

Fylkesmannen i Oslo og Viken

Att.: Martina Vestgård

fmovpost@fylkesmannen.no

DERES REF: 2019/23184 | VÅR REF: HAH
DOKUMENTKODE: 10213780-TVF-BREV-022
TILGJENGELIGHET: Åpen

Oslo, 3. august 2020

STATKRAFT TOFTE - UTSLIPPSTILATELSE

Tilleggsopplysninger til søknad om permanent utslippstillatelse

Bakgrunn

Statkraft Tofte sendte inn søknad om permanent utslippstillatelse 24.02.2020.

Fylkesmannen i Oslo og Viken ber i brev 03.06.2020 om tilleggsopplysninger for i alt 4 punkter. To av disse er allerede besvart.

- Bekreftelse fra Asker kommune om tiltaket er i tråd med gjeldende planer etter plan- og bygningsloven; Besvart pr E-post til Fylkesmannen 10.06.2020
- Adresseliste til høring; Besvart pr E-post til Fylkesmannen 25.06.2020
- Utslipp til vann, avrenning fra lagring av tømmer og flis; Punktet besvares i dette brev
- Støy, behov for samlet vurdering; Punktet besvares i dette brev

Utslipp til vann

Fylkesmannen skriver følgende i sitt brev:

Vi oppfatter at virksomheten vil ha lagring av tømmer og flis utendørs, og at avrenning fra utendørs lagring vil renne ut i sjø. Avrenning fra slike aktiviteter kan blant annet inneholde oksygenforbrukende stoffer og næringsalter.

- *Vi ber at dere sender oss en nærmere beskrivelse av bedriftens utslipp av utendørs overflatevann, inkludert forventet innhold av forurensende stoffer, beskrivelse av resipienten og beskrivelse av utslippets påvirkning på resipienten.*

Beskrivelse av nåværende lagring av tømmer og flis

Statkraft Tofte lagrer tømmer for tørking i området nordvest for kaianlegg. Dette området har gjennom lang tid blitt benyttet til tømmerlagring for Sødra Cell. Avrenning fra dette området filtreres naturlig gjennom grunnen og gir ikke noe direkte utslipp til resipient. Filtrering gjennom grunn er ansett som et effektivt tiltak for fjerne både finstoff og ekstraktivstoffer som kan komme fra lagring av trevirke.

Virksomheten lagrer noe tømmer på kaiområdet ifm flishugging. Ferdig produkt lagres også på kai i påvente av forsendelse til kunde. Kaien har tette flater og nedbør som ikke suges opp av trevirke kan renne til sjø. Bedriften ser at flis i praksis suger opp nedbør, og det observeres lite eller ingen synlig avrenning av vann

Tilleggsopplysninger til søknad om permanent utslippstillatelse

fra flishauger ved nedbør. Nedbør på tømmer og flis vil også magasineres og så fordampe i tørre perioder, dvs avrenning fra et lagringsområde kan til dels være mindre enn et område uten slik fordrøying.

Kaiområdet og andre transportflater koster periodisk for å samle opp bark og annet tremateriale. Dette blandes enten inn i produkt eller samles for levering til kompostering. Direkte søl til sjø ved lasting av produkt søkes holdt så lavt som mulig og tømmer som måtte havne i sjø ved lossing samles opp fra lettboat.

I motsetning til bruk av tømmer til masseproduksjon, sagbruk mm benyttes lagringsområde og kai på Tofte til tørking av råvare og produkt for å få ned fuktighetsgraden. Det foregår derfor ikke vanning av tømmeret og det vil kun være nedbør som kan forårsake avrenning. Avrenning og utvasking fra tømmer og flis lagret på områdene er derfor lavere enn hva som forventes av tradisjonell tømmerlagring med vanning.

Avrenning fra tømmer

Norsk Treteknisk Institutt gjennomførte i 1996-1998 en undersøkelse av avrenning fra tømmervanning [1]. Formålet med undersøkelsen var å vurdere om ulike metoder benyttet til vanning av tømmer ga ulike resultater for vannkvalitet på avrenning. Selv om Statkraft Tofte ikke vanner lagret tømmer, er flere av rapportens punkter relevante hva gjelder utvasking og avrenning fra tømmerlagring.

Rapporten beskriver at utvasking av tømmer i all hovedsak kommer fra barken. Det vises til litteratur der kun brøkdeler av barkens teoretisk vannløselige masse vaskes ut ved vanning og at utvasking er relatert til vanningsintensitet. Siden tømmer på Tofte kun tilføres naturlig nedbør anses utvasking å være begrenset. Avrenning kan inneholde naturlig forekommende organiske og uorganiske stoffer, inkludert mineraler, næringssalter, harpikksyre, tanniner, ligniner og polyfenoler.

Rapporten inneholder et anslag på teoretisk mengde vannløselige stoffer i tømmer. Verdiene er framkommet ved total utluting av tømmer i vann og er derfor langt høyere enn de mengdene som i alle tenkelige scenarier kan vaskes ut fra tømmer lagret på land. Kjemisk oksygenforbruk (KOF) er som et eksempel beregnet til 0,3-0,7 kg/m³ tømmer. For Statkraft Toftes virksomhet med et tak på lagringskapasitet på 150.000 m³, vil en teoretisk tilgjengelig KOF-verdi ved total utluting fra 150.000 m³ tømmer tilsvare i størrelsesorden 45 - 105 tonn pr år. Faktisk utløst stoff ved tømmerlagring uten vanning er som tidligere påpekt en brøkdel av denne teoretiske verdien. Vesentlige deler av dette materialet vil ikke tilføres sjø, men ligge igjen i lagringsområdet eller filtreres fra i grunnen.

