243704907 | 0.16966803903 |
| Standard Deviation: | 0.0704662168518 | 19.9058711165 | 0.411907804041 |
| Interquartile Range: | 0.0897337962963 | 34.51 | 0.08 |
| Range: | 0.23875 | 71.26 | 6.67 |
| Mean Difference: | 0.0793246715069 | 22.986448567 | 0.199194597251 |
| Median Abs. Deviation: | 0.049212962963 | 17.26 | 0.03 |
| Average Abs. Deviation: | 0.0577113738561 | 17.245307668 | 0.116052382455 |
| Quartile Dispersion: | 0.0638206797771 | N/A | 0.125 |
| Relative Mean Diff.: | 0.110537832658 | 0.667822996318 | 0.502982190331 |
| Standard Error: | 0.000885125471118 | 0.250037455354 | 0.00517396995891 |
| Coef. of Variation: | 0.0981936986112 | 0.57832328707 | 1.04009994423 |
| Skewness: | 0.533211688514 | -0.0113844558844 | 8.10157075304 |
| Kurtosis: | 2.10215457604 | 1.79591996351 | 84.4026032411 |

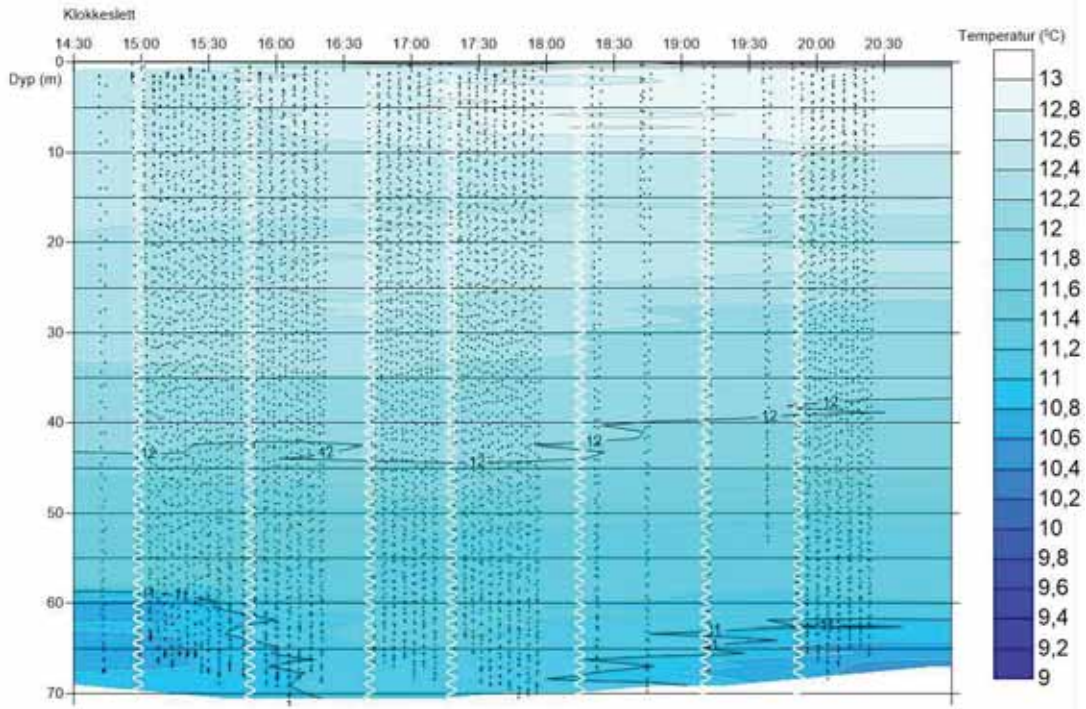
Figur 5: Statistisk sammendrag fra målinger av turbiditet (z), tid (x) og dyp (y) ved målestasjon T4V



