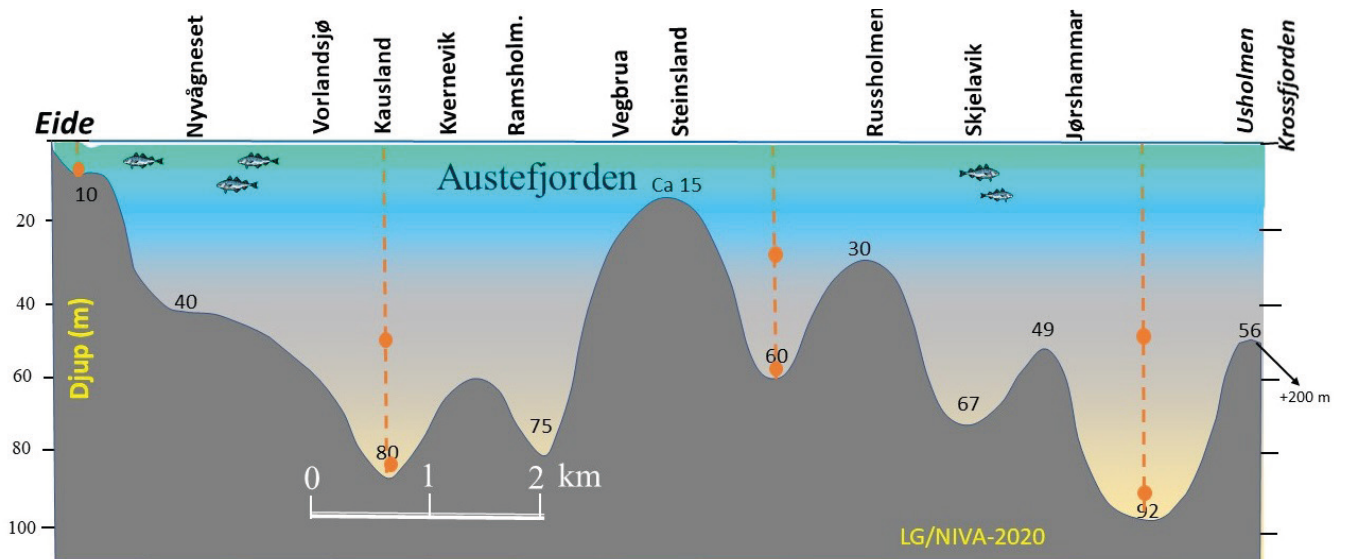


Overvaking av sjøområde i Sund kommune, 2018



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Overvaking av sjøområde i Sund kommune, 2018.	Løpenummer 7487-2020	Dato 15.04.2020
Forfatter(e) Lars G. Golmen Caroline Mengeot	Fagområde Vannressursforvaltning	Distribusjon Open
	Geografisk område Hordaland/Vestland	Sider 33 + Vedlegg

Oppdragsgiver(e) Sund VA, Midtstegen, 5382 Skogsvåg.	Oppdragsreferanse G.I. Storebø, Chr. Alsaker
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17369

<p>Sammendrag</p> <p>Norsk institutt for vannforskning, NIVA, bistod dåverande Sund kommune med prøvetaking og måling i sjøområda kring Toftarøy i 2018. Kommunen stod for det meste av feltarbeidet mens NIVA analyserte prøver og stod for rapporteringa. Programmet vart lagt opp om lag som på 1980-talet, med vekt på gransking av tilhøva i djupvatn og djupbasseng. Føreliggande rapport samanfattar resultatata frå prøvetakinga. Det er ikkje avdekkta negative avvik for tilhøva i øvre sjikt på stasjonane. Ved Eide synes tilhøva å ha forbetra seg sidan førre prøveperiode. Nokre område har framleis problem med oksygen i botnvatnet, med tidvis verdiar ned mot null oksygen. Dette gjeld områda ved Kausland, Glesnes og Steinsland som får karakteristikken «meget dårlig» i hht. dagens klassifiseringssystem for oksygen. Tilhøva har mest truleg ei naturleg årsak (grunne tersklar), men lokale tilførsler kan også bidra og bør avgrensast.</p>

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Øygarden kommune Overvaking sjøområde Austefjorden Vasskvalitet 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> Øygarden municipality Marine monitoring Austefjorden Water quality
--	--

Denne rapporten er kvalitetsikra iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Lars G. Golmen
Prosjektleder

Ailbhe Macken
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7222-2
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

**Overvaking av sjøområde i Sund kommune,
2018.**



Føreord

Seinhaustes 2017 gjorde dåverande Sund kommune, ved Sund VA AS, avtale med Norsk institutt for vannforskning, NIVA om å gjennomføre nye målingar av vasskvalitet i sjøen i kommunen. Dette som oppfølging og oppdatering av målingar på 1980-1990-talet.

Første toktet vart gjennomført 12. desember 2017, og nye tokt følgde med om lag 2 månaders mellomrom. Sund kommune stod for tokta, med noko assistanse frå NIVA.

Gerhard Inge Storebø og Christian Alsaker var kommunens kontaktpersonar og utførte måling. Knut Rune Torsvik var kontaktperson hos Sund VA. Henny Knutsen hos NIVA stod for tilrettelegging av prøvetakingsutstyr og analyse av oksygenprøver. Caroline Mengeot utførte CTD-data analyser og plotting av data. Nærings salt vart analysert ved NIVAs laboratorium i Oslo.

Lars Golmen har samanfatta rapporten.

Takk til alle involverte.

Bergen, mars 2020

Lars G. Golmen

Innhold

1	Inneliing	6
1.1	Bakgrunn og målsetting	6
1.2	Vassførekomstane kring Toftarøy.....	8
1.3	Verneplaner, oppdrett og tiltak	8
1.4	Tidlegare granskingar i Sund	9
2	Måleprogrammet i 2018	12
2.1	Målestasjonar	12
2.2	Måling og prøvetaking	12
2.3	Toktprogrammet.....	14
3	Presentasjon av resultat	15
3.1	Salinitet-temperatur	15
3.2	Siktdjup	18
3.3	Oksygen.....	19
3.4	Næringssalt	24
3.5	Turbiditet	25
4	Diskusjon og oppsummering.....	28
4.1	Hydrografiske tilhøve.....	28
4.2	Siktdjup	29
4.3	Oksygen.....	29
4.4	Næringssalt	30
4.5	Oppsummering	30
5	Litteratur	31

Samandrag

I perioden desember 2017 – januar 2019 gjennomførte personar frå dåverande Sund kommune i samarbeid med NIVA eit måleprogram i sjøområda kring Toftarøy. Programmet omfatta måling av hydrografi, siktdjup, oksygen og nærings salt på 7 stasjonar, ved 7 tidspunkt fordelt over perioden.

Målingane viser at tilhøva var gode i øvre sjikt i sjøen. Både sikt og oksygentilhøva var bra.

Nokre stasjonar som representerer djupbasseng, har tidvis problemer med oksygen. Dette gjeld T1 Kausland, T2 Glesnes og T4 Usholmen. Desse får karakteristikken «meget dårlig» ut frå lågaste observerte oksygenverdi.

Stasjon T2 og T4 har ansamling av partiklar nær botnen under stagnerande tilhøve. Dette var assosiert med relativt høge nærings saltkonsentrasjonar.

Tilstanden i dei undersøkte områda er om lag som på 1980- og 1990-talet: stasjonar med problem den gongen har det framleis, med unntak av T1 Eide der tilhøva ser betre ut no.

Det er ingen store forureiningskjelder i området. Redusert djupvassutskifting som følge av botntersklar forklarar difor ein vesentleg del av problema (naturleg dårleg utskifting).

På i alle fall to stasjonar (Glesnes og Usholmsvika) kan lokale forureiningskjelder bidra til dei observerte tilhøva i botnvatnet.

Situasjonen bør overvakast og nye utslepp og tilførsler må avgrensast. Dette gjeld områda ved dei to stasjonane T2 og T4, men også i Austefjorden (T4 og T7).

1 Inneliing

1.1 Bakgrunn og målsetting

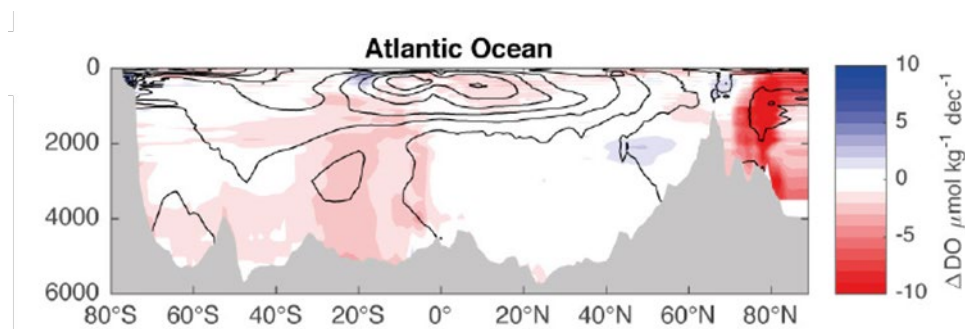
Sund kommune (frå 2020 del av nye Øygarden kommune) gjorde hausten 2017 avtale med NIVA om gjennomføring av hydrografiske målingar og prøvetaking på nokre stasjonar i kommunen, konsentrert om sjøområda kring Toftarøy. Målsettinga var å få ein oppdatert status for miljøtilstanden, samanlikna med målingar på 1980-og 90 talet (Bjerknes 1988, Golmen 1991, Golmen og Oug 1995).



Figur 1. Kartutsnitt med tidlegare Sund kommune og deler av Fjell og Bergen kommunar. Stipla blå liner indikerer kommunegrenser. Svart firkant viser kartutsnittet i Figur 8.

Tilstanden i norske kystnære sjøområde er stort sett bra. Det skjer overvaking på mange stasjonar i Miljødirektoratets Kystovervaksingsprogram «Økokyst». Noverande periode er 2017-2020. Næraste stasjonar til Sund er Krossfjorden og Bjørnafjorden. Tilstanden der for vasskjemi var i 2018 «god»/»særs god» (Tabell 1 og Tabell 2). Andre stasjonar, særleg langs Sørlandskysten har problem (eutrofiering). Også Byfjorden ved Bergen og Osterfjorden/Sørfjorden opplever nedgang i oksygen og dårlegare botnfauna (Johanessen mfl. 2018). Dette kan skuldast auka tilførsler frå kommunale reinseanlegg og havbruksaktivitet, kombinert med svakare vassutskifting enn tidlegare.

Også i dei store verdshava er det tendens til at oksygenivået fell (Schmidtke mfl. 2017). Dette skuldast m.a. oppvarminga av havet, som fører til lågare løysingsevne for gassar. Auka tilførsler av forureining frå land kan bidra til auka oksygenforbruk, og forbrenning av fossilt drivstoff tek oksygen ut av lufta slik at gassfluksa frå luft til hav avtek. Det er tydeleg nedgang i oksygen i nordlege del av Atlanterhavet (Figur 2).



Figur 2. Utvikling oksygen i Atlanterhavet over dei siste 50 åra. Havområda som inkluderer Norskehavet opplever ein nedgang i oksygenkonsentrasjon (markert med raud farge). Frå Schmidtke mfl. 2017.

Området kring Toftarøy høyrer til økoregion Nordsjøen Nord. Denne er del av nasjonal overvaking (Økokyst programmet) med stasjon i Krossfjorden og Bjørnafjorden. Sist rapporterte resultat derfrå er frå 2018 (Tabell 1; Miljødirektoratet 2019). Næringssalt ligg i kategori «svært god». Det same gjeld for siktdjup. Oksygen i Bjørnafjorden har noko lågare rangering; «god» (ingen rapporterte oksygendata frå Krossfjorden).

Tabell 1. Tilstandsklassifisering for næringssalt (øvre lag) i Krossfjorden og Bjørnafjorden. Sommarverdiar 2013-2018 (Miljødirektoratet 2019).

Stasjonsnummer og navn	Klassifisering sommarverdiar (juni-August) konsentrasjoner i μg/l						Tilstandsklasser	
	År	Fosfat	Tot P	Nitrat	Ammonium	Tot N		Si
VT69 Korsfjorden	2013-2018	2,1	9,1	4,5	5,8	178,1	27,7	I. Svært god
VT70 Bjørnafjorden	2013-2018	2,3	10,5	4,8	8,5	142,8	32,6	II. God

Tabell 2. Samla karakterisering for vasskvalitet i Krossfjorden og Bjørnafjorden (øvrste tabell) samt total klassifisering i 2018 basert på alle parametrar (Miljødirektoratet 2019).