Til sammenligning hadde Sjødra Cell i sin utslippstillatelse [2] en langtidsgrense for KOF på 31,5 tonn pr døgn.

Statkraft Tofte legger derfor til grunn at mengden forurensing som årlig kan gjøres tilgjengelig i resipienten ved utvasking fra tømmer er svært liten. Man anser også at å dokumentere utvasking og avrenning ved utslippsmåltinger med noen grad av nøyaktighet ikke er realistisk.

Rapporten inkluderer en omfattende gjennomgang av studier av forurensing ifm avrenning fra tømmerlagring, barkfyllinger etc. Noe påvirkning lokalt av tilsig av næringsstoffer kan påvises, men gjennomgående vises det til at vesentlig miljøbelastning i form av redusert vannkvalitet ikke kan påvises. Oksygenforbruk fra organisk materiale fra tømmer er i noen referanser vurdert til å være lavt i forhold til tilsvarende problematikk knyttet til f.eks. organisk materiale i kloakk.

Resipientens tilstand – overvåkingsprogram i nærområdet

Avrenning og utslipp til vann fra Tofte industriområde ledes til vannforekomst Breianger øst. Området grenser i nord opp mot vannforekomst Hurum. Begge vannforekomster er del av Oslofjorden. Sjødra Cell hadde fram til anlegget ble lagt ned et periodisk overvåkingsprogram for Breianger som både omfattet vann- og sedimentkvalitet. Prøvepunkter var lokalisert innenfor en radius på 2500 m fra industriområdet. Siste undersøkelse før produksjonen ble stengt ned ble gjennomført av DNV i 2012 [3]. Rapporten henviser og drøfter også tidligere undersøkelser.

Rapporten konkluderer med at *alle oksygenprøver tilsvarer meget god tilstand og at det ikke er tegn til at bedriftens utslipp (Sjødra Cell) påvirker oksygenivået i dypvannet*. Årlige undersøkelser fra 2009-2011 utført av NIVA og DNV viste også tilsvarende meget god eller god tilstand for oksygenivå. Rapporten

Tilleggsopplysninger til søknad om permanent utslippstillatelse

behandler også næringsalter og klorofyll-a. Også for disse parameterne viser resultatene meget god eller god tilstand.

Sedimenter ble også undersøkt som del av overvåkningsprogrammet. Resultatene fra disse undersøkelsene viste et blandet bilde med variasjoner for metaller fra meget god til dårlig, avhengig av element. Rapporten påpeker samtidig at det også ble påvist forhøyede verdier for metaller nord for industriområdet, som ikke regnes som normal strømningsretning i fjorden og dermed vil være mindre påvirket av utslipp fra industriområdet. Ekstraktivstoffer som typisk kan komme fra bark/trevirke ble også analysert. Funnene er til dels heterogene/varierende både mellom prøvepunkter og fra år til år.

Resipientens tilstand – sentralt overvåkningsprogram

Miljødirektoratets overvåkningsprogram Økokyst omfatter et prøvepunkt sentralt i Breiangenbassenget/Breiangen Vest. Prøvepunkt VT10 ligger om lag 9 km sørvest for Tofte industriområde. Årsrapport 2019 er utarbeidet av NIVA [4]. Rapporten konkluderer for Breiangen Vest at tilstanden for oksygenforhold har variert fra god til moderat i perioden 2013-2019. Rapporten påpeker at svingninger i resultatene ikke er større enn at de kan skyldes naturlige variasjoner og at det for eksempel ikke er funnet forklaringer på at et antall målepunkter i ytre Oslofjord/Skagerak alle viste lavere resultater i 2019 enn tidligere år.

Nåværende virksomhet sett opp mot tidligere produksjon

Statkraft Tofte lagrer tømmer på samme område som Sødra Cell tidligere benyttet. Årlig forbruk av råvarer for Statkrafts virksomhet er vesentlig lavere enn den Sødra Cell hadde. Sødra Cell hadde samtidig et betydelig utslipp av varmt prosessvann fra produksjonen, i størrelsesorden 45.000 m³/døgn. Dette prosessvannet ble sluppet ut fra utslippsledning lokalisert 300 m fra land og inneholdt bl.a. organisk materiale, næringsalter og mindre mengder tungmetaller.

Dagens virksomhet har ingen punktutslipp eller utslippsledninger til sjø og ikke noe vannforbruk i prosessen. Tilført organisk materiale til sjø vil kun komme som følge av naturlig nedbør og eventuelt spill av flis mm ifm lossing og lasting. Virksomheten har ikke tilført nye utslippskomponenter i forhold til tidligere virksomhet, mens mange av utslippskomponentene fra Sødra Cells produksjon har opphørt. Sammenlignet med utslipp fra Sødra Cells produksjon inntil anlegget ble lagt ned anses avrenning fra tømmerlagring mm å være svært begrenset.

Konklusjon utslipp til vann

Sødra Cell gjennomførte som diskutert et omfattende overvåkningsprogram av vannkvalitet i resipienten. Konklusjonene fra dette programmet var gjennomgående at vannkvalitet i nærområdet tilsvarte tilstand meget god. Utslippskomponenter fra dagens virksomhet anses å være vesentlig redusert i forhold til tidligere virksomhet, både hva gjelder sammensetning og mengder.