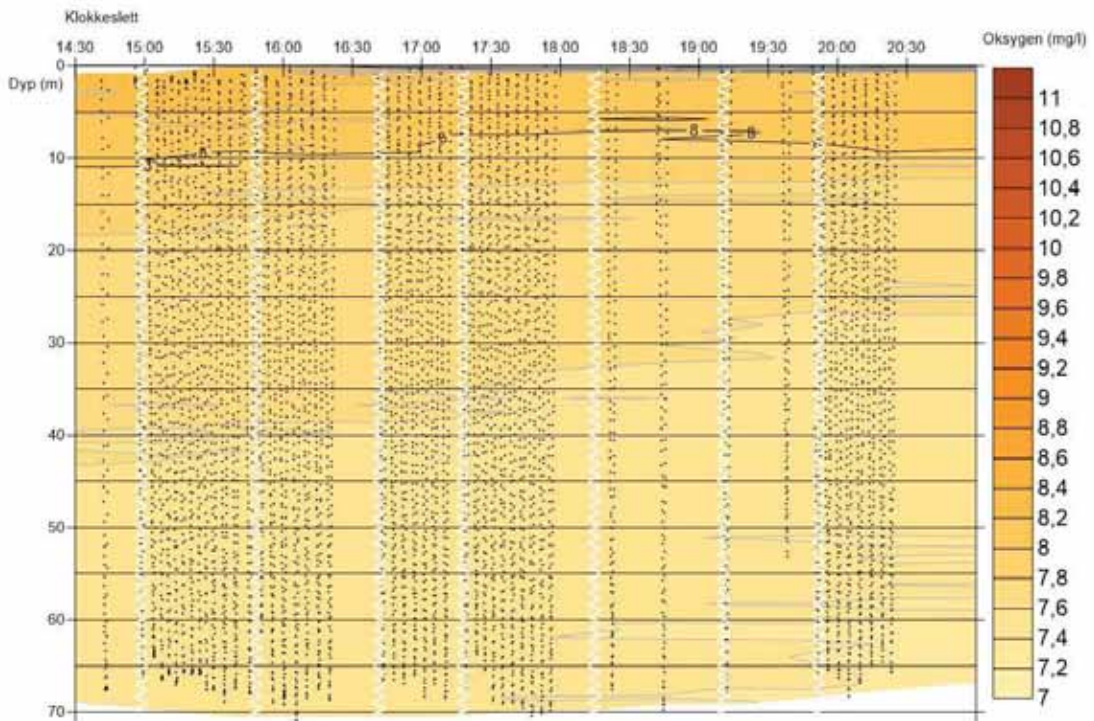
Figur 6: T4V Turbiditet



Figur 7: T4V Salinitet



Figur 8: T4V Temperatur



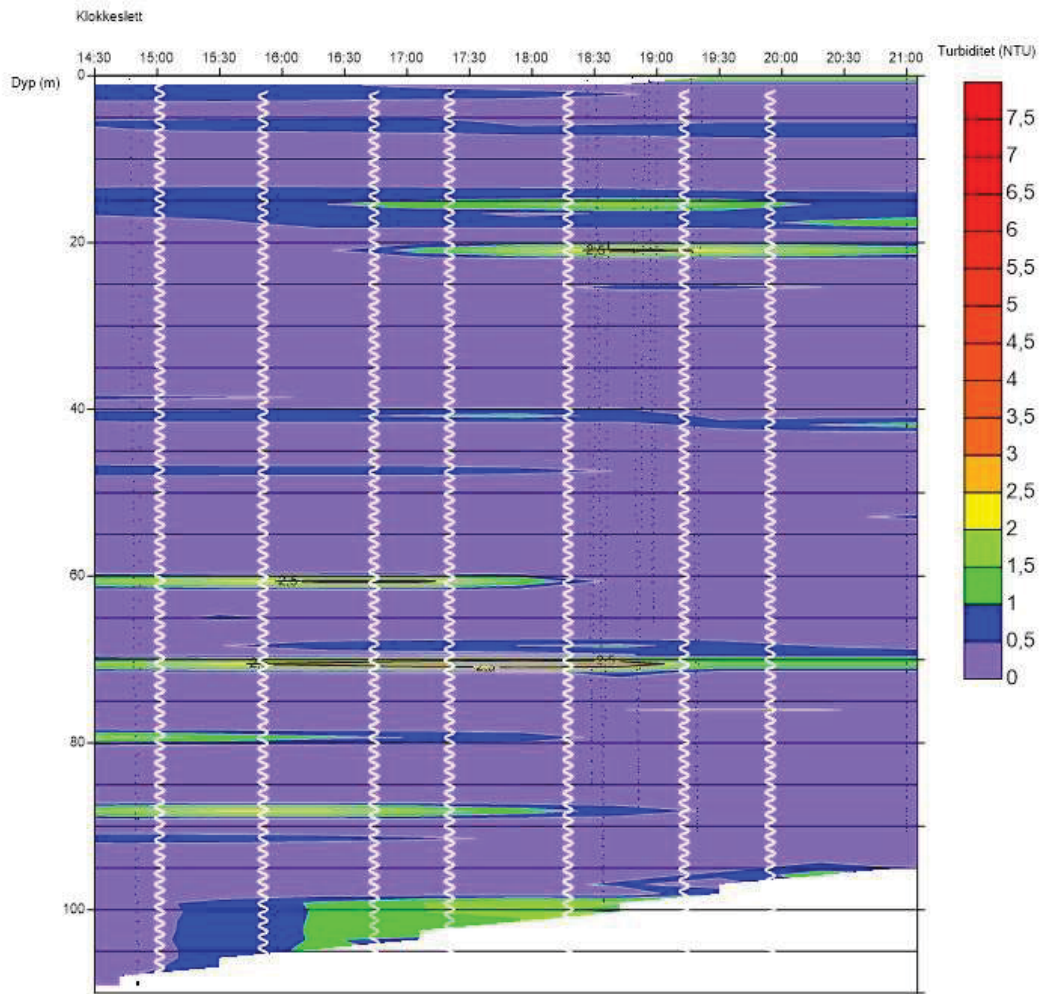
Figur 9: T4V Oksygen

4.2 Interpolerte data T4M

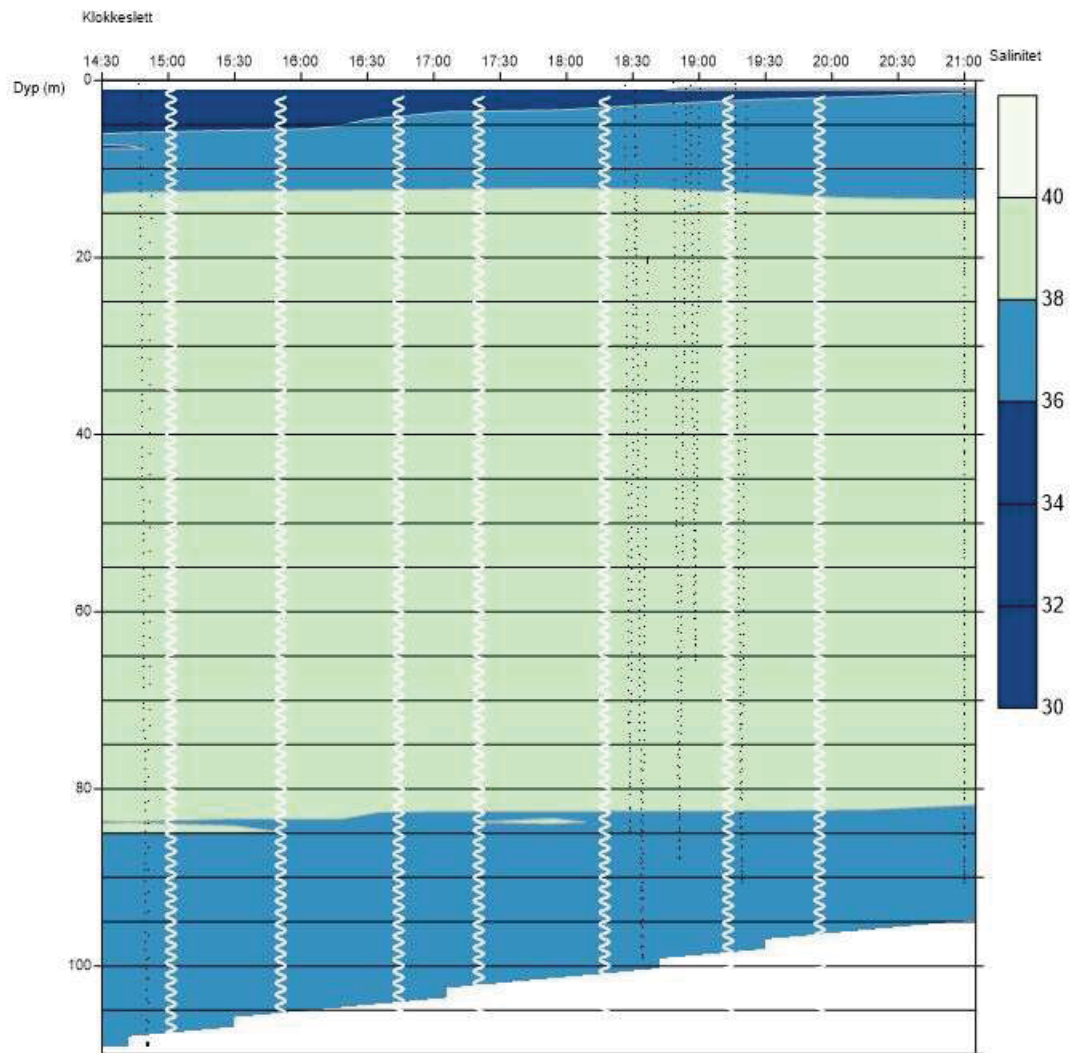
Univariate Statistics

| | X | Y | Z |
|-------------------------|------------------|----------------|-----------------|
| Count: | 920 | 920 | 920 |
| 1%-tile: | 0.616180555556 | 1.04 | 0.25 |
| 5%-tile: | 0.617013888889 | 4.19 | 0.26 |
| 10%-tile: | 0.618078703704 | 9.42 | 0.27 |
| 25%-tile: | 0.770011574074 | 23.37 | 0.28 |
| 50%-tile: | 0.775335648148 | 46.05 | 0.3 |
| 75%-tile: | 0.790196759259 | 68.95 | 0.35 |
| 90%-tile: | 0.804467592593 | 85.77 | 0.49 |
| 95%-tile: | 0.805532407407 | 95.3 | 0.76 |
| 99%-tile: | 0.806365740741 | 108.84 | 2.58 |
| Minimum: | 0.615972222222 | 0 | 0.24 |
| Maximum: | 0.806597222222 | 109.09 | 11.8 |
| Mean: | 0.75580249849 | 47.3759130435 | 0.413239130435 |
| Median: | 0.775347222222 | 46.12 | 0.3 |
| Geometric Mean: | 0.75277868931 | N/A | 0.346942998882 |
| Harmonic Mean: | 0.749454088717 | N/A | 0.326854793593 |
| Root Mean Square: | 0.758535980474 | 55.2368480844 | 0.70355633871 |