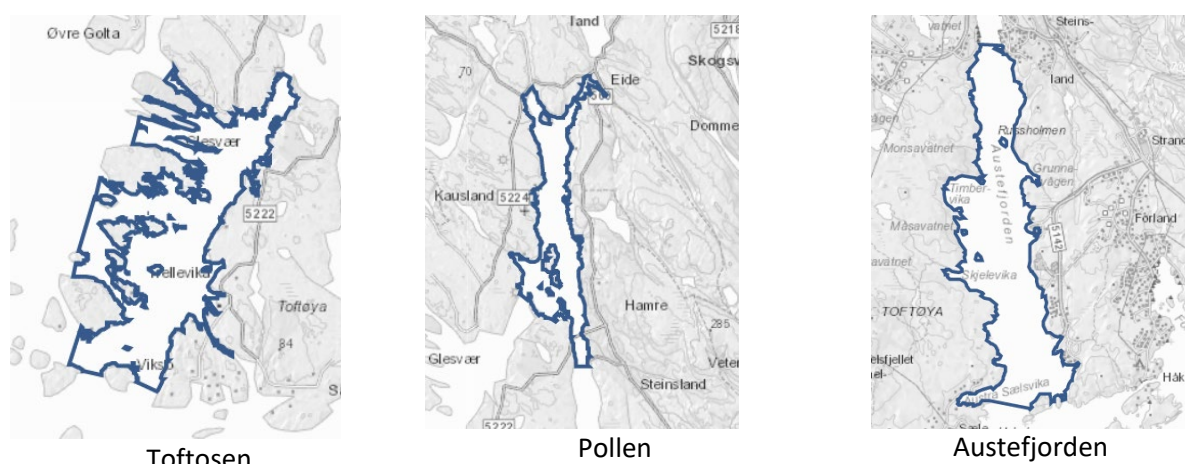
Stasjonsnummer og navn	År	Tilstandsklasse	Utslagsgivende parameter
VT69 Korsfjorden	2013-2018	0,9	
VT70 Bjørnafjorden	2013-2018	0,74	Oksygen i bunnvannet

Vannforekomst	Vanntype	Samlet tilstand	Stasjoner og tilstandsklassifisering per kvalitetselement			
			Makroalger	Bløtbunnsfauna	Planteplankton	Støtteparametere
Korsfjorden	M2	I	HR120	BR108	VT69	VT69
Bjørnafjorden	M2	II		BT92	VT70	VT70

1.2 Vassførekomstane kring Toftarøy

Fire vassførekomstar omkransar Toftarøy. Tre av dei er synt i Figur 3. Den fjerde, og langt største, er Krossfjorden. Kvar vassførekomst har definerte miljømål, basert på kunnskap om økologisk og kjemisk tilstand (ref: Vann-nett). Det er kun Pollen som har ein risiko for ikkje å oppnå vedtekte miljømål.

Karakteriseringa av miljøtilstand kan vere basert på skjønn eller antakelsar, grunna mangel på faktiske målingar. For Krossfjorden er klassifiseringa basert på nyleg innsamla data i Økokyst programmet (Miljødirektoratet 2019). At Pollen har tilstand «moderat» skuldast nærings salt (nitrogen) belastning, i følgje Vann-nett. Toftosen har karakteristikken «dårlig», grunna funn av tungmetall i biota (taskekrabbe), <https://www.vann-nett.no/portal/#/waterbody/0261010903-C>.



Figur 3. Tre av vassførekomstane rundt Toftarøya. Den fjerde er Krossfjorden.

Tabell 3. Tilstand i vassførekomstane ved Toftarøy (frå Vann-nett).

Forekomst	Areal, km ²	Økologisk tilstand	Kjemisk tilstand	Risiko, miljømål
Krossfjorden	96,657	God	Ukjent	Ingen
Austefjorden	1.909	God	Ukjent	Ingen
Pollen	2.432	Moderat (Tot-N)	God	Risiko
Toftosen	6.610	God	Dårlig (biota)	Ingen

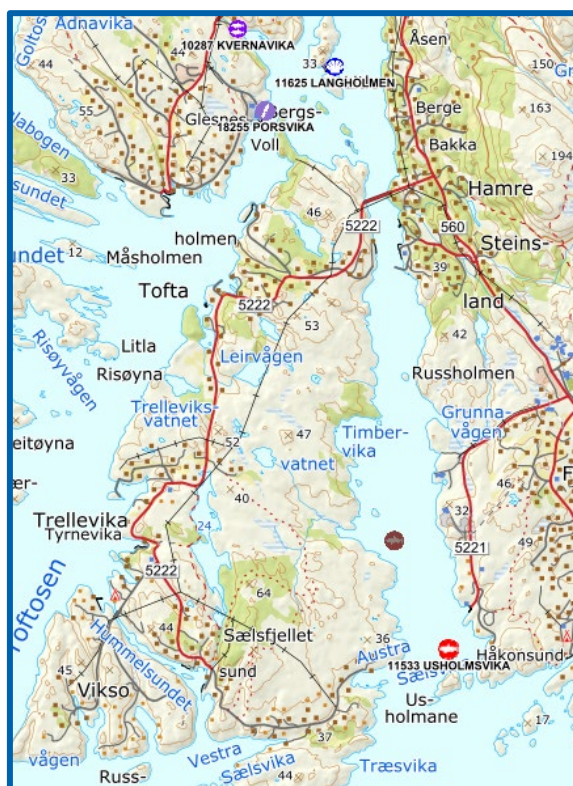
1.3 Verneplaner, oppdrett og tiltak

Utsleppet frå kommunalt reinseanlegg på Eide vart flytta sørover og til djupare vatn i Pollen for om lag 10 år sidan. Andre tilførsler til Pollen/Austefjorden frå Hammarland området har vorte omregulert austover til Skogsvågen. Kjelder på austsida av Austefjorden lenger sør vil vere omdirigert til Krossfjorden.

Einaste oppdrettsanlegget for fisk i sjø i området som me har granska ligg ved Usholmvika sør i Austefjorden (Figur 4). Lokaliteten er ikkje optimalt lokalisert og eigarane har planer om å flytte anlegget til Krossfjorden. I Porsvika ved Glesnes er der på land eit prosesseringsanlegg for laks. I Kvernavika ligg eit settefiskanlegg.

Krossfjorden er eit godt dokumentert marint kystområde med stort dokumentert mangfald av artar. Miljødirektoratet tilrådde i 2019 oppretting av marint verneområde i Krossfjorden. Dette for m.a.

ivareta ærfuglbestanden som har vore i sterk tilbakegong dei seinare åra, også i sjøområda i gamle Sund kommune, vest for Toftarøya. Ærfuglen beitar på blåskjel som også har vore i sterk tilbakegong. Området har viktige veggrev med korallar og sjeldne kalkalgar og store og viktige forekomstar av stortare.



Figur 4. Oppdrettslokalitetar ved Toftarøy. Kjelde: Fiskeridirektoratet.

1.4 Tidlegare granskingar i Sund

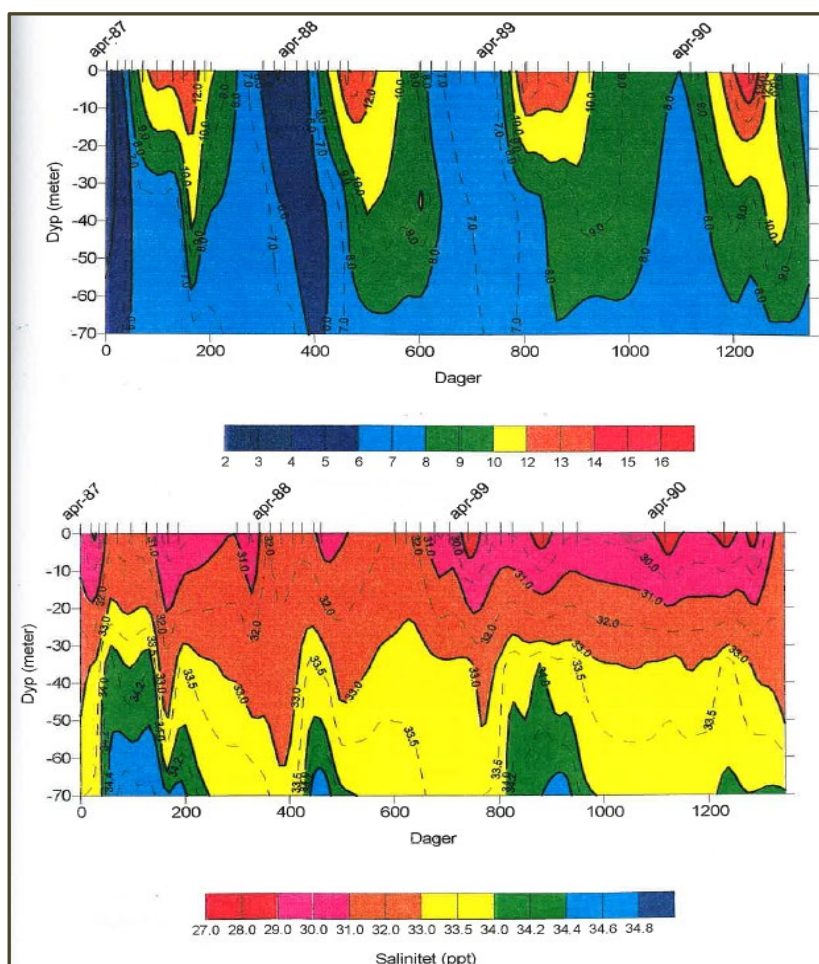
I samband med NIVAs arbeid med akvakulturplan (kystsoneplan) for områda kring Toftarøy og Skogsvågen (Bjerknes mfl. 1988) kom det i gong prøvetaking i sjøen i 1987. Prøvetakinga vart for det meste utført av Frode Glesnes og Gerhard I. Storebø frå Sund kommune. I 1988 var prøvetakinga lekk i eit av NIVAs forskingsprosjekt og det vart då også gjort nokre registreringar med botnforankra instrument. Datamaterialet og nokre resultat frå 1987-1990 er omtalt i notat frå NIVA (Golmen mfl. 1988, Golmen 1991).

Sund kommune lanserte planer om fjordforbetringstiltak i Austefjorden for å stimulere djupvassutskiftinga der. I januar 1989 vart det inngått avtale med NIVA om å halde fram med prøvetakinga frå 1987-88, for m.a. å få skikkeleg dokumentasjon på miljøstatus før tiltak. I 1989 vart det gjort prøvetaking til saman ni ulike tokt. Denne prøvetakinga heldt fram til 1995, men med noko avtakande frekvens (Figur 5).

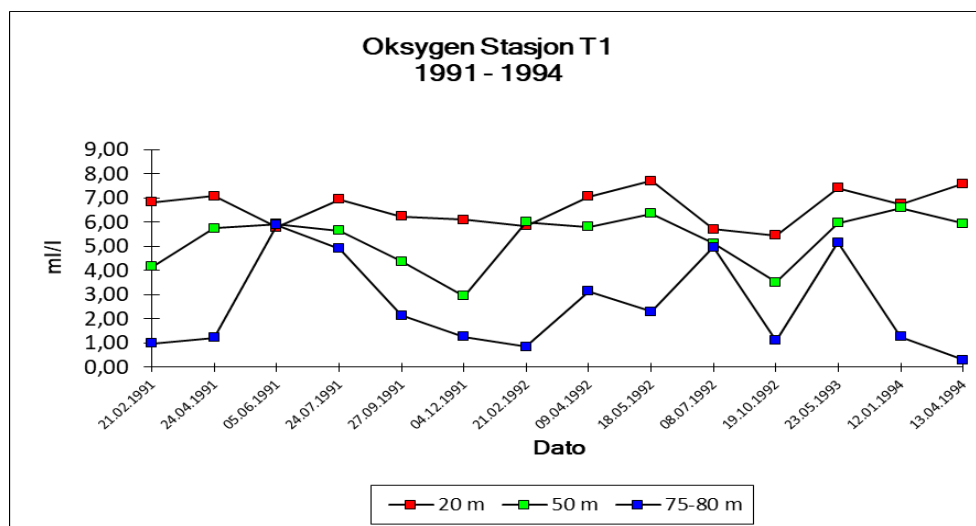
Figur 6 syner resultat for målt sjøtemperatur og salinitet i 1987-1990 ved Stasjon T7 Steinsland. Målingane av oksygen avdekkja at flere stasjonar tidvis hadde dårleg djupvassutskifting og låge verdiar. Figur 7 syner eit døme på dette frå Stasjon T1 Kausland der det var periodevis lite oksygen nær botnen, mens prøvene frå 50 m djup og grunnare stort sett syntte tilfredsstillande verdiar.