Statkraft Tofte legger til grunn at forurensing fra dagens virksomhet er vesentlig redusert i forhold til tidligere produksjon. Det er dokumentert at tidligere produksjon ikke påvirket vannkvalitet i resipienten i noen vesentlig grad og vi legger derfor til grunn at nåværende påvirkning av resipienten må anses å være svært begrenset.

Støy

Fylkesmannen skriver følgende i sitt brev:

Vi oppfatter at også Silva Green Fuel AS driver virksomhet på området og benytter kai for lasting av produkter.

- *Hva innebærer den samlede støybelastningen fra Statkraft Tofte, Silva Green Fuel og eventuelle andre virksomheter innenfor industriområdet i forhold til sumstøy for naboer? Er det behov for at det utføres en samordnet støyutredning?*

Tilleggsopplysninger til søknad om permanent utslippstillatelse

Beskrivelse av virksomhet som anses å gi støybelastning for naboer

Statkraft Toft vil først oppklare at Silva Green Fuel *ikke* planlegger å benytte kai etter oppstart av sitt demonstrasjonsanlegg. Silva Green Fuel har under etablering et demonstrasjonsanlegg for teknologi der produksjon vil være i liten skala (inntil 30 fat bioråolje pr døgn). Produksjon vil når den starter opp foregå innendørs. Transport av råvarer og produkt vil ikke medføre mer støybelastning da det vil være samme transportmetoder som dagens virksomhet og økning i antall transporter knyttet til demonstrasjonsanlegget vil være svært liten i forhold til eksisterende virksomhet.

Silva Green Fuel har egen utslippstillatelse for demonstrasjonsanlegget, gitt av Miljødirektoratet 08.04.2019, tillatelse nr 2019.0308.T [5]. Denne regulerer også støy fra anlegget.

Ut over Statkraft Toftes egen virksomhet er det i liten grad andre aktører med permanent, støyende virksomhet på området. Kaien benyttes tidvis også for lossing av tankbåt for ekstern aktør. Dette skjer ikke samtidig som Statkraft Tofte lossar eller laster egne varer. Lossing av tankbåt er mindre støyende enn håndtering av tømmer og flis og ligger innenfor den støybelastning som allerede er modellert for Statkraft Toftes egen kaivirksomhet.

Konklusjon støy

Statkraft Tofte legger til grunn at det er bedriftens egen støy som i praksis er dimensjonerende for sumstøy til naboer. Annen eksisterende virksomhet, inkludert Silva Green Fuels testvirksomhet under etablering, er begrenset og anses ikke å øke samlet støybelastning.

Statkraft Tofte anser derfor ikke at det er et behov for å utføre en samordnet støyutredning.

Framtidige planer for annen industrivirksomhet på området er ikke konkretisert hva gjelder tekniske løsninger og anlegg. Det er igangsatt arbeid med å regulere tomten for et storskalaanlegg for biodrivstoff og planprogrammet er lagt ut på høring. Det foreligger i dag ikke noe grunnlag for å utføre en eventuell samordnet støyutredning som tar med slike planer.

På vegne av Statkraft Tofte AS



Harald Haarstad

Senior Rådgiver, Multiconsult Norge AS

Vedlegg/referanser

- [1] Norsk Treteknisk Institutt, «Avrenning fra tømmervanning; Rapport nr 41,» NTI, 1998-03-23.
- [2] *Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven for Sødra Cell Tofte AS; Arkivkode 408798-035, Miljødirektoratet, 2014-03-04.*
- [3] Det Norske Veritas, «Overvåkning Breiangen 2012; Rapport nr 2013-0244,» DNV, 2013-02-20.
- [4] Norsk institutt for Vannforskning, «ØKOKYST-delprogram Skagerrak Årsrapport 2019; Overvåkningsrapport M-1603 | 2020,» Miljødirektoratet, 2020.
- [5] *Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven for Silva Green Fuel AS; Tillatelse nr 2019.0308.T, Miljødirektoratet, 2019-04-08.*

MULTITRACKCONSULT

Avrenning fra tømmervanning

Waste water from timber sprinkling

Saksbehandler: Håkon Helgerud Myhra, Norsk Treteknisk Institutt
Elin Gjengedal, Norges landbrukshøgskole, Laboratorium
for analytisk kjemi

Dato: 1998-03-23

Oppdragsgiver: Norske Skog Trelast AS FoU Trelast, MøreTre ASA,
Moelven Mjøsbruket AS, Ringsaker Almenning, Støren
Trelast AS, Løvenskiold-Vækerø AS Fossum Bruk,
Brandval Sag AS, Kirknesvaag Sagbruk & Høvleri AS,
Borregaard Lignotech

Prosjektnummer: 369001

Sammendrag

For å ivareta virkeskvaliteten på tømmeret ved sagbruk, blir tømmerlagrene overrislet med vann i perioden mai til september. Avrenningsvann fra overrislet tømmer inneholder organiske og uorganiske stoffer som er vasket ut fra barken og trevirket. Prosjektet har hatt tre mål: Undersøke om det er forskjeller i vannkvalitet på avrenning fra klimastyrt tømmervanning i forhold til tradisjonell tømmervanning, undersøke effekten av et sandfilter under ei tømmervelte, og undersøke vannkvaliteten på avrenningsvannet fra ei tømmeromt. Det ble gjennomført et forsøk med fire ulike forsøksvelter ved Soknabruket i 1996. I 1997 ble det tatt vannprøver fra tømmeromta ved Brandval Sag.