| Trim Mean (10%): | 0.760575534446 | 46.6781423402 | 0.331724969843 |
| Interquartile Mean: | 0.77937542681 | 46.1563991323 | 0.307396963124 |
| Midrange: | 0.711284722222 | 54.545 | 6.02 |
| Winsorized Mean: | 0.755800183676 | 46.7438478261 | 0.331304347826 |
| TriMean: | 0.777719907407 | 46.105 | 0.3075 |
| Variance: | 0.00414392121227 | 807.509977838 | 0.324577744713 |
| Standard Deviation: | 0.0643732958009 | 28.4167200401 | 0.569717249794 |
| Interquartile Range: | 0.0201851851852 | 45.58 | 0.07 |
| Range: | 0.190625 | 109.09 | 11.56 |
| Mean Difference: | 0.0577281671523 | 32.656486966 | 0.233132658371 |
| Median Abs. Deviation: | 0.0118287037037 | 22.79 | 0.03 |
| Average Abs. Deviation: | 0.0375144550121 | 23.9991956522 | 0.132304347826 |
| Quartile Dispersion: | 0.012937493509 | N/A | 0.111111111111 |
| Relative Mean Diff.: | 0.0763799633735 | 0.689305701317 | 0.564159202751 |
| Standard Error: | 0.00212232471296 | 0.93687151562 | 0.0187830214936 |
| Coef. of Variation: | 0.0851721129918 | 0.599813665101 | 1.37866239626 |
| Skewness: | -1.59238113675 | 0.21096971425 | 11.9219473569 |
| Kurtosis: | 3.75255012629 | 2.11756128433 | 198.0654992 |