År	Måned											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
1987					x	x	x	x	xx	x	x	x
1988		x	x	x	xx	x	x					x
1989	x	x	x	x	x		x			x	x	
1990		x					x				x	
1991		x					x					x
1992		x										
1993												
1994	x											
1995												

Figur 5. Oversyn over prøvetakingsprogrammet i perioden 1987 til 1995. Frå Golmen og Oug 1995.



Figur 6. Målt temperatur og salinitet ved Stasjon T7, Steinsland, i 1987-1990. Frå Golmen og Oug (1995).



Figur 7. Oksygendata frå Stasjon T1 Kausland 1991-1994.

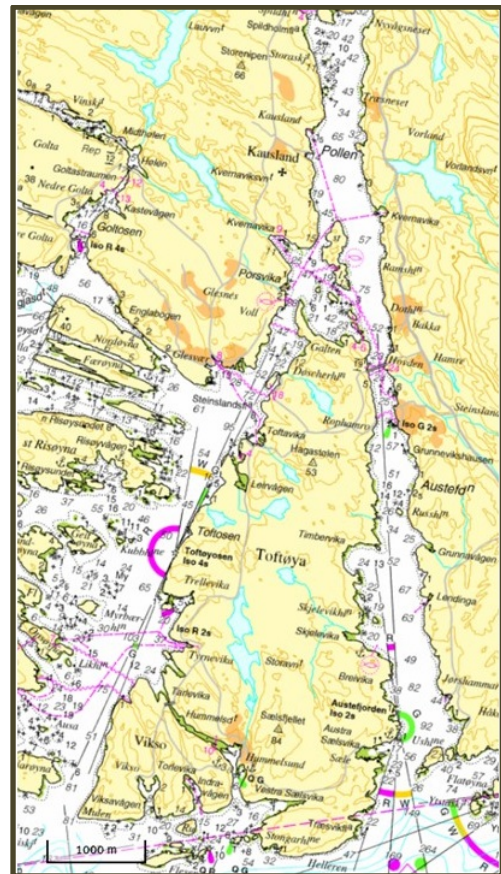
Innerst ved Eide var det eit større kommunalt utslepp, som forårsaka visse problem for vasskvaliteten der. Dette utsleppet vart, som sagt over, flytta ut av Eidespollen og sørover til større djup for om lag 10 år sidan. Tilhøva vart truleg betre som følge av dette.

2 Måleprogrammet i 2018

2.1 Målestasjonar

Stasjonane var lokalisert rundt Toftarøy, med same nummerering som på 1980-90 talet: T1 Kausland, T2 Glesnes, T3 Tyrnevik, T4 Usholmvika, T5 Krossfjorden, T6 Eidespollen og T7 Steinsland. Sjå kartet i Figur 8 og snittet i Figur 10 for plassering. Figur 8 syner også utsnitt av sjøkartet for området kring Toftarøy.

Desse sjøområda er alle grunnare enn 100 m, det er først sør for Toftarøy at det djupnar ut mot Krossfjorden til fleire hundre meters djup. Austefjorden er oppdelt i fleire basseng, skild av tersklar, slik det er antyda i Figur 10. Terskelen på rundt 15 m djup ved Steinsland deler fjorden i to hovudbasseng. Det nordlegaste bassenget har eit grunt utløp ved Galten vestover mot Toftarøyosen.



Figur 8. Kart over sjøområda rundt Toftarøy med målestasjonane og utsnitt av sjøkartet.

2.2 Måling og prøvetaking

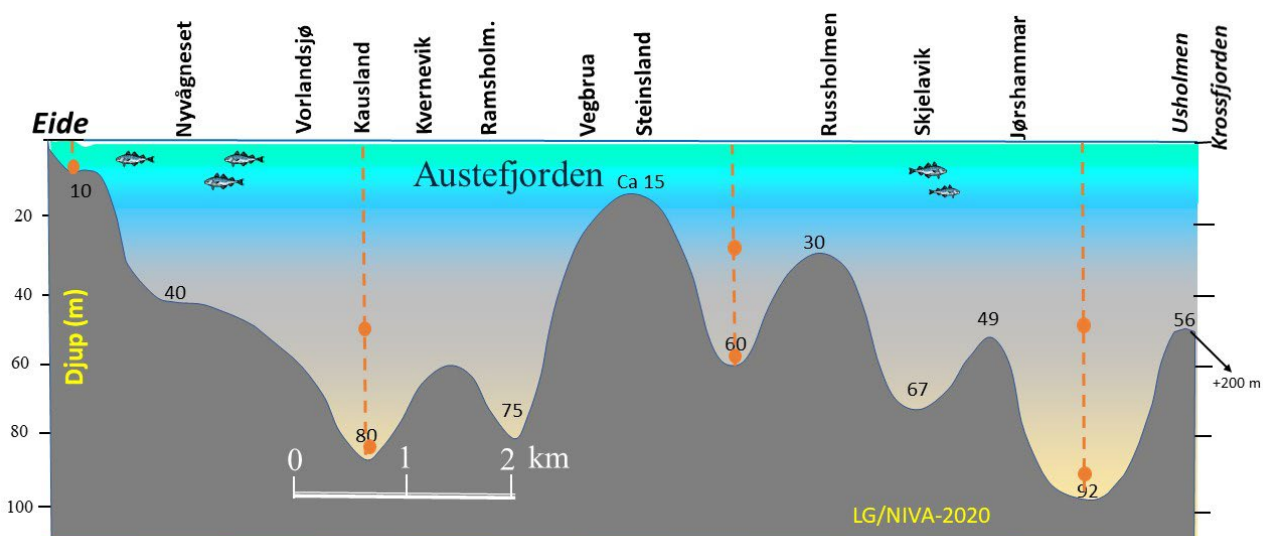
På kvar stasjon vart det målt hydrografi med ein SAIV CTD SD-208 målesonde frå NIVA (Figur 9). Denne registrerte automatisk sjøens salinitet, temperatur, oksygen og turbiditet frå overflate til botn.

For det meste vart det nytta sonde som i tillegg målte klorofyll-a . Siktedjup vart målt manuelt med Secchiskive.



Figur 9. CTD SD-208 fra SAIV brukt i måleprogrammet.

Prøvetakinga pr stasjon/tokt er synt i tabellen under. Denne følgde same opplegg som på 1980-90 talet. Figur 10 syner eit topografisk snitt langs Austefjorden med dei fire målestasjonane der.



Figur 10. Topografisk snitt langs Austefjorden. Raud strek syner lokalitet for prøvetaking og raud prikk indikerer prøvetakingsdjupa.

Tabell 4. Oversikt over prøvetakingsdjup på dei ulike stasjonane.

Djup ↓	T1 Kausland	T2 Glesnes	T3 Tyrnevik	T4 Usholmvik	T5 Krossfdn	T6 Eide	T7 Steinsland
0 m						10 m	
							30 m
		50 m	50 m		50 m		
							60 m
		80 m					
			90 m	90 m	90 m	90 m	
100 m							

Parameterliste pr vassprøve/stasjon:

Følgjande prøver vart tappa, for påfølgjande analyse:

- Oksygen: Ved all prøvetaking, kvart tokt
- Nærings salt: Fosfat, nitritt+nitrat,

2.3 Toktprogrammet

Første toktet var 12. desember 2017. Vinteren 2018 vart programmet noko hindra grunna islegging. Opplegget vart litt modifisert etter oppstart, ved at ein stasjon ekstra (T3) vart lagt til. Samla vart det gjennomført 7 tokt. Sjå Tabell 5.

Tabell 5. Utførte tokt i Sund (dato). På toktet 17.01.2019 vart det ikkje tatt nærings saltprøver.

År	2017	2018					2019
Mnd #	12	2	4	6	8	10	1
Dato	12.	6.	18.	28.	9.	11.	17.

Vassprøver vert teke i to djup på 7 stasjonar (Tabell 5), med unntak av Stasjon 5 og 6 (ei prøve). Prøvene vart konservert i felt og seinare analysert for nærings salt og oksygen.

Oksygenprøvene vart analysert dagen etter toktet ved NIVAs avdeling i Bergen. Kjemiprøvene vart analysert ved NIVAs lab i Oslo. CTD profil og siktdjup vart målt på alle stasjonane. CTD-data for april vart kutta på siste stasjon, Tyrnevik, grunna eit teknisk problem. Måling av sikt på stasjonen ved Eide vart hindra grunna islegging eller ein såg heilt til botnen på dei to første tokta. Ellers er alle seriane komplette.

3 Presentasjon av resultat

3.1 Salinitet-temperatur

Målingane av temperatur og salinitet med CTD-sonden er samanstilt som tid/djup konturplott i Figur 11 - Figur 13. Dei opne vassmassane i Krossfjorden (Figur 12) kommuniserer godt med kystvatnet utanfor og vatn frå fjordane innafor. Avkjølinga og konveksjonen om vinteren/våren 2018 nådde der så langt som målingane rakk. Sommarvarmen heldt seg fram til årsskiftet.

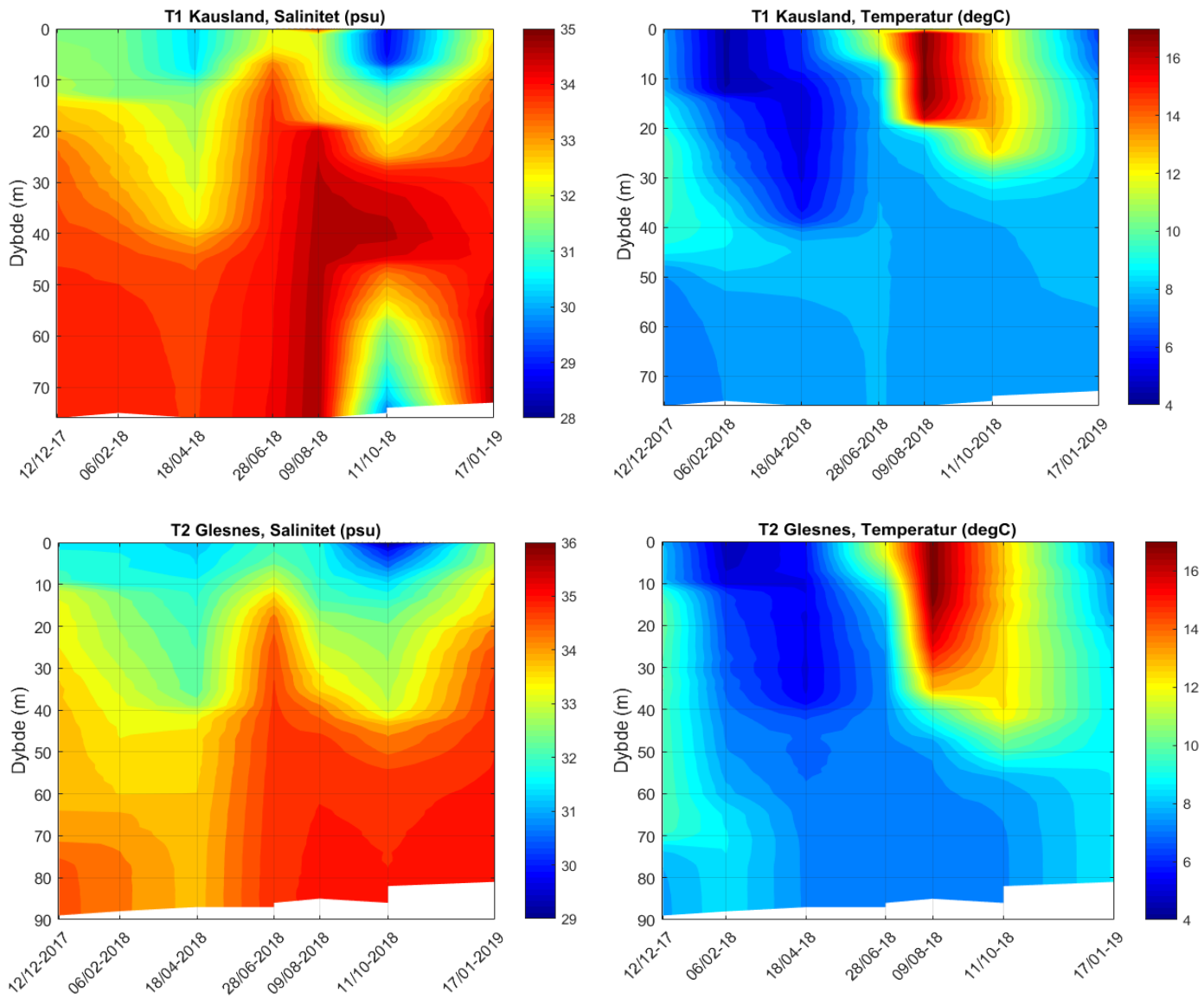
På dei resterande stasjonane er utviklinga prega av sperrane for horisontal utskifting som botntersklane representerer (Figur 10).