Resultater fra forsøkene viste høye konsentrasjoner av organisk stoff (KOF og DOC), total fosfor og kalium i avrenningsvannet de første to ukene etter start på vanning. Sammenligning av klimastyrt og tradisjonell tømmervanning viser generelt ingen markerte forskjeller. Sammenligning av forsøksvelte med og uten sandfilter som underlag, viste at sandfilteret holdt tilbake nitrogen og fosfor. Sandfilteret viste en lekkasje av kalsium, jern, kalium, magnesium og mangan mot slutten av forsøksperioden. I avrenningsvannet fra tømmeromta, viste analysene store konsentrasjoner av karbon bundet til partikler i vannet. Dette karbonet er lite biologisk tilgjengelig, og vil sannsynligvis ha en liten påvirkning på miljøet.

Stikkord: Tømmervanning, avrenning, vannkvalitet

Keywords: Sprinkling of timber, waste water, water quality

Summary

To maintain the wood quality of timber in sawmills, the timber stock is sprinkled in the period from May to September. The sprinkling results in a scouring off of organic and inorganic substances from the bark and the wood into the wastewater from the timber yard. The project had three objectives: Investigate if there is a difference in the quality of waste water from climate controlled sprinkling compared to traditional sprinkling of timber; to investigate the effect of a sand filter under a timber pile, and to investigate the quality of the waste water from a timber yard. An experiment with four different experimental piles was made at Soknabruket in 1996, and in 1997 water samples were collected from the timber yard at Brandval Sag.

The results from the experiments showed high concentrations of organic substances (COD and DOC), total phosphorus and potassium, in the wastewater the first two weeks after the sprinkling started. Comparison of climate controlled and traditional sprinkling of timber generally shows no marked difference. Comparison of the timber pile with and without sand filter as an underlayer, showed that the sand filter retained nitrogen and phosphorus. The sand filter showed a leakage of calcium, iron, potassium, magnesium and manganese at the end of the experimental period. In the wastewater from the timber yard, the analysis showed high concentrations of carbon bound to particles in the water. This carbon is less biologically available, and will probably have insignificant influence on the environment.

Forord

Denne rapporten utgjør én av tre rapporter fra prosjektet “Klimastyrt tømmervanning og endebeskyttelse av tømmer”. “Tømmervanning -96” er (ihht. samarbeidsavtale mellom deltakerbedriftene) en forkortelse for det samme prosjektet. Prosjektet har vært brukerstyrt med deltakelse fra trelast- og treforedlingsindustrien, og med en varighet fra januar 1996 til mars 1998. Hovedmålet har vært å implementere og videreutvikle klimastyrt tømmervanning i norsk trelastindustri. Prosjektet har bestått av tre delprosjekter:

- Klimastyrt tømmervanning
- Avrenning fra tømmervanning
- Endebeskyttelse av tømmer

Prosjektet er finansiert av Norges forskningsråd og følgende bedrifter:

Norske Skog Trelast AS FoU Trelast (prosjektansvarlig)
Borregaard Lignotech
MøreTre ASA
Moelven Mjøsbruket AS
Ringsaker Almenning
Støren Trelast AS
Løvenskiold-Vækerø AS Fossum Bruk
Brandval Sag AS
Kirknesvaag Sagbruk & Høvleri AS

Prosjektet har vært ledet av et styre representert av tre personer fra deltakerbedriftene:

Peder Gjerdrum (styreleder)	Norske Skog Trelast AS FoU Trelast
Trond Rojahn	Borregaard Lignotech
Nils Berg	Moelven Mjøsbruket AS

Prosjektleder har vært Håkon Helgerud Myhra ved Norsk Treteknisk Institutt.

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Forord	5
Innhold	7
1. Innledning	8
2. Tidligere undersøkelser.....	8
2.1. Utvasking fra tømmer.....	8
2.2. Vannkvalitet	10
2.3. Miljøbelastninger	11
3. Materiale og metoder.....	13
3.1. Forsøksvelter og vanningsystem	13
3.2. Prøvetaking og analyseparametre	14
3.3. Statistisk behandling.....	15
4. Resultater	16
4.1. Korrelasjon mellom analyseparametrene	16
4.2. Avrenning fra klimastyrt og tradisjonell tømmervanning	17
4.3. Avrenning fra tømmervelte med og uten sandfilter.....	20
4.4. Avrenning fra tømmeromt	22
5. Diskusjon og konklusjon	26
5.1. Avrenning fra klimastyrt og tradisjonell tømmervanning	26
5.2. Avrenning fra tømmervelte med og uten sandfilter.....	27
5.3. Avrenning fra tømmeromt	28
6. Litteratur	30
Vedlegg.....	32

1. Innledning

For å ivareta kvaliteten på tømmeret ved sagbruk, blir tømmerlagrene overrislet med vann i perioden mai til september. Vanningen skal hindre uttørking av tømmeret, samt hindre sopp- og insektangrep. Vannet som brukes tas vanligvis fra nærmeste vassdrag, og vanningen fører til en avrenning fra tømmertomta. Avrenningsvannet fører med seg stoffer fra tømmeret. I dette delprosjektet ble det definert tre mål:

- Dokumentere vannkvaliteten på avrenningen fra klimastyrt tømmervanning i forhold til avrenningen fra tradisjonell tømmervanning.
- Dokumentere vannkvaliteten på avrenningen fra ei tømmervelte med og uten sandfilter som underlag.
- Dokumentere vannkvaliteten på avrenningen fra ei fullskala tømmertomt.