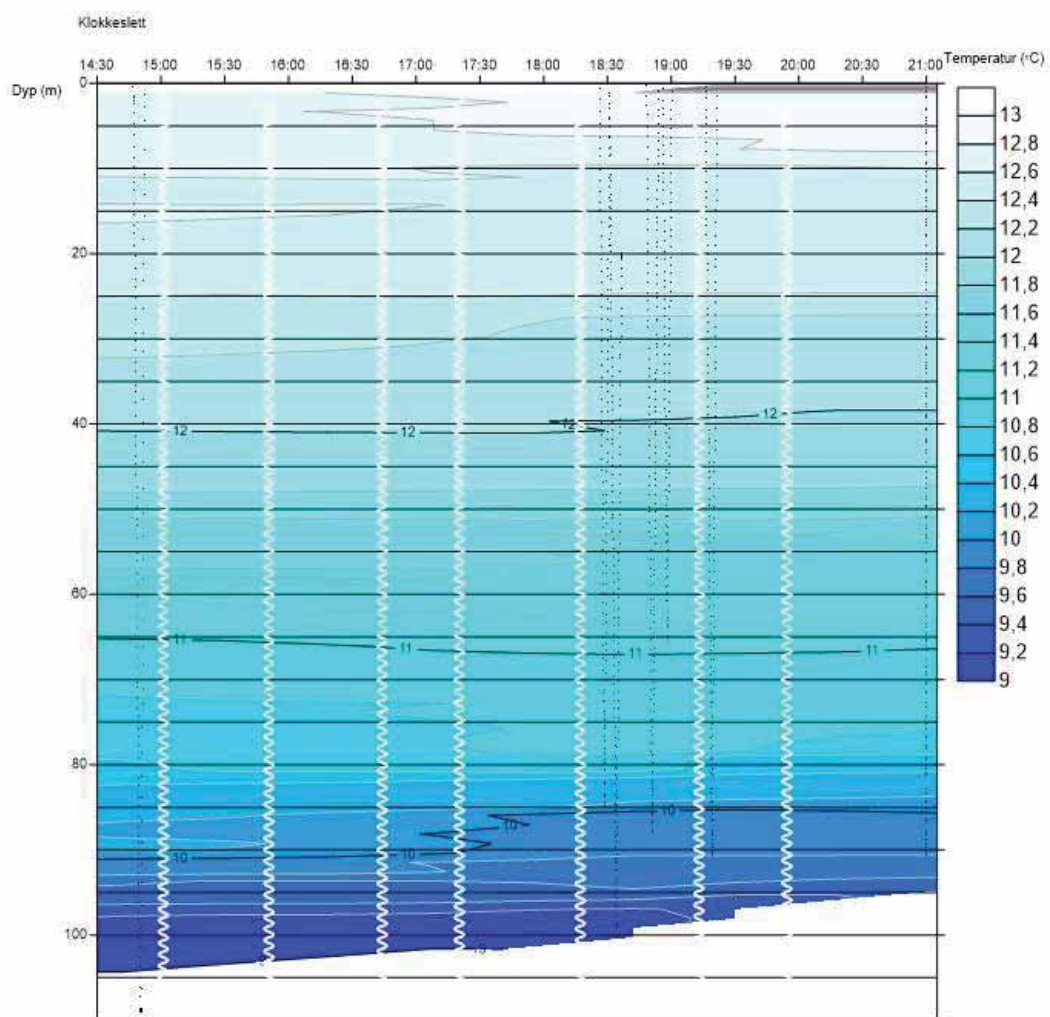
Figur 10: Statistisk sammendrag fra målinger av turbiditet (z), tid (x) og dyp (y) ved målestasjon T4M