På den grunne (10 m) stasjonen ved Eide rakk vinterkonveksjonen til botnen og saliniteten låg stort sett over 30, med unntak av litt ferskare vatn i overflata i juni og oktober. I oktober var det lågare salinitet enn ellers gjennom heile vassøyla der. Vidare sørover i Austefjorden (T1 og T7) var det tilsynelatande ei utskifting ei tid før juni-målingane, med tydeleg auke i saliniteten i djupvatnet.

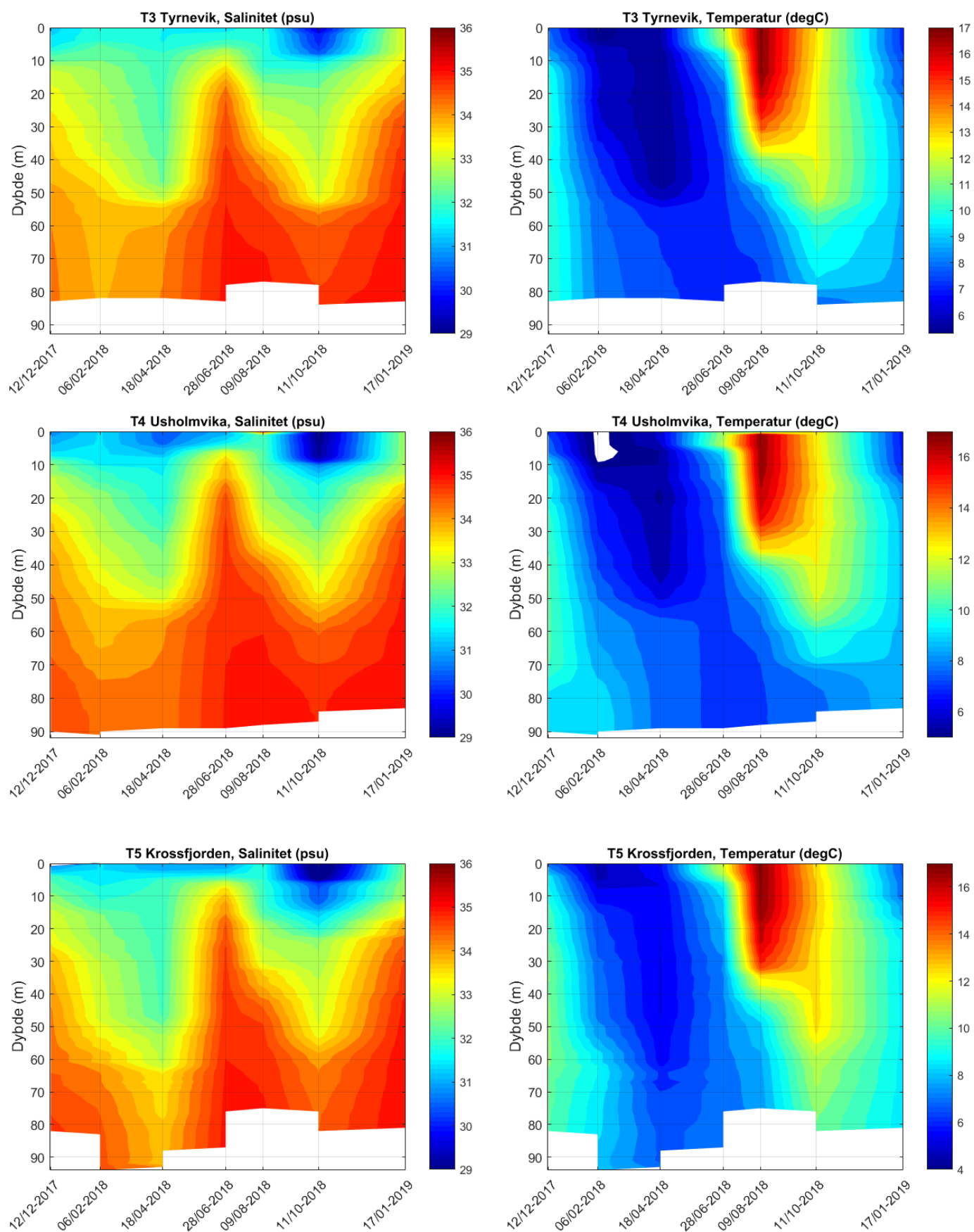
På T4 (Usholmvika) var det også eit liknande utskiftingsfenomen, men salinitetsauken var ikkje like stor som på stasjonane lenger nord. Der var også ein markert auke i oksygenverdiene i juni, noko som støttar under utskiftingshypotesen (sjå avsnitt 3.3).

Stasjonane vestom Toftarøy (T2 Glesnes og T3 Tyrnevik) hadde også auke i saliniteten i djupvatnet sommaren 2018, noko som tyder på ei utskifting før juni-målingane. T3 hadde tilfredsstillande oksygenverdiar gjennom vinteren og våren, så der kan utskiftinga vere hyppigare eller meir kontinuerleg enn lenger nord.

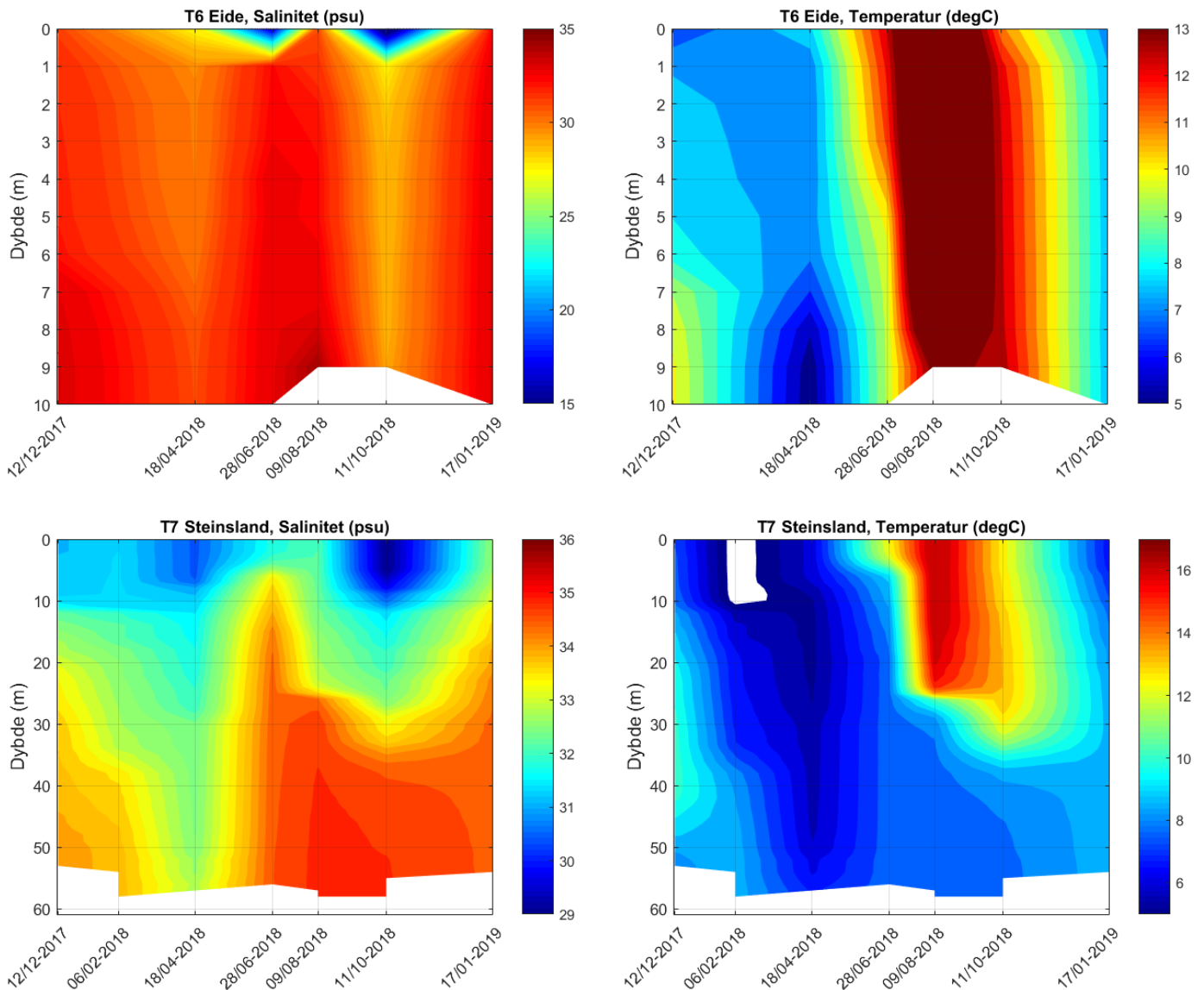
Dei to stasjonane T2 Glesnes og T3 Tyrnevika har botndjup på hhv. 95 og 103 m. Av sjøkartet synest det vere ein botnterskel på rundt 45 m djup mellom desse stasjonane og ein litt djupare terskel (51 m) sør for Tyrnevika, nordaust for Narøya. Desse terskeldjupa harmonerer rimeleg bra med djupet mellom salt djupvatn og litt mindre salt over slik det framgår frå plotta for dei to stasjonane.



Figur 11. Salinitet og temperatur ved Stasjon T1 Kausland og T2 Glesnes.



Figur 12. Salinitet og temperatur ved Stasjon T3 Tyrnevik, T4 Usholmrika og T5 Krossfjorden.



Figur 13. Salinitet og temperatur ved Stasjon T6 Eide og T7 Steinsland.

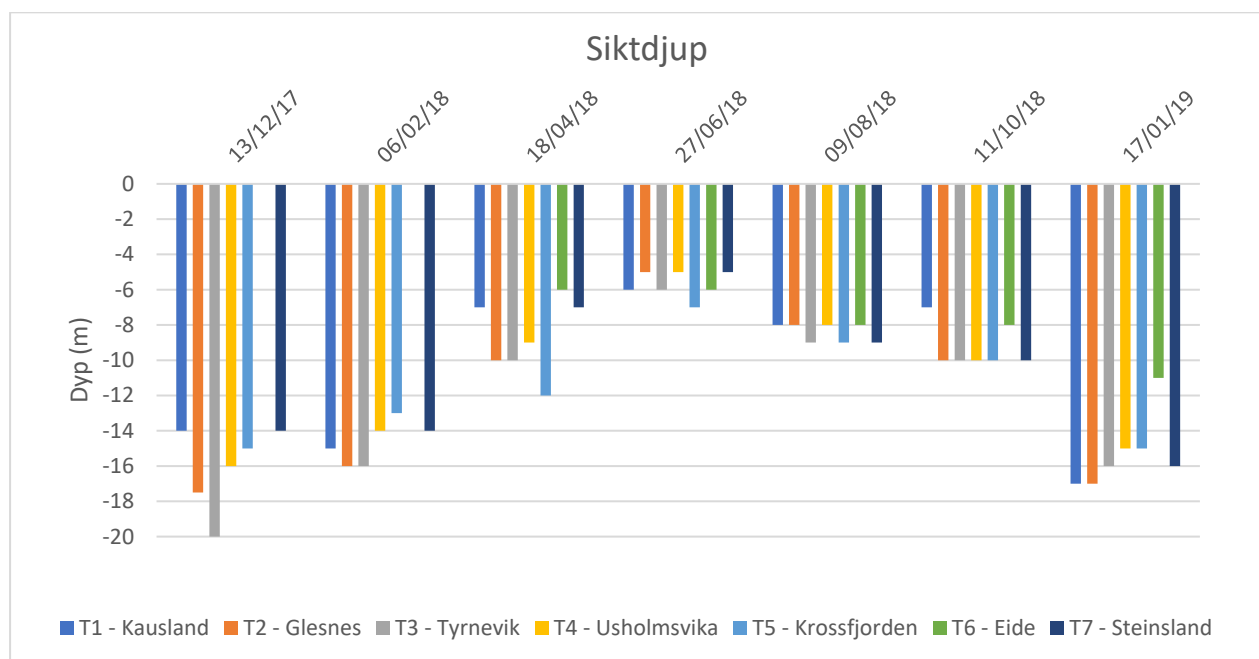
3.2 Siktdjup

Målt siktdjup på alle stasjonane er synt i Figur 14. Resultata formidlar det normale mønsteret med god sikt (høge verdiar) om vinteren og dei lågaste verdiane om sommaren. Dette skuldast i hovudsak forekomst av algar og anna organisk materiale sommarstid.