2. Tidligere undersøkelser

Det er gjort en rekke undersøkelser som dokumenterer hvilke stoffer som vaskes ut fra tømmeret ved tømmervanning. Konsentrasjonen av de ulike stoffene i avrenningsvannet viser store variasjoner. Når det gjelder forurensningseffekten på det omkringliggende miljøet, ser det ut til at det er vanskelig å dokumentere noen miljøbelastninger fra tømmervanning.

2.1. Utvasking fra tømmer

Gjerdrum (1976a) skriver i en litteraturoversikt at omkring 10% av granbarkens masse regnes å være løselig i vann, men at sannsynligvis bare brøkdeler av dette vasket ut når tømmeret vannes. De løselige stoffene er vesentlig mineraler, tannin (garvestoff) og karbohydrater som vil være næringselementer for mikroorganismer. Tilførselene kan være en fordel i næringsfattig vann, men de blir vanligvis betraktet som en ulempe (forurensing).

Vanning av tømmer medfører utvasking av organiske og uorganiske stoffer hovedsakelig fra barken, men også fra selve trevirket. De viktigste organiske stoffene er garvesyrer, tanniner, ligniner og polyfenoler, som alle er tungt nedbrytbare, samt en del lett nedbrytbare karbohydrater (Robertsen 1993).

Vannekstrakt fra bark inneholder utvasket organisk substans, bl.a. fenoliske forbindelser, hvorav flere oksideres og gir vannet en brun farge. Videre forekommer små mengder enkle fenoliske forbindelser, som selv i meget uttynnede vannløsninger kan reagere med klor og danne klorfenoler med en gjennomtrengende lukt og smak. Barkens vannløselige fenoler er imidlertid

naturlig forekommende fenoler, og overveiende av en annen sammensetning enn industrifenoler. (Björkhem et al. 1977)

Eriksson & Halldin (1978) fant ved undersøkelse av enkeltstokker lagret i vanntanker at utløsning av både organiske forbindelser, total fosfor og total nitrogen var større for gran enn for furu. For de fleste parametrene skjedde det en rask konsentrasjonsøkning de første 6-8 ukene, og deretter en gradvis nedgang. Tabell 1 viser tall for en såkalt "normalstokk" av gran og furu (Eriksson & Halldin 1978). Videre viser tabell 1 utløst stoff pr. m³ tømmer og for et tømmerlager på 20.000 m³, som er beregnet av Løvik (1991) med bakgrunn i tallene til Eriksson & Halldin (1978).

Tabell 1. Utløst stoff fra en "normalstokk" (Eriksson & Halldin 1978), og beregnet mengde utløst stoff pr. m³ tømmer og for et tømmerlager på 20.000 m³ (Løvik 1991).

Released substance from a "normal log" (Eriksson & Halldin 1978), and calculated amount of released substance pr. m³ timber and for a timber stock of 20.000 m³ (Løvik 1991).

Parameter	Utløst stoff pr. normalstokk (25 cm / 4,0 m)	Utløst stoff pr. m ³ tømmer	Utløst stoff fra tømmerlager på 20.000 m ³
KOF _{Cr} *	60 - 130 g	0,3 - 0,7 kg	6 - 14 tonn
BOF ₇ **	15 - 35 g	0,08 - 0,18 kg	1,6 - 3,6 tonn
BOF ₂₀ ***	18 - 45 g	0,09 - 0,23 kg	1,8 - 4,6 tonn
Farge	30 - 160 g Pt		
Total fosfor	200 - 370 mg	1,0 - 1,9 g	20 - 38 kg
Total nitrogen	0,8 - 1,4 g	4,1 - 7,1 g	82 - 142 kg
Fenol	10 - 60 mg		
* KOF _{Cr}	Kjemisk oksygenforbruk, dikromatmetoden		
** BOF ₇	Biokjemisk oksygenforbruk, fortynningsmetoden, 7 døgn		
*** BOF ₂₀	Biokjemisk oksygenforbruk, fortynningsmetoden, 20 døgn		

Borgå (1994) viste at mengden av utvaskede stoffer fra tømmeret er relatert til vanningsintensiteten. Ved tømmerrensing vil konsentrasjonen av ulike stoffer være større i avløpsvannet enn i tilførselsvannet. Dette skyldes dels at det foregår en utvasking av stoffer fra tømmeret, og dels at det foregår en fordampning av det tilførte vannet, slik at det naturlig nok vil skje en oppkonsentrering av stoffer i avløpsvannet. Borgå (1994) viste at ved å korrigere for denne fordampningen, foregikk det til tider et netto opptak av næringsstoffer i tømmerveita. Altså var den totale mengden av næringsstoffer i avløpsvannet mindre enn den totale mengden i tilførselsvannet. Dette forklares ved en økende vekst av bakteriell biomasse som holder tilbake næringsstoffer fra tømmer og vann.