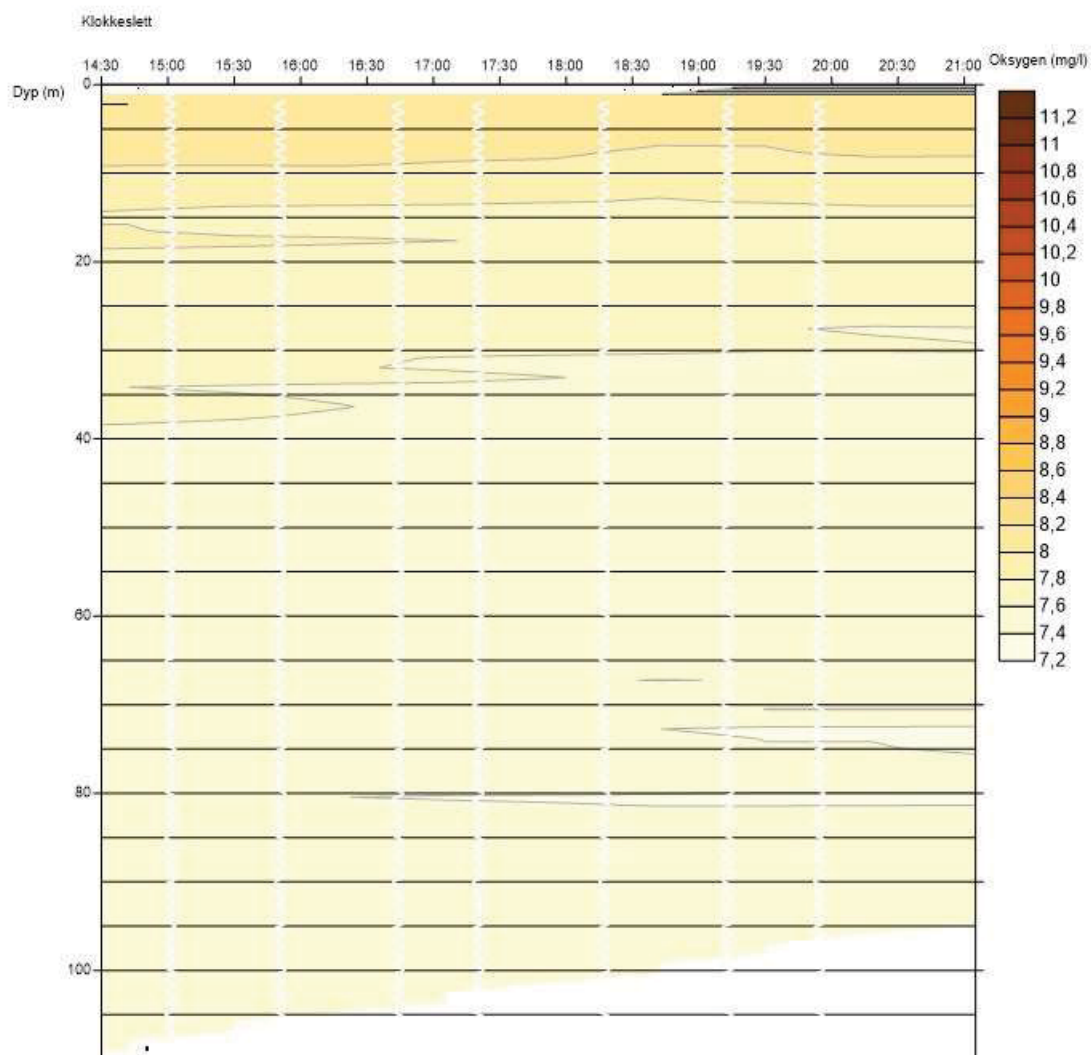
Figur 11: T4M Turbiditet



Figur 12: T4M Salinitet

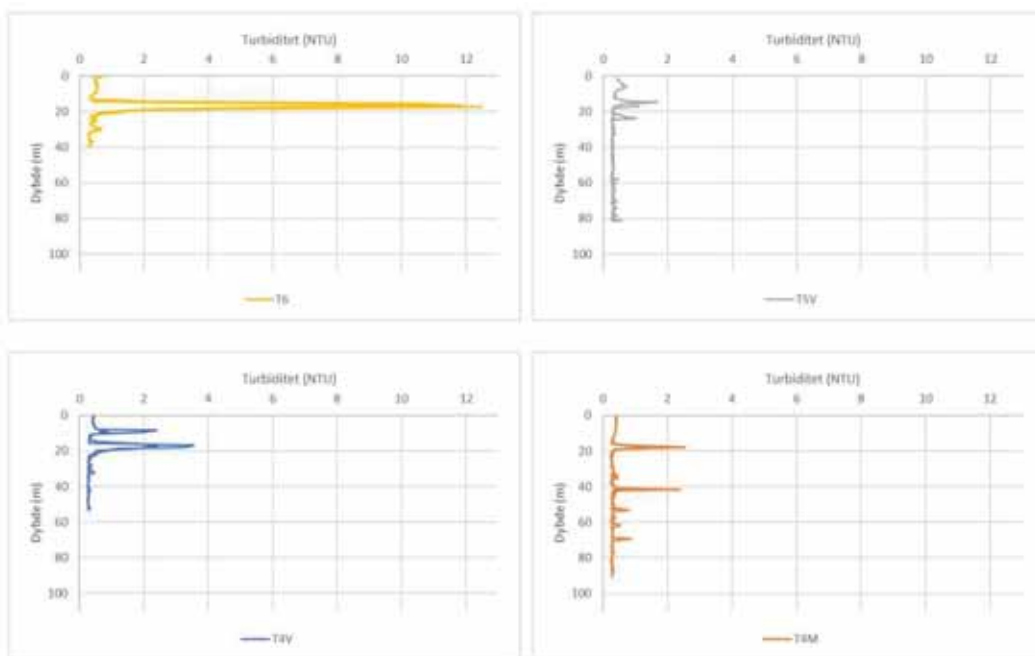


Figur 13: T4M Temperatur

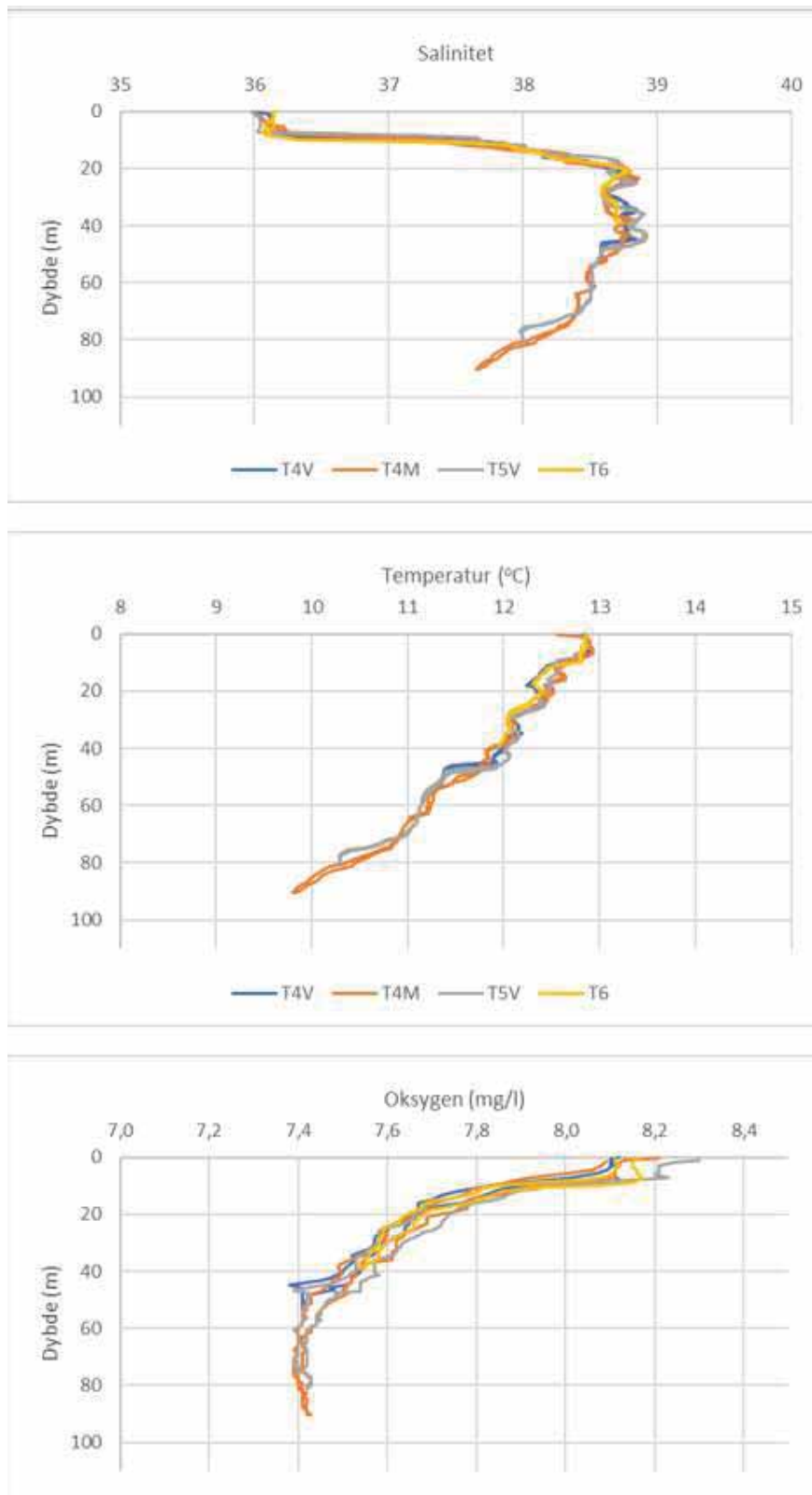


Figur 14: T4M Oksygen

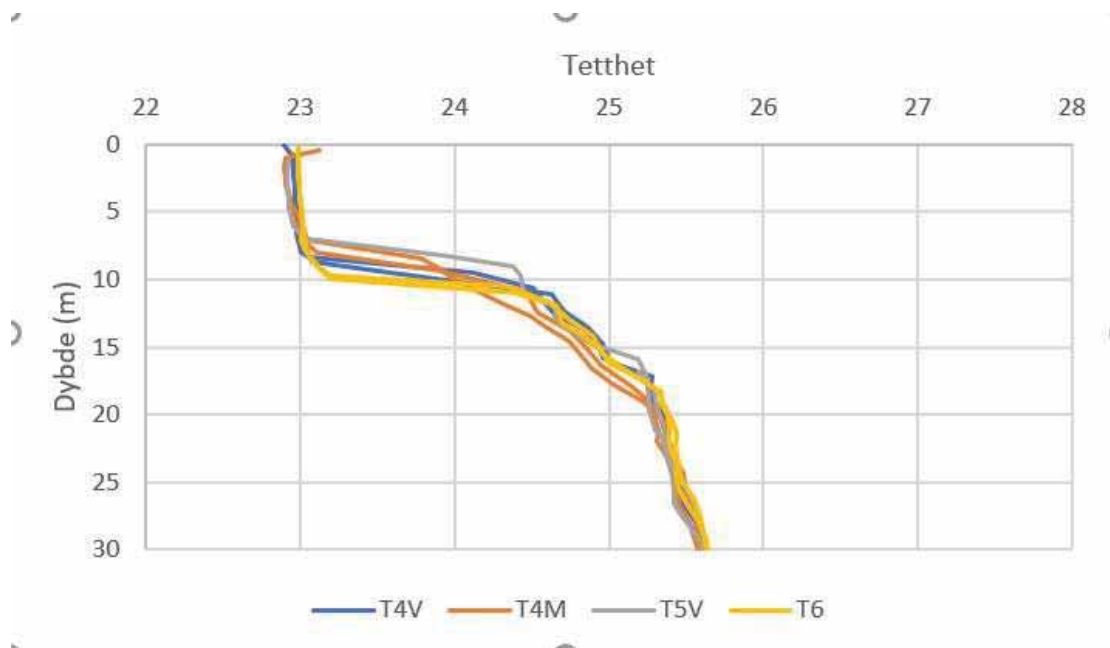
4.3 Dybdeprofiler



Figur 15: Dybdeprofiler turbiditet T6 (kl. 19.41 – 19.44), T5 (kl. 19.26 – 19.30), T4V (kl. 19.36 – 19.39) og T4M (kl. 19.16 – 19.21)



Figur 16: Dybdeprofiler salinitet, temperatur og oksygen T6, T5, T4V, T4M



Figur 17: Dybdeprofil tetthet T4V, T4M, T5 og T6, med fokus på øvre del av vannsøylen

4.4 T3 (83 m)



Figur 18: Resultater fra overvåking ved IRIS sitt vanninntak ved stasjon T3, 83 m dyp.

5 Vurdering

5.1 Målt hydrografi

Som vist i figur 16 og figur 17 er målingene av salinitet, temperatur, oksygen og tetthet i de fire målepunktene tilnærmet samsvarende som funksjon av dyp.

Det kan observeres et øvre brakkvannslag som varierer fra 7 – 10 m tykkelse. Tykkelsen på brakkvannslaget er størst lengst inn i fjorden (ved T6) og minst lengst ut i fjorden (T5V).

Under brakkvannslaget og ned til ca. 20 m har man et lag med gradvis økende saltholdighet.

Fra ca. 20 m til 45 m dyp har man et nytt lag med konstant høy saltholdighet, før saliniteten under 45 m igjen gradvis avtar.

Den tydelige sjiktningen mellom brakkvannslaget i toppen ned til ca. 10 m og laget med høy saltholdighet fra ca. 20 m dyp kan medføre en innlagring av partikler i ulike soner.

På oksygenprofilen kan man se at overflatelaget har et relativt konstant høyt oksygeninnvå, med en gradvis reduksjon ned til ca. 45 m hvor man har et relativt konstant lavt oksygeninnvå. Dette viser en lavere utskiftingshastighet på vannet under 45 m.