Sikten var god på dei fleste tokta, med unntak av i juni. Det var ingen markant gradient frå dei inste stasjonane til Krossfjorden, men sikten i Krossfjorden var stort sett alltid litt betre enn ved Eide og Kausland.

Miljødirektoratets klassifiseringsystem for siktdjup er basert på middelvei over fleire år av målingar i sommarmånadane. I foreliggende samanheng vil det sei juni- og augustmålingane. Middelveiane frå den perioden (2 målingar) er presentert i Tabell 6. Det framgår at tilstanden er karakterisert som anten «svært god» eller «god», ut frå kriteria gitt i oversynet i Vedlegg A. Tyrnevik i Toftarøyosen og Krossfjorden har dei beste verdiane (god sikt). Desse resultata gjev ein indikasjon på tilstanden.

Programmet sommaren 2018 talde, som nemnt, kun to målingar og formell klassifisering skal innehalde fleire sommarmålingar, fordelt over minst tre av dei seks siste åra.



Figur 14. Siktdjup målt på alle stasjonane.

Tabell 6. Snittverdi for siktdjup for sommarmånadane. Blå farge indikerer tilstand «meget god», grøn farge «god» i følgje vegleiaren frå Miljødirektoratet, tabellen i Vedlegg A her.

Stasjon	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Sikt, m)	7	6,5	7,5	6,5	8	7	7

3.3 Oksygen

Registreringane av oppløyst oksygen i sjøen vart gjort dels som vertikalprofil med elektronisk målesensor og dels ved analysar av vassprøver (Winkler) i einsskilte djup. Winklerprøvene har best nøyaktigheit mens sensormålingane gjev eit godt samtidsbilette av fordelinga av oksygen nedover i sjøen. Resultata er synt som konturplott i Figur 15 - Figur 17.

Det var ikkje registrert oksygenvinn på nokon av stasjonane i måleperioden.

Stasjonane T1, T2, T4 og T7 hadde lite oksygen i botnvatnet gjennom vinteren 2018 før ei utskifting mellom målingane i februar og april som førte med seg friskt vatn. Deretter var oksygenet gradvis forbrukt og låge verdier i botnvatnet oppstod igjen vinteren 2018/2019.

Perioden april-juni hadde gjennomgåande høgast oksygenmetning i overflatelaget. Dette har antakeleg samanheng med algeoppblomstringar i den perioden (algar produserer oksygen på dagtid).

Tabell 7 syner fordelinga av Winklerprøvene på dei sju stasjonane. Der er raud farge assosiert med høve verdier, og grøn farge med låge verdier (for å skilje dette frå fargekodane i den formelle klassifiseringa (Miljødirektoratet 2018, Vedlegg A her)).

Dei djupaste prøvene synte gjennomgåande lågare oksygenverdiar enn prøver i grunnare sjikt på same stasjon.

Lågaste verdi i serien vart registrert ved T2 Glesnes i desember 2017 (0,28 mg/l). Nest-lågaste verdi var ved T1 ausland i april 2018 (0,36 mg/l).

Mange av stasjonane hadde ofte nesten like (og gode) verdiar på kvart tokt i dei to prøvetakingsdjupa, til dømes ved Usholmvika og Steinsland. Samstundes vart den tredje lågaste verdien i heile serien registrert ved Usholmsvika stasjonen (0,63 mg/l i oktober 2018).

Ingen av stasjonane hadde permanent låge oksygenverdiar i djupvatn/botnvatn.

Særs høge oksygenverdiar ved Eide i april kan skuldast algeoppblomstring, stimulert av avrenning frå land.

Stasjon T3 Tyrnevik hadde tilfredsstillande oksygenverdiar gjennom vinteren og våren og kan ha eit litt anna utskiftingsmønster (eller mindre tilførsler av organisk stoff) enn stasjon T2 Glesnes litt lenger nord. Jamfør med diskusjonen om utskifting i avsnitt 3.1.

Tabell 7. Resultat av oksygenmålingane (Winklerprøver, mg/l), med fargeskala som indikerer høg (raud)/låg (grøn) verdi.

Oksygen (mg/L)	dyp (m)	13.12.2017	06.02.2018	18.04.2018	27.06.2018	09.08.2018	11.10.2018	17.01.2019
T1 - Kausland	50	5.815	3.641	3.702	7.634	7.024	5.458	6.82
	80	2.611	1.375	0.359	7.606	6.34	3.906	1.20
T2 - Glesnes	50	9.366	8.53	7.483	8.748	6.788	6.87	8.63
	90	0.276	2.707	5.698	8.015	7.09	4.05	8.57
T3 - Tyrnevik	90	7.957	8.421	7.935	8.127	7.352	6.408	8.64
T4 - Usholmsvika	50	8.402	8.574	8.85	8.072	8.37	7.788	8.53
	90	1.202	0.785	6.885	7.91	5.942	0.632	8.93
T5 - Krossfjorden	90	7.739	8.32	8.747	8.405	7.714	8.114	8.58
T6 - Eide	10	7.112	9.388	11.808	8.644	6.866	5.384	8.02
T7 - Steinsland	30	8.39	8.927	9.151	7.573	7.638	7.016	8.34
	60	2.287	4.39	2.225	7.701	6.154	4.242	8.21

I klassifiseringssystemet til Miljødirektoratet (Vedlegg A her) skal lågaste oksygenverdi i botnvatnet gjennom minst tre år leggst til grunn. Vår serie er går berre over eitt år, så grunnlaget er ikkje formelt tilstrekkeleg for ei slik klassifisering. Likevel har vi gjort ei tentativ tilnærming til dette, som synt i Tabell 8.

Krossfjorden får tilstand «svært god». Det må merkast at det ikkje er målt i botnvatnet der, slik at samanlikninga med bassengstasjonane innafor ikkje er blir særleg relevant. Andre granskingar syner at Krossfjorden har gode tilhøve (Miljødirektoratet 2019).

T3 Tyrnevik havna so vidt over i klassa «svært god», og T6 Eide låg i klassa «god» (dette er ein grunnstasjon og soleis eigentleg ikkje godt eigna for denne klassifiseringa).

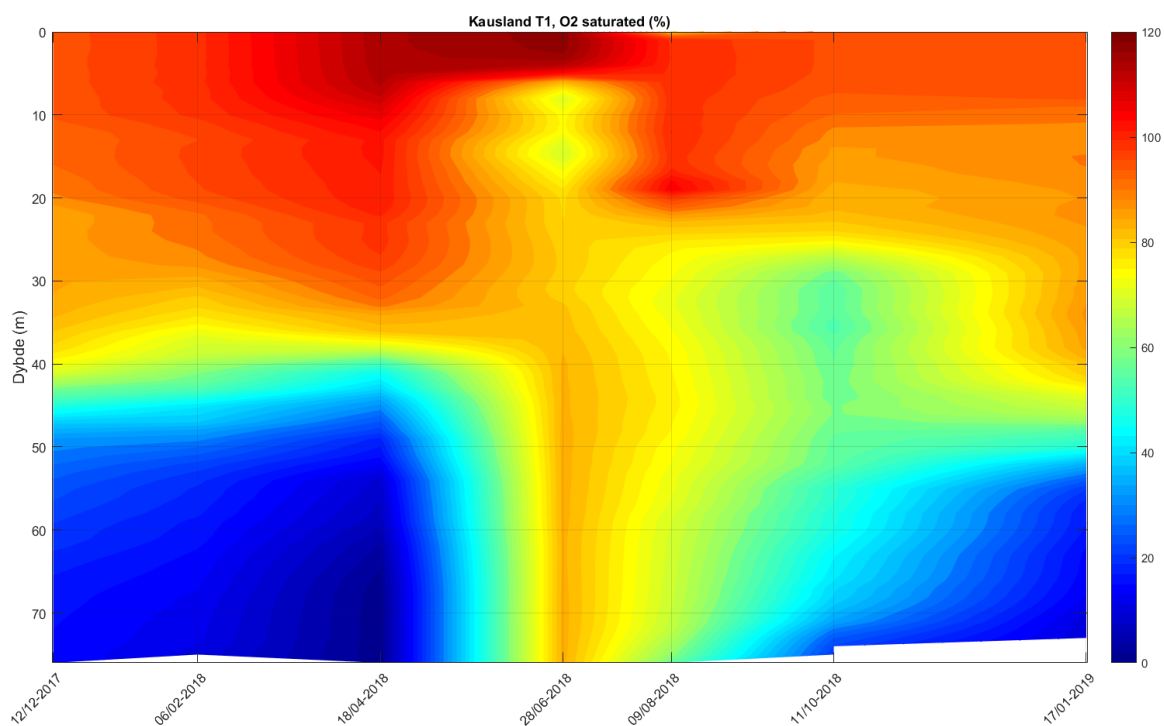
Dei resterande stasjonane hamnar i klasse «dårlig» eller «svært dårlig».

Sjølv om klassifiseringa her er bygd på kun eitt år med data vil den gje ein god indikasjon på at tilhøva i djupvatnet ikkje er gode på mange av stasjonane. Dei låge oksygenverdiene tider av året vil svekke livsvilkåra for botnfauna og pelagiske djupvassorganismar og antakeleg medføre redusert artsrikdom.

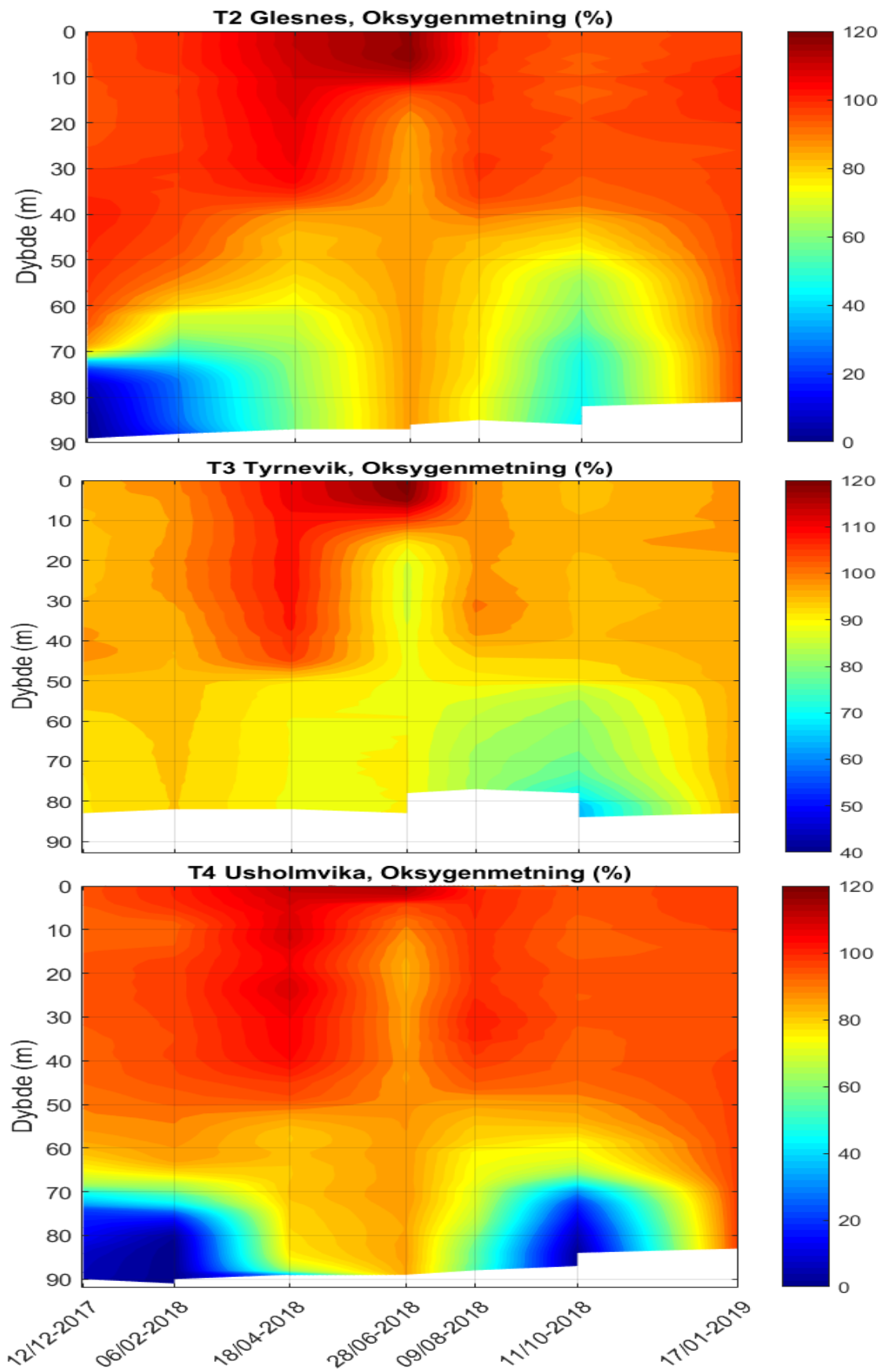
Tilstanden kan vere dels naturleg, grunna tersklane og dårleg vassutskifting. Lokale forureinings-tilførsler kan også spele ei rolle, til dømes ved Glesnes og Usholmsvika.