2.2. Vannkvalitet

Det vannet som samles opp under, og i umiddelbar nærhet, av overrislingslageret, er mørkfarget og lukter vondt. Forurensingen består hovedsakelig av organisk materiale (barkrester), som igjen medfører et stort oksygenforbruk. I dette vannet vil man finne relativt store mengder fosfor og dels kalium samt en del fenoler som naturlig finnes i bark. Vannet er relativt surt (lav pH). (Vadla og Wilhelmsen 1982)

Utvaskingen er størst den første tiden etter at overrislingen settes i gang, og synker deretter raskt og jevnt utover sommeren og høsten (Gjerdrum 1976b). Björkhem et al. (1977) fant at KOF, BOF₇ og farge i grunnvannet økte i konsentrasjon etter overrislingen ble satt i gang, men denne økningen kulminerte etter 2-4 uker. I en undersøkelse av tømmervann fra tre sagbruk (Gjerdrum 1976a) ble det registrert høyt innhold av BOF₇ og KOF_{Cr} i begynnelsen av vanningsperioden. Ved to av de tre sagbrukene synker innholdet av BOF₇ fra 40 til 15 mg/l mot slutten av vanningsperioden, og KOF_{Cr} fra 300 til 75 mg/l. Ved det tredje sagbruket øker KOF_{Cr}-innholdet fra 150 til 400 mg/l, og holder seg stabilt på dette nivået. På bakgrunn av en svensk undersøkelse (Beyer 1983) har Robertsen (1993) beregnet gjennomsnittlig vannkvalitet på vann fra overrislingen brukt en gang og resirkulert vann. Resultatene er vist i tabell 2.

Tabell 2. Gjennomsnittlig vannkvalitet for avrenning fra tre svenske sagbruk etter Beyer (1983). Grå felt angir resirkulert vann, hvite felt angir ikke-resirkulert vann. Mean water quality for waste water from three Swedish sawmills after Beyer (1983). Grey sections indicate recycled water, white sections indicate non recycled water.

Dato	2/6	15/6	29/6	5/8	31/8	28/9
BOF ₇ [mg/l]	26	36	32	27	21	17
	66	44	58	56	33	35
KOF _{Cr} [mg/l]	124	133	170	144	109	118
	325	254	343	365	373	282
Total fosfor [mg/l]	0,4	0,4	0,6	0,4	0,3	0,3
	0,8	0,7	1,0	1,2	1,2	0,8
Total nitrogen [mg/l]	0,8	0,8	0,9	2,0	1,0	1,7
	2,1	1,6	1,7	2,7	3,5	3,3
Suspendert stoff [mg/l]	-	-	36	76	16	91
	-	49	40	106	556	238
Farge [mg Pt/l]	163	153	134	123	172	152
	318	399	346	366	478	368

Tabell 2 viser at resirkulert vann fra overrislingen har nær dobbelt så høy konsentrasjon av organisk materiale, fosfor, nitrogen og suspendert stoff som vann brukt én gang. Tabellen viser også at utvasking av organisk materiale (BOF₇) er størst i første halvdel av vanningsperioden.

2.3. Miljøbelastninger

Gjerdrum (1976b) kunne i sine undersøkelser ikke påvise statistisk at vassdragene var blitt tilført organisk materiale eller kalium, fosfor og nitrogen. Peek & Liese (1977) konkluderer på basis av KOF-verdier at man ikke kan påvise forurensingsfare etter tømmervanning. Schaumburg (1973) konkluderer etter en undersøkelse i USA med at i de fleste tilfellene synes ikke mengder av utvasket stoff etter tømmervanning og vannlagring å representere noe problem for vannkvaliteten.

Berge & Källqvist (1990) har for et sagbruk undersøkt avrenningsvann fra tømmervanningen som slippes ut i to elver. Følgende er funnet: Begge elvene ble visuelt sett tydelig påvirket av utslippene av returvann fra tømmervanningen. Returvannet fra tømmervanningen inneholdt betydelige mengder fosfor og organisk materiale. Sammenlignet med f.eks. det organiske materialet i kloakk, hadde imidlertid avrenningsvannet et lavt oksygenforbruk. Ved normal vannføring vil ikke avrenningsvannet kunne skape oksygenproblemer i noen av elvene. Avrenningsvannet ble ikke funnet å være giftig for testalgen *Selenastrum capricornutum* og krepsdyret *Daphnia magna*, og det anses som nokså sikkert at det ikke inneholder toksiske forbindelser.

I en undersøkelse av forurensingseffektene fra en barkfylling i Aust-Agder (Hindar & Rørslett 1989), ble det ikke funnet noen forskjell av betydning på vannkvaliteten i innløp og utløp av vannet som var berørt av barkfyllingen. I den samme undersøkelsen ble det imidlertid påvist en klart frodigere vegetasjon samt blågrønnalger i vannet nær barkfyllingen. Dette viste at det var lokalt næringstilsig fra barkfyllingen.

Hindar & Grande (1988) har undersøkt avrenningen fra barkfyllinger i nedre del av Nidelva i Aust-Agder. Undersøkelsen viste at avrenningen fra barkfyllingene var sterkt forurenset med svært høyt jern- og manganinnhold. I tillegg hadde avrenningen høy konsentrasjon av løste organiske syrer. Til tross for dette, hadde avrenningen ingen merkbar effekt på vannkvaliteten i Nidelva. Dette skyldes at mengden av forurensete stoffer er liten i forhold til vannmengdene i Nidelva.

I en undersøkelse av forurensingseffektene fra et sagbruk i Nord-Odal kommune, har Løvik & Kjellberg (1993) bl.a. konkludert med følgende: Større forurensingseffekter med markert heterotrof begroing og skadeeffekter på flora og fauna forekommer i kortere perioder ved lav vannføring kombinert med tømmervanning. Ved "normal" vannføring og flom er påvirkningen liten, og noen direkte skadeeffekt foreligger da ikke.