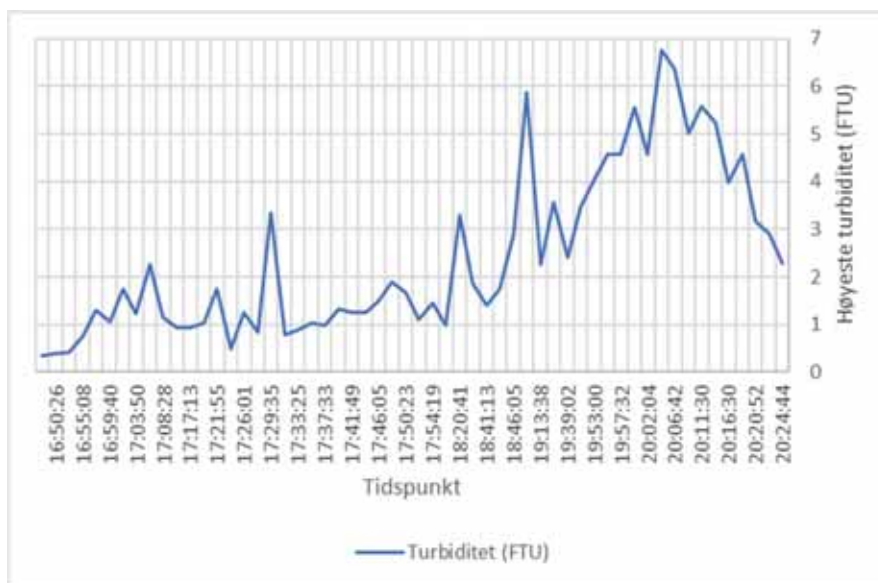
Temperaturprofilen viser en relativt jevn kurve.

Disse målte hydrografiske dataene påvirkes av tilførsel av overvann, lufttemperatur, tidevannssyklusen, vind og bølger og kan endres noe som følge av ulike årstider og værforhold.

5.2 Målt turbiditet

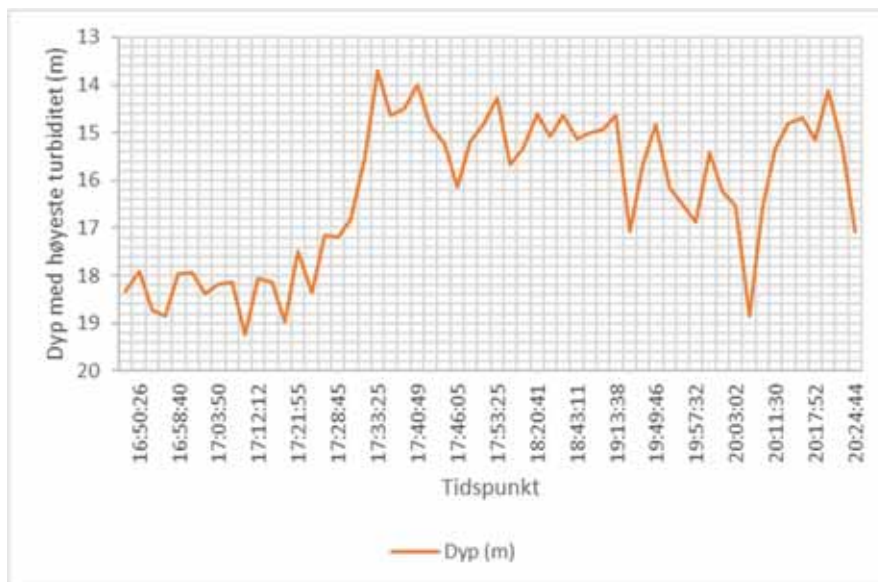
Ved begynnelsen av måleperioden, med relativt stillestående tidevann, ble det ikke målt tydelige utslag på forhøyet turbiditet i målestasjon T4V.

I perioden hvor tidevannet var på vei ut fjorden ble det registrert turbiditet over bakgrunnsverdi på 0,5 FTU ved T4V i perioden 16.55 til 20.30. Gjennomsnittlig høyeste turbiditet i denne perioden var 2,5 FTU, med maksimalt utslag på 6,77 FTU kl. 20.03 (eg. 19.59). Etter dette var det jevn avtakende turbiditet til 2,3 FTU ved siste måling kl. 20.24 (eg. 20.20). Siste dropp var kl. 19.51. En sammenstilling av høyeste påviste turbiditet i intervallet 13-20 m er vist i figur 19.



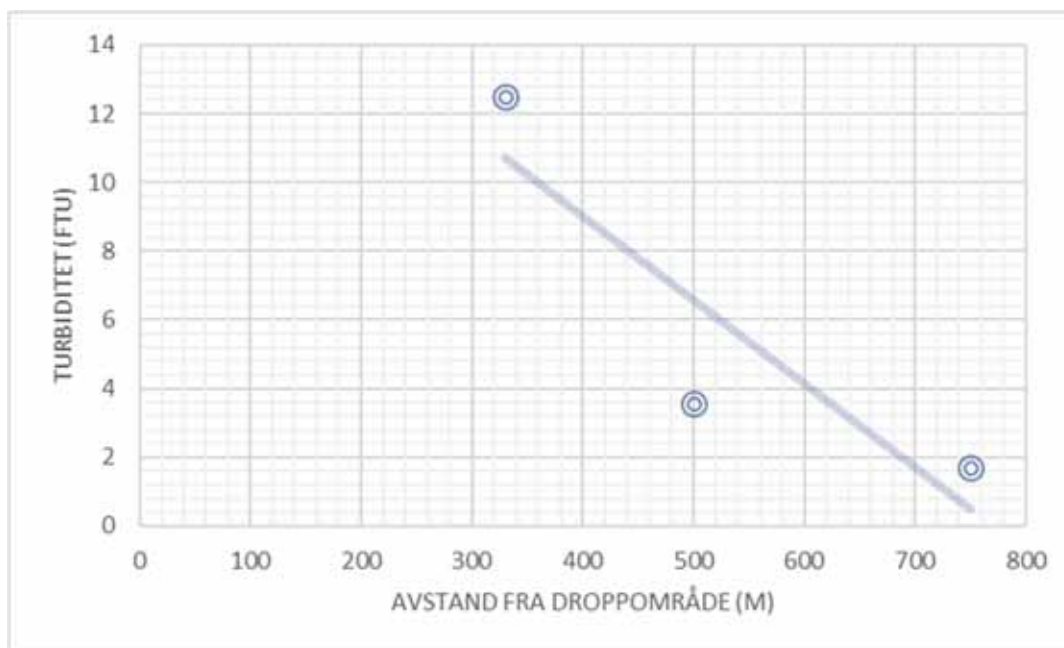
Figur 19: Sammenstilling av høyeste påviste turbiditet som funksjon av tidspunkt ved T4V.