Tabell 8. Registrerte minimumsverdiar for oksygen (frå Tabell 7, omrekna til ml/l). Fargekodane motsvarar kodene i Miljødirektoratets klassifisering, Vedlegg A i denne rapporten.

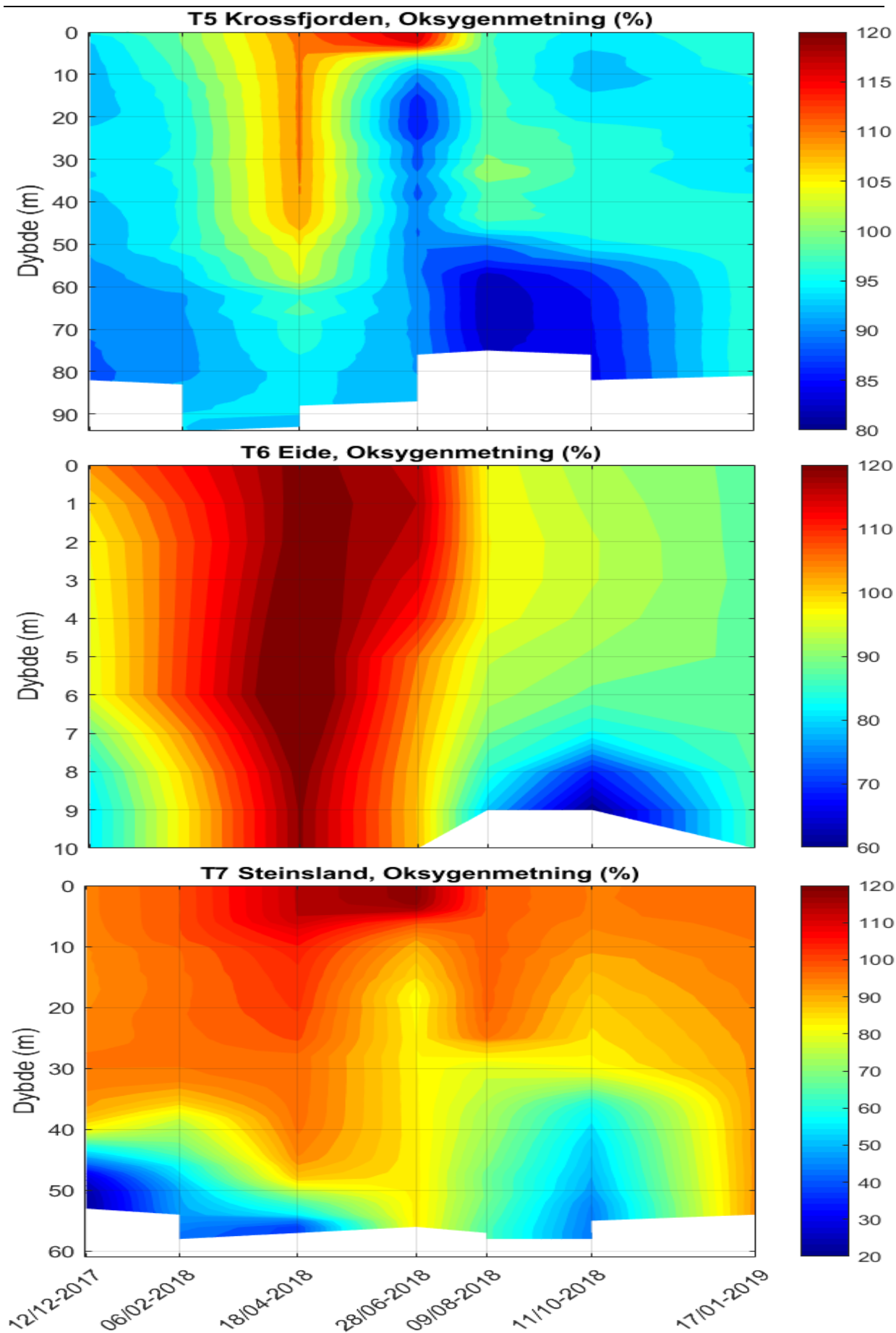
Stasjon	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
O2-min	0,25	0,20	4,51	0,44	5,43	3,79	1,57



Figur 15. Målt oksygenmetting (%) ved stasjon T1, Kausland (sondeverdiar) frå overflata ned til om lag 75 m djup (nær botnen).



Figur 16. Målt oksygenmetting (%) ved stasjon T2 Glesnes, T3 Tyrnevik og T4 Usholmvika.



Figur 17. Målt oksygenmetting ved stasjon T5 Krossfjorden, T6 Eide og T7 Steinsland.

3.4 Nærings salt

Prøvetakinga for nærings salt (fosfat og nitrat/nitritt) var konsentrert om djupvatnet og fall saman med prøvetaking for oksygen og øvrige målingar med unntak av siste toktet. Normalt vil konsentrasjonane av nærings salt auke i stagnerande botnvatn ved at organisk nedfall vert brote ned (med forbruk av oksygen) og remineralisert.

Klassifiseringssystemet for vasskvalitet (tabellen i Vedlegg A) baserer seg på prøver frå 0, 5 og 10 m djup over 6-8 prøverunder både sommar- og vinter. Og så skal det vere minst tre år med slike prøver. Så omfattande prøvetaking var det ikkje lagt opp til i Sund i 2018. Resultata vil likevel vere nyttige m.o.t. å sjå på skilnadar frå stasjon til stasjon og evt. stasjonar som har unormalt høge konsentrasjonar. Samt å kunne samanlikne med tidlegare prøvetaking for å avdekke eventuell tidstrend.

Resultata er synt i Tabell 9. Raud fargelegging indikerer høge verdier (relativt til verdier på andre stasjonar), og grøn farge indikerer låge verdier.

Prøvene frå Krossfjorden synte gjennomgåande låge verdier. Det framgår at det ved Glesnes og Usholmsvika var vedvarande høge fosfatverdier i botnvatnet gjennom vinteren og våren. Desse stasjonane hadde også relativt høg partikkelkonsentrasjon ved botnen, og låge oksygenverdier der. Også stasjon T1 Kausland og til dels T7 Steinsland hadde høge fosfatverdier ved nokre tidspunkt.

For nitrogen var det T1 Kausland som utmerka seg mest med høge verdier i botnvatnet (samanfallande med høge fosfatverdier). Også T2 Glesnes og T7 Steinsland hadde periodevis høge verdier. Usholmsvika var ikkje like prega av høge verdier for nitrogen.

Tabell 9. Resultat av nærings saltanalysane. Fargemarkeringa med grøn farge indikerer beste (lågaste) verdier og raud farge som dårlegaste (høgaste) verdier.

Fosfat (ug/L)	dyp (m)	13.12.2017	06.02.2018	18.04.2018	27.06.2018	09.08.2018	11.10.2018
T1 - Kausland	50	33	36	35	25	31	39
	80	49	50	97	24	38	46
T2 - Glesnes	50	15	19	29	25	28	20
	90	100	100	57	25	34	57
T3 - Tyrnevik	90	16	18	73	25	29	32
	90	15	18	19	26	20	8
T4 - Usholmsvika	50	94	100	55	30	51	110
	90	18	21	20	24	28	6
T5 - Krossfjorden	90	18	21	20	24	28	6
T6 - Eide	10	20	15	5	12	34	24
	10	20	15	5	12	34	24
T7 - Steinsland	30	14	17	17	27	26	14
	60	72	49	24	28	44	63

Nitritt+nitrat (ug/L)	dyp (m)	13.12.2017	06.02.2018	18.04.2018	27.06.2018	09.08.2018	11.10.2018
T1 - Kausland	50	144	155	180	105	132	200
	80	195	175	190	106	115	235
T2 - Glesnes	50	55	71	121	137	128	98
	90	165	150	165	138	155	215
T3 - Tyrnevik	90	59	74	185	140	141	150
	90	59	74	185	140	141	150
T4 - Usholmsvika	50	60	69	79	146	71	32
	90	51	26	111	135	134	34
T5 - Krossfjorden	90	72	87	88	136	160	16
T6 - Eide	10	78	67	7	0.5	4	33
	10	78	67	7	0.5	4	33
T7 - Steinsland	30	49	72	71	123	89	63
	60	175	122	115	124	146	220

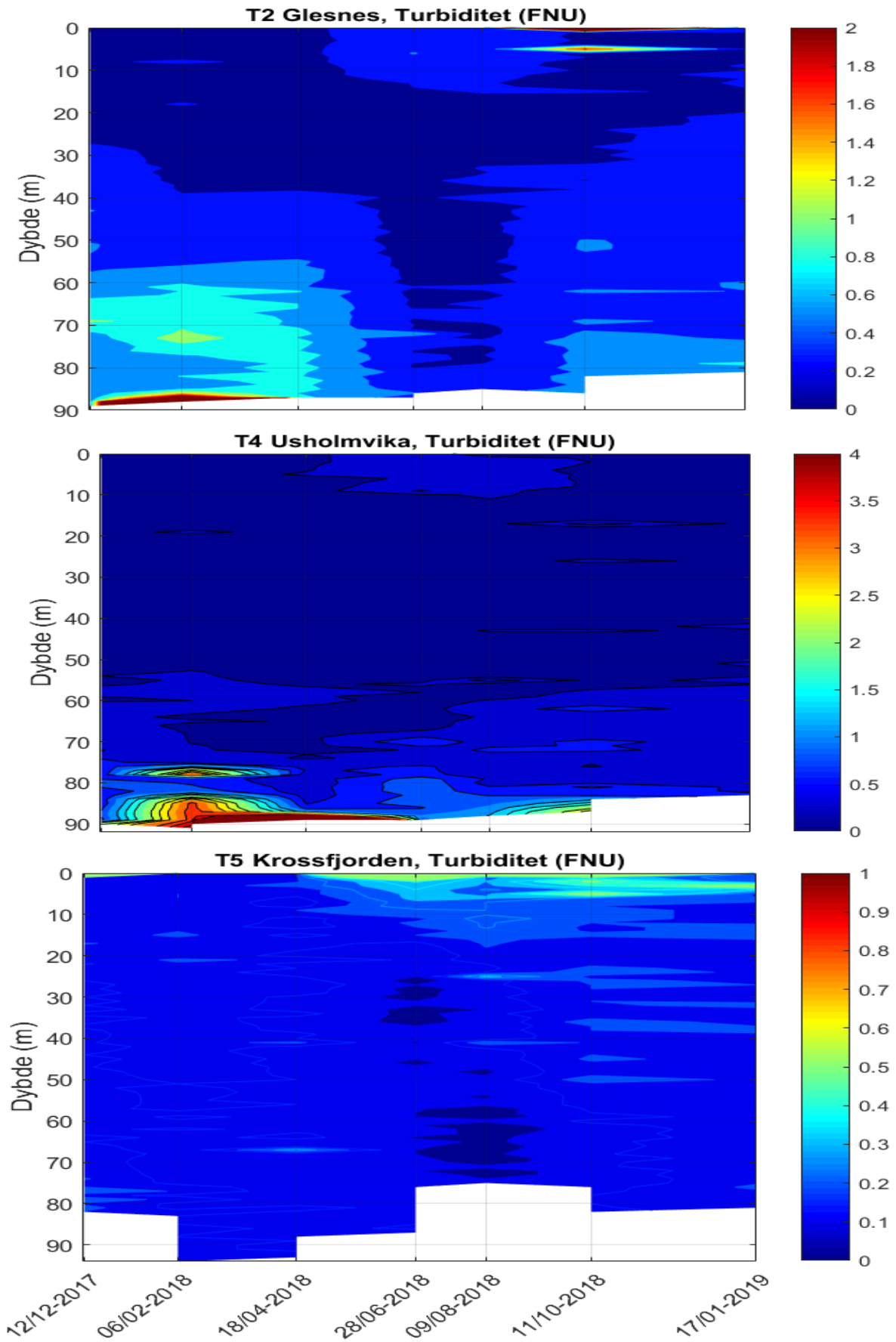
3.5 Turbiditet

Målte turbiditetsverdier på nokre av stasjonane er synt i Figur 18 og Figur 19. Målingane representerer partiklar suspendert i sjøvatnet.