Beyer (1983) har undersøkt grunnvannet under tømmerlagre som vannes. Det ble funnet at grunnvannsnivået steg fra 1,5-2 m under markoverflaten før start på vanningen, til 0,7 m under markoverflaten en måned etter start på vanning. Deretter sank grunnvannsnivået gradvis til 1,5 m under markoverflaten ved slutt på vanningen. Det ble benyttet resirkulert vann til vanningen. I grunnvannet ble det registrert økte konsentrasjoner av organisk materiale, fosfor, nitrogen, bakterier og høyere verdier for fargetall. Ved å sammenligne vannkvaliteten på

resirkulasjonsvannet og grunnvannet, indikeres det at store deler av de beskrevne stoffene holdes tilbake i løsmassene under tømmerlagrene. Stoffene viser en prosentvis tilbakeholdelse i løsmassene som vist i tabell 3.

*Tabell 3. Tilbakeholdelse av stoffer i løsmasser (Beyer 1983).
Detaining of substances in uncompacted material (Beyer 1983).*

Parameter	%-vis tilbakeholdelse
BOF ₇	90 %
KOF _{Cr}	70 - 80 %
Fosfor	90 - 95 %
Nitrogen	70 %
Farge	95 %
Bakterier	90 - 99%

Undersøkelsen viser at organisk materiale, næringsalter og bakterier holdes svært godt tilbake ved filtrering gjennom løsmasser.

Ledin (1991) har undersøkt grunnvannet ved et sagbruk hvor tømmeret vannes. Undersøkelsen konkluderer med at grunnvannet i svært liten grad er påvirket av avrenningsvann fra tømmer vanningen. Det ble ikke påvist noen økning i organisk materiale, fenol, nitrogen eller farge. Fosforinnholdet viste en svak økning.

Robertsen (1993) har tatt vannanalyser av avrenningsvann og jordprøver under tømmerlagre for tre forskjellige sagbruk. Undersøkelsen viser at forurensingsbelastningen er svært forskjellig for de ulike sagbrukene. Forurensingsbelastningen kan relateres til vannforbruk og vanningsareal. Først og fremst er det organisk materiale som har størst betydning for forurensing, men ved bruk av store vannmengder, kan fosformengdene bli betydelige. Vannanalysene indikerer at en stor andel av organisk materiale og fosfor er løst i vannet, og derfor ikke vil sedimentere i dammer. Løsmassene under tømmerlagringsplasser er tydelig påvirket av tømmer vann, men innholdet av organisk materiale og fosfor i jorda er svært lavt dypere enn 30-40 cm under overflaten.

Borgå (1994) viste at ved klimastyrte tømmer vanning greide man å redusere den initielle lekkasjen av næringsstoffer (8-12 første dagene etter start på vanningen). Den viktigste faktoren for å redusere konsentrasjonene i avløpsvannet, er å etablere en bakteriell biomasse i tømmer velta som binder næringsstoffene. For å etablere en bakteriell biomasse i tømmer velta er det viktig at vanningsintensiteten ikke er for høy. Ved den klimastyrte tømmer vanningen ble vannmengdene redusert sammenlignet med tradisjonell tømmer vanning, og man greide å etablere en bakteriell biomasse raskere.

3. Materiale og metoder

Forsøkene ble gjennomført hos Norske Skog Trelast AS Soknabruket i 1996 og hos Brandval Sag AS i 1997.

3.1. Forsøksvelter og vanningsystem

Ved Soknabruket ble det etablert fire tømmervelter med grantømmer. Tømmerveltene var 17 m lange, og hadde hver et tømmervolum på omkring 100 m³. Figur 1 viser en oversikt over forsøksveltene.



*Figur 1. Oversikt over forsøksveltene ved Soknabruket 1996.
Outline of the experimental piles at Soknabruket 1996.*

De fire tømmerveltene lå på en tomt med svak helling, og under hver av dem var det lagt presenninger som samlet opp avrenningsvann. Avrenningsarealet under hver velte var ca. 6 m × 18 m. Spreddearealet til vannsprederne var større enn avrenningsarealet, slik at avrenningsarealet kun samlet opp vann som rant gjennom tømmerveltene. For hver velte ble avrenningsvannet kanalisert til et rør som rant ut i et vippekar hvor avrenningsvolumet ble registrert som antall “vipp”. Ved forsøksvelte nr. 4 ble det lagt et sandfilter mellom tømmeret og presenningene. Sandfilteret hadde en tykkelse på ca. 20 cm, og ble hentet fra stedeagne masser fra tømmeromt som ligger på en moreneavsetning. Ved de andre forsøksveltene ble det lagt to langsgående underlag av kantede tømmerstokker. Vannet som ble benyttet, ble pumpet opp fra ei nærliggende elv.

Forsøksvelte nr. 2, 3 og 4 ble vannet ved hjelp av et klimastyrte tømmervanningsanlegg som bestod av en klimastasjon som målte temperatur, vindhastighet, relativ luftfuktighet og solinnstråling. Disse parametrene ble benyttet til å beregne en teoretisk fordampning fra tømmerveltene. Forsøksveltene ble deretter vannet med en vannmengde som tilsvarte den teoretiske fordampningen for hver time multiplisert med 2,5. Tidligere erfaringer hadde vist at bare å vanne med en vannmengde som tilsvarte den teoretiske fordampningen, ble for lite. Forsøksvelte nr. 1 ble vannet tradisjonelt, det vil si intervallvanning

med en konstant vannmengde pr. døgn uavhengig av de rådende klimaforhold, noe som vanligvis fører til økt vannforbruk og dermed økt avrenning fra tømmervanningen.