Høyeste turbiditet ble påvist mellom 13 og 20 m. En sammenstilling av dypet hvor det ble påvist høyest turbiditet ved T4V er vist i figur 20. Samme tendens, men noe lavere turbiditet ble også påvist på samme dyp i T4M.



Figur 20: Sammenstilling som viser dypet hvor det er påvist høyest turbiditet i perioden ved turbiditet over bakgrunnsverdi ved T4V.

Resultater fra turbiditetsprofiler innenfor et tidsrom på 30 minutter viser at partikkelkonsentrasjonen avtar forholdsvis raskt som funksjon av avstand fra droppområdet. Fortynningsgraden fra stasjon T4V i utkanten av gyteområdet til stasjon T5V 250 m lenger nord er beregnet til 2,2 ganger. Dette er også illustrert på **Error! Reference source not found.**



Figur 21: Avtakende partikkelkonsentrasjon fra droppområdet som funksjon av avstand.

Det er også funnet noe forhøyet turbiditet ved ca. 30 og 55 m dyp i T4V, som er usikkert om skyldes påvirkning fra utfyllingsområdet. Forhøyet turbiditet under 60 m ved T4M var til stede allerede før utfyllingen starte og antas å ha naturlige årsaker.

Dybden hvor partiklene er påvist sammenfaller med vannlaget mellom brakkvannslaget og laget med høy tetthet/salinitet som er påvist ved hhv. ca. 0 - 10 m og 20 - 45 m. Det vil si at det på bakgrunn av forsøket kan tolkes som at man kan forvente høyest partikkelkonsentrasjon i sjiktet 10 – 20 m sør i gytefeltet.

På bakgrunn av sedimentasjonshastighet kan det forventes at finere partikler (silt- og leirfraksjon) kan oppholde seg over det tettere vannlaget ved 20 m over lengre tid. Partikler som er tilført vannsøylen ved utfylling ved strømforhold innover fjorden kan derfor til dels også forventes å finnes i vannsøylen når strømmen snur og igjen går ut fjorden og dermed gi dobbel partikkelbelastning.

Det er ikke tegn til påvirkning i øvre vannlag (øverste 10 m) som kan påvirke nivået hvor det vokser ålegress. Strømninger i dette vannlaget kan imidlertid være dominert av vindretning, som under forsøket var motsatt vei av målepunktene.

Resultater fra automatisk overvåking ved IRIS sitt vanninntak viste ingen utslag på forhøyet turbiditet.

6 Konklusjon

Det er målt noe forhøyet turbiditet (turbiditet over bakgrunnsverdi) i utkanten av gyteområdet som antas å skyldes dumping av sprengstein.

Den forhøyede turbiditeten er påvist i et vanddyp på ca. 13 – 22 m og antas å akkumuleres i dette området grunnet en lagdeling av vannmassene som følge av ulik saltholdighet.

I perioden hvor tidevannet var på vei ut fjorden ble det registrert turbiditet over bakgrunnsverdi på 0,5 FTU ved T4V i perioden kl. 16.55 til 20.30. Gjennomsnittlig høyeste turbiditet i denne perioden var 2,5 FTU, med maksimalt utslag på 6,77 FTU kl. 20.03 (eg. kl. 19.59). Etter dette var det jevnt avtakende turbiditet til 2,3 FTU ved siste måling kl. 20.24 (eg. 20.20). Det ble funnet en fortynningsgrad på 2,2 ganger fra stasjon T4V i utkanten av gyteområdet til stasjon T5V, 250 m lenger nord.

Vannlaget hvor det er påvist forhøyede partikkelnivåer ser ut til å følge retningen på tidevannet, men kan også skyldes en kompenserende strøm som følge av vindretning motsatt vei.

Det ble ikke påvist forhøyede partikkelkonsentrasjoner i overflatelaget (0-10 m). Dette laget kan imidlertid være mer dominert av vindretning enn tidevannsretning. Vindretningen var motsatt vei av tidevannsretningen under forsøket.

Resultater fra automatisk overvåking ved IRIS sitt vanninntak viste ingen utslag på forhøyet turbiditet.

I Miljødirektoratets behandling av et sjødeponi i Repparfjorden i 2016 (Miljødirektoratet, 2016) ble det vist til vitenskapelige publikasjoner der et partikkelinnhold på 2-5 mg/l ble vist å kunne gi negativ påvirkning på fisk, egg og larver i gyteområder. På bakgrunn av dette kan man forvente at en fremtidig utfylling vil kunne gi negativ påvirkning på gyteområdet som er avtegnet i Fiskeridirektoratets database. Måling av turbiditet ved testdropp av én tunnelsalve som er beskrevet i denne rapporten, tilsier at påvirkningen av gyteområdet vil være periodevis (i forbindelse med utstrømmende vann) og knyttet til ytre del av gyteområdet.

7 Referanser

Miljødirektoratet. (2016). *Klage på tillatelse til gruvevirksomhet i Engebøfjellet - Miljødirektoratet sin vurdering av ny informasjon om strøm, partikkelspredning og effekter på dyreliv, datert 18. januar 2016.*