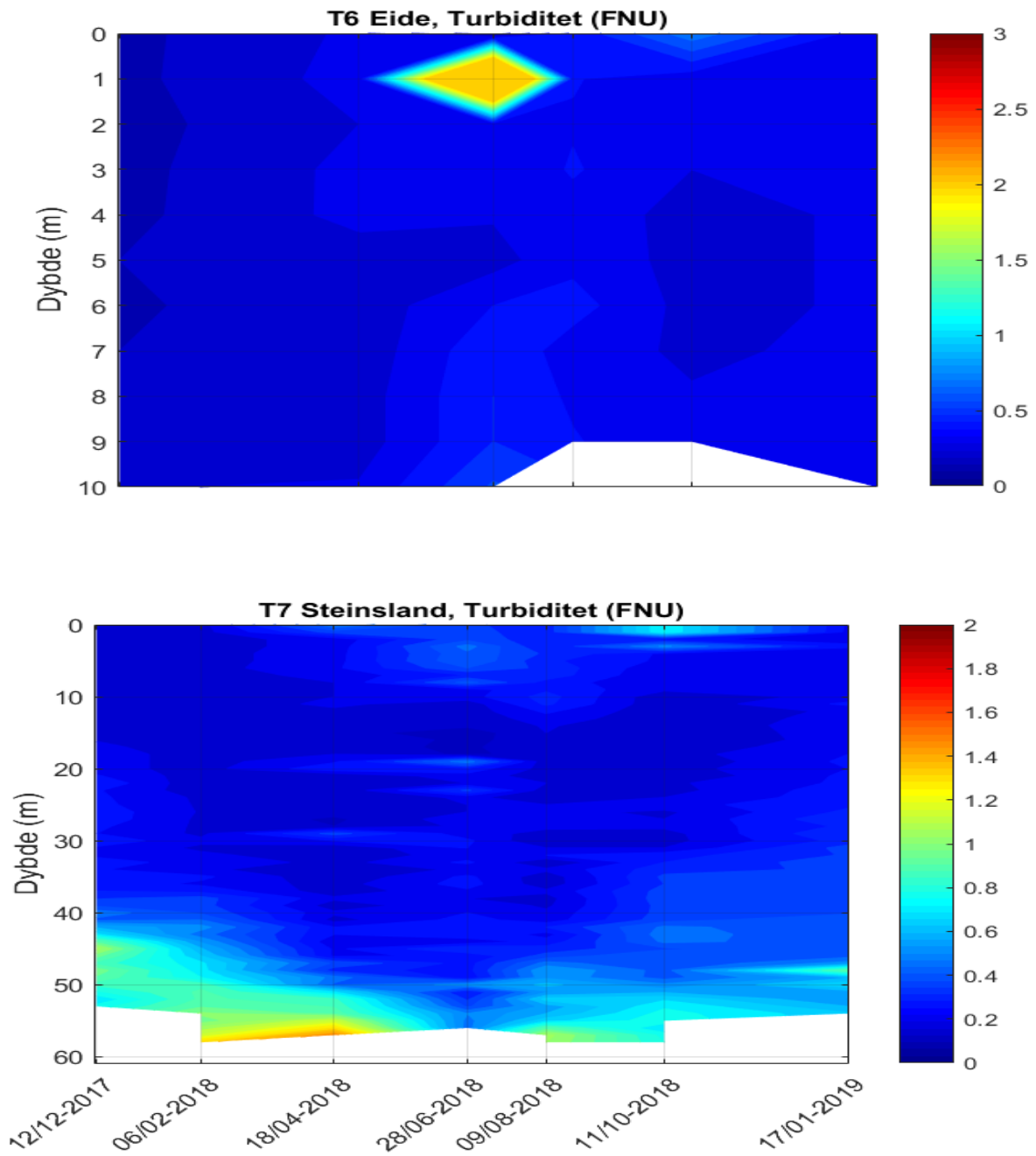
Det framgår at konsentrasjonen på bassengstasjonane auka ved botnen. Dette gjeld ikkje for stasjon T6 Eide og T5 Krossfjorden. (Den høge sommarverdien rundt 1 m djup ved Eide kan skuldast algar eller ei lita sky av andre, større partiklar.)

På stasjon T2 Glesnes var det ei større opphoping av partiklar i djupvatnet gjennom vinteren og våren enn på dei andre stasjonane. Partikkelskya forsvann tilsynelatande om sommaren, i samband med utskiftinga før juni-målingane.

Også stasjonen ved Usholmsvika hadde noko auke i partikkelmengde men der skjer det ganske nær botnen. Det kan skuldast førekomst av tyngre partiklar enn ved Glesnes. Begge stasjonane ligg i nærleiken av potensielle forureiningskjelder (fiskeprosesseringsanlegg og oppdrettsanlegg).



Figur 18. Målt turbiditet ved stasjon Glesnes, Usholmvika og Krossfjorden.



Figur 19. Målt turbiditet ved stasjon Eide og Steinsland.

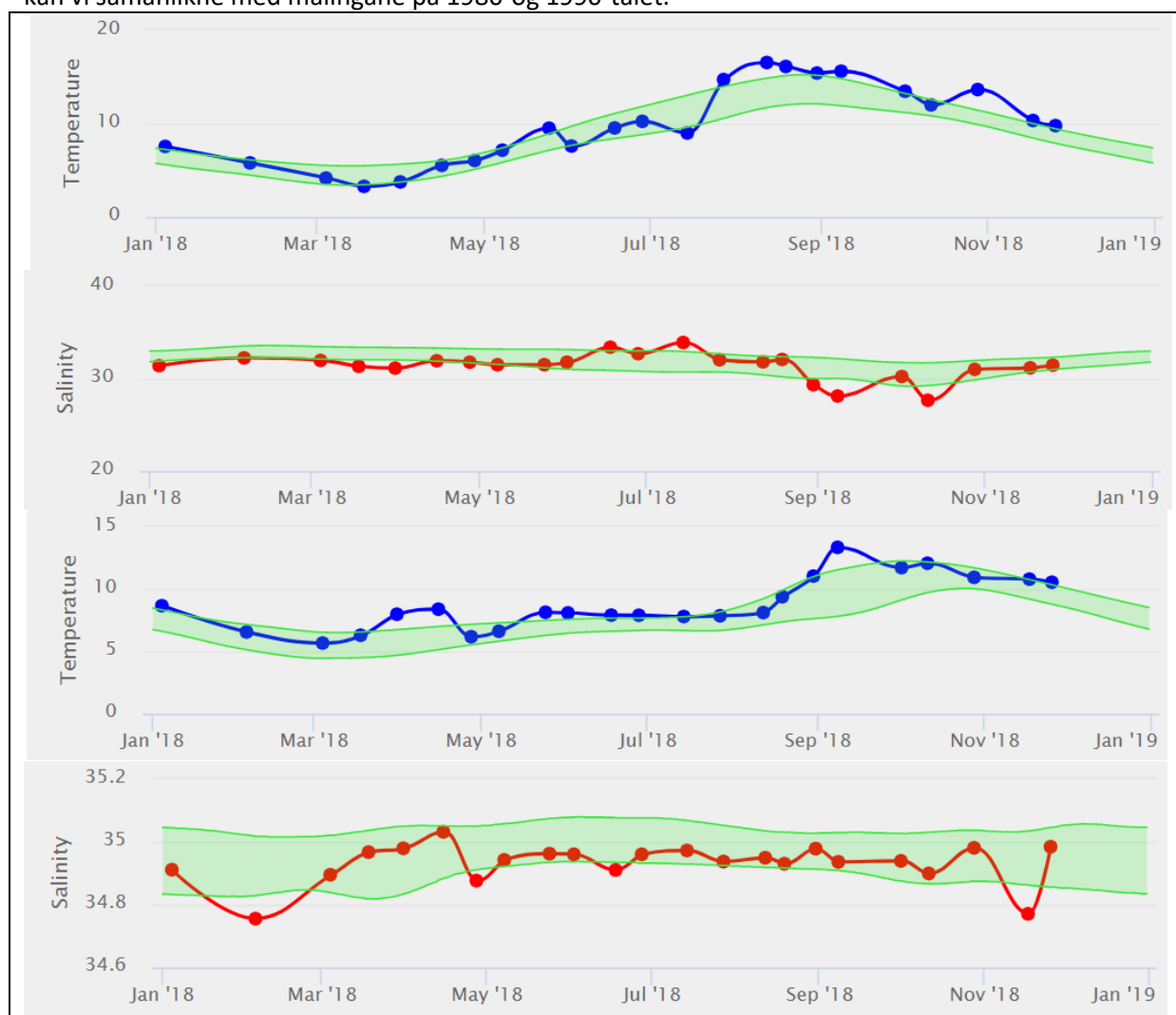
4 Diskusjon og oppsummering

Klimaet på Vestlandet er i endring, og det gjeld også sjøens temperatur langs kysten som har auka med 1-2 grader sei siste ti-åra. Saliniteten syner ein svakare trend, med litt lågare verdiar enn før. Liknande endringar skjer også ute i havet.

4.1 Hydrografiske tilhøve

Veret på Vestlandet i 2018 var prega av ein relativt kjølig og tørr vinter og ein tørr og varm sommar. Hausten 2018 hadde meir nedbør enn normalt (Bergen). Figur 20 syner målt temperatur og salinitet i sjøen i 2018 i 10 og 50 m djup på Havforskningsinstituttets faste stasjon i Sognesjøen. Det grønskraverte feltet syner variasjonsintervallet dei siste ti-åra. I store trekk kan det sjå ut som at saliniteten i 2018 låg noko lågare enn det normale, mens temperaturane var i overkant av normalen: særleg var hausten 2018 prega av varmt vatn.

Det er mot dette bakteppet at målingane i Sund i 2018 vart gjort. Også desse målingane bør reflektere noko varmare og mindre salt vatn enn det som har vore normalt dei siste-tiåra. For vår del kan vi samanlikne med målingane på 1980-og 1990-talet.

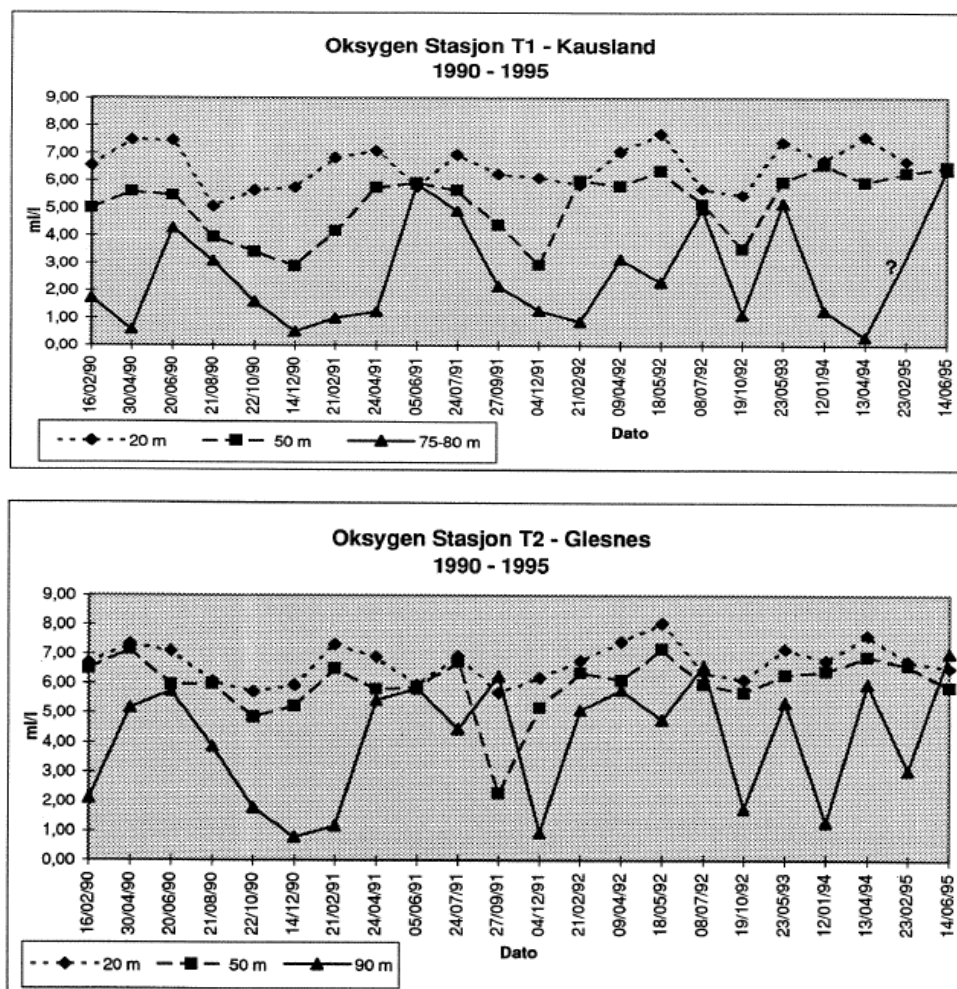


Figur 20. Målt sjøtemperatur og salinitet i Sognesjøen i 2018, 10 m (øvrste to kurver) og 50 m djup. Kjelde: Havforskningsinstituttet.

Målt sjøtemperatur ved Steinland 1987-1990 er synt i Figur 6. I høve til 2018 var sjøen i den perioden 1-2 grader kaldare og hadde om lag 0,5 høgare salinitet. Stratifiseringa kan vere noko sterkare no, og dette reduserer til ei viss grad vassutskiftinga i djupbassenga, utan at vi kan talafeste dette.

4.2 Siktdjup

Siktdjupmålingane synte sommaren 2018 litt høgare verdiar på stasjon T7 Steinsland enn på stasjon T2 Glesnes. I 1987 var det motsett relasjon, men sommarverdiene var tilnærma like i dei to periodane med variasjon innafor 1-2 meter.



Figur 21. Målt oksygen i perioden 1990-1995 ved Kausland og Glesnes. Frå Golmen og Oug 1995).

4.3 Oksygen

Oksygenmålingane frå perioden april 1987- juli 1988 var rapportert i eit notat (Golmen mfl. 1988). Stasjon T6 Eide var den som sleit mest i den perioden, med tidvis oksygenvinn ved botnen. Stasjon T1 Kausland og T32 Glesnes hadde oksygenverdiar ned mot null våren/sommaren 1988, med litt lågare verdiar enn minimumsverdiene i 2018. M.a.o. om lag status-quo på dei stasjonane.

Stasjon T4 Usholmsvika hadde 3,5 ml/l (5 mg/l) som lågaste oksygenverdi i 1988. I 2018 var det to registreringar under 1 mg/l på den stasjonen (Tabell 7), noko som indikerer ei forverring av tilstanden. Stasjon T7 Steinsland hadde lågaste verdi på 1,9 ml/l (2,7 mg/l) i 1988. I 2018 var det ved to tidspunkt litt lågare verdiar. M.a.o. tendens til svak forverring på den stasjonen.

Målingane vart forlenga fram til 1995. Figur 21 syner resultat for stasjonane Glesnes og Kausland. Lågaste verdi ved Glesnes var rundt 1 ml/l (1,4 mg/l), og det var ein tendens til betring i tilhøva utover 1990-talet. Ved Kausland var det fleire tilfelle med verdier ned mot null i den perioden. Lågaste verdi i 2018 var på same nivået (0,25 ml/l), noko som understøttar «status-quo» der.

Det er rapportert om fallande oksygenverdier i fleire fjordar på Vestlandet i det siste, bl.a. i Fensfjorden (Aksnes mfl. 2019). Også i dei store verdshava er det fallande oksygenverdier (Schmidtke mfl. 2017), sjølv om havvatnet utanfor Norge ser ut til å halde seg rimeleg stabilt. Den rapporterte nedgangen i fjordane på Vestlandet er difor mest sannsynleg knytt til ei endring/svekking av vassutskiftinga (meir brakkvatn og tydelegare lagdeling), eventuelt kombinert med auka tilførsler av organisk stoff/næringssalt. Sjøområda kring Toftarøy verkar å ha halde seg rimeleg stabilt dei siste ti-åra, men med tendens til nedgang i oksygen på nokre stasjonar (T4, T7).

4.4 Næringssalt

For næringssalt er det serien frå 1987 som kan danne eit grunnlag for klassifisering. Dagens system for klassifiseringsystem eksisterte ikkje den gong. Det vart gjort ei kvalitativ samanlikning med andre fjordar, med slutning at Austefjorden kunne karakteriserast som lite/moderat påverka. Fosfatverdiene frå sommaren 1987 låg i intervallet 2 - 4 µg/l. Dette ville representere klasse «svært god» eller «god» i dagens system. T4 og T6 hadde dei høgste verdiane (tilstand «god»).

For nitrat låg verdiene i 1987 i intervallet 5 – 8 µg/l. Dette ville motsvare klasse «svært god» etter dagens system.

4.5 Oppsummering

Måleprogrammet i sjøområda kring Toftarøy 2018 omfatta hydrografi, siktdjup, oksygen og næringssalt på 7 stasjonar, ved 7 tidspunkt fordelt over året.

Tilhøva i øvre sjikt i sjøen var gode så langt observasjonane dekkjer. Sikten og oksygentilhøva var gode.

Nokre stasjonar som representerer djupbasseng, har tidvis problem med oksygen. Dette gjeld T1 Kausland, T2 Glesnes og T4 Usholmen. Desse får karakteristikken «meget dårlig». Stasjon T2 og T4 har ansamling av partiklar nær botnen i stagnasjonperiodar. Dette var assosiert med relativt høge næringssaltkonsentrasjonar.

Tilstanden er om lag som på 1980- og 1990-talet: stasjonar med problem den gongen har det framleis, med unntak av T1 Eide der tilhøva ser betre ut no.

Situasjonen bør overvakast og nye utslepp og tilførsler må avgrensast, helst unngåast.

Prøvene dekkjer tre ulike vassførekomstar samt delvis Krossfjorden, og kan knytast til desse ved behov. Med ei oppfølging med registrering av botnfauna og gruntvassamfunn med tilhøyrande vassprøver kan ein få tilstrekkeleg datagrunnlag for ei fullkarakterisering av vassførekomstane, slik som er tilfellet for Krossfjorden (kystovervakingsprogrammet).

5 Litteratur

Aksnes, D., J. Aure, P-O. Johansen, G. H. Johnsen, A. G. og Veia Salvanes 2019: Multi-decadal warming of Atlantic water and associated decline of dissolved oxygen in a deep fjord. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Volume 228, 8s.

Bjerknes, V., L. Golmen, A. Pedersen og K. Sørgaard 1988: Kapasitet for fiskeoppdrett i Skogsvågen og i fjordområda kring Toftarøy på Sotra. Rapport Nr 20172, NIVA, 122s.

Golmen, L., F. Glesnes og V. Bjerknes 1988: Hydrografiske målingar rundt Toftarøy i Sund kommune april 1987 – juli 1988. Notat NIVA-Vest 11. november 1988, 22 s.

Golmen, L. 1991: Overvaking av sjøresipientar i Sund kommune 1987-1990. Statusrapport/notat, NIVA-Vest, Bergen, 14s.

Golmen, L. og E. Oug 1995: Resipientgransking ved tre havbrukslokalitetar i Austefjorden og Toftosen, Sund kommune 1995. Rapport Nr 3362, NIVA, 55s.

Johansen, P-O. mfl. 2018: Temporal changes in benthic macrofauna on the west coast of Norway resulting from human activities. *Marine Pollution Bulletin* Mars 2018, side 483-495.

Miljødirektoratet 2018: Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiserings-system for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Veileder 02-2018, 222 s.

<http://www.vannportalen.no/globalassets/nasjonalt/dokumenter/veiledere-direktoratsgruppa/Klassifisering-av-miljotilstand-i-vann-02-2018.pdf>

Miljødirektoratet 2019: ØKOKYST Delprogram Nordsjøen Nord, Årsrapport 2018. Rapport M-1009, Miljødirektoratet/NIVA, 117s.

<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1009/m1009.pdf>

NS 4745:1991. Bestemmelse av summen av nitritt- og nitrat-nitrogen. Modifisert ved automatisering av bestemmelsen.

NS 9425-3:2003. Oseanografi - Del 3: Måling av sjøtemperatur og saltholdighet.

NS-ISO 5667-9:1992. Vannundersøkelse - Prøvetaking - Del 9: Veiledning i prøvetaking av sjøvann.

NS-ISO 5813:1983. Vannundersøkelse - Bestemmelse av oppløst oksygen - Iodometrisk metode - (= EN 25813:1992) (ISO 5813:1983).

Rådgivende biologer 2018: Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2017-2020. Årsrapport 2017. Rapport Nr 2646, 177s. http://uni.no/media/manual_upload/SAM_1-2017.pdf

Sam-marin 2016: Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2011-2015. Årsrapport 2015. http://uni.no/media/manual_upload/SAM_3-2016.pdf

Sam-marin 2017: Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2011-2016. Årsrapport 2016

SAM e-rapport nr 1-2017. http://uni.no/media/manual_upload/SAM_1-2017.pdf

Schmidtko, S., L. Stramma og M. Visbeck 2017: Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades. *Nature* 1 6 feb. 2 0 1 7, VO L 5 4 2, side 335-351.

Vedlegg A. Tilstandsklassifisering

Klassifisering for næringssalt, oksygen og sikt i kystvatn (salinitet over 18). Frå Miljødirektoratet (2018).

Tabell 9.26 Klassifisering av tilstand for næringssalter og siktdyp i overflatelaget, samt oksygen i dypvannet ved saltholdighet over 18 (modifisert fra SFT 97:03).

Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Overflatelag Sommer (Juni-August)	Total fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	< 11,5	11,5-16	16-29	29-60	>60
	Fosfat ($\mu\text{g P/l}$)*	< 3,5	3,5-7	7-16	16-50	>50
	Total nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	< 250	250-330	330-500	500-800	>800
	Nitrat + nitritt ($\mu\text{g N/l}$)*	< 12	12-23	23-65	65-250	>250
	Ammonium ($\mu\text{g N/l}$)*	< 19	19-50	50-200	200-325	>325
	Siktdyp (m)	> 7,5	7,5-6	6-4,5	4,5-2,5	<2,5
Overflatelag Vinter (Desember- Februar)	Total fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	< 20	20-25	25-42	42-60	>60
	Fosfat ($\mu\text{g P/l}$)*	<14,5	14,5-21	21-34	34-50	>50
	Total nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<291	291-380	380-560	560-800	>800
	Nitrat+nitritt ($\mu\text{g N/l}$)*	<97	97-125	125-225	225-350	>350
	Ammonium ($\mu\text{g N/l}$)*	<33	33-75	75-155	155-325	>325
Dypvann	Oksygen ($\text{ml O}_2/\text{l}$)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20

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 samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

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