Ved Brandval Sag i 1997 ble det ikke etablert noen forsøksvelter. Formålet var å dokumentere vannkvaliteten til avrenningen fra hele tømmertomta. Hele tømmertomta er asfaltert, og alt avrenningsvannet ble samlet opp i kummer som kanaliserte avrenningsvannet til et rør som ledet vannet ut i Glomma. Vannet som ble benyttet til tømmervanningen, ble også pumpet opp fra Glomma. Tømmerlageret ble vannet tradisjonelt.

3.2. Prøvetaking og analyseparametre

Ved forsøket på Soknabruket i 1996 ble det tatt vannprøver ukentlig fra start på vanningen (uke 24), og åtte uker framover. Vannprøvene ble tatt fra avrenningsvannet før det rant ned i vippekarene. For hvert prøvetidspunkt ble det tatt vannprøver fra avrenningsvannet til de fire tømmerveltene og fra tilførselsvannet, altså til sammen fem vannprøver.

Ved forsøket på Brandval Sag i 1997 ble det tatt vannprøver ukentlig fra start på vanningen (uke 22), og i seks uker framover. For hvert prøvetidspunkt ble det tatt én vannprøve fra en sentral avrenningskum og fra tilførselsvannet.

For begge årene ble vannprøvene tatt mellom kl. 09.00 og 12.00 på dagen ved hver av bedriftene. Umiddelbart etterpå ble prøveflaskene lagt i en kjølecontainer med kjøleelementer i, og sendt til analyse hos Norges landbrukshøgskole, Laboratorium for analytisk kjemi. Tabell 4 viser en oversikt over de kjemiske analysene av vannprøvene ved de to forsøkene.

*Tabell 4. Kjemiske analyser av vannprøver i 1996 og 1997.
Chemical analyses of water samples in 1996 and 1997.*

Analyse	Metode	Beskrivelse	Sokna 1996	Brandval 1997
pH	NS 4720 (modifisert)	pH, potensiometrisk.	X	X
KOF	NS 4748 (modifisert)	Kjemisk oksygenforbruk, dikromatmetoden. (Chemical Oxygen Demand)	X	X
DOC-filtrat	Intern	Løst organisk karbon i vann m/partikler. (Dissolved Organic Carbon)	X	X
TC-filter	Intern	Total karbon på filter målt på CHN analysator. (Total Carbon)	X	X
DC	Intern	Løst karbon. (Dissolved Carbon)		X
DIC	Intern	Løst uorganisk karbon. (Dissolved Inorganic Carbon)		X
Total-P	NS 4725 (modifisert)	Bestemmelse av totalfosfor etter oppslutning med peroksidisulfat.	X	X
Total-N	NS 4743 (modifisert)	Bestemmelse av nitrogen etter oppslutning med peroksidisulfat.	X	X
Elementanalyse	ICP- analyse	K Kalium Na Natrium Ca Calsium Mg Magnesium Fe Jern (total-Fe) Mn Mangan	X	

3.3. Statistisk behandling

For hver tømmervelte og for tilførselsvannet (1996) er det utført en statistisk behandling kalt Spearman-test. Denne testen viser hvordan de ulike analyseparametrene korrelerer med hverandre. Dette er en såkalt ikke-parametrisk test hvor man ikke forutsetter normalfordeling for de ulike analyseparametrene. Spearmans korrelasjonskoeffisient (r_s) kan anta verdi fra og med - 1 til og med + 1. Er korrelasjonskoeffisienten nær + 1, indikerer dette at en høy verdi til den ene parameteren vil være assosiert med en høy verdi til den andre parameteren. Er korrelasjonskoeffisienten nær -1, indikerer dette at en høy verdi til den ene parameteren assosieres med en lav verdi til den andre parameteren.

4. Resultater

4.1. Korrelasjon mellom analyseparametrene

Tabell 5 viser bare de analyseparametrene som korrelerer positivt med hverandre og med signifikansnivå 1 % gjennom forsøksperioden ved Soknabruket i 1996. Når Spearman korrelasjonskoeffisient er høy, indikerer dette en god samvariasjon mellom analyseparametrene.

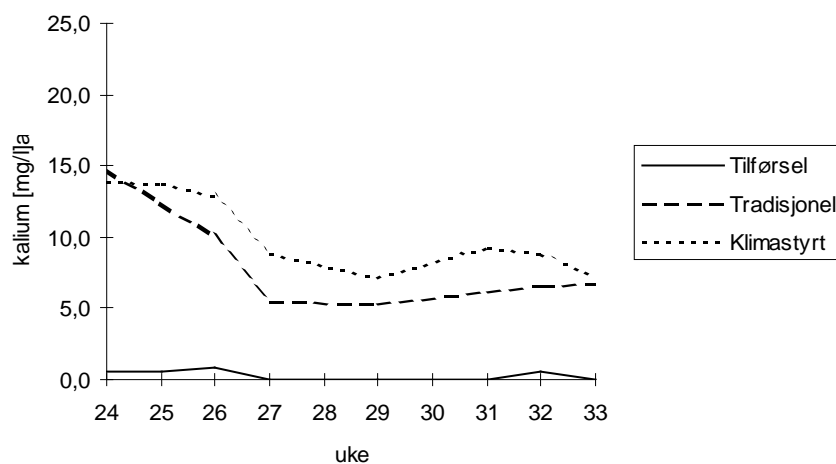
*Tabell 5. Spearman korrelasjonskoeffisient for analyseparametrene målt i tilførsels- og avrenningsvannet i forsøket ved Soknabruket 1996.
Spearman correlation coefficient for the analysis parameters measured in the inlet and waste water in the experiment at Soknabruket 1996.*

Spearman korrelasjonskoeffisient (signifikansnivå 1 %)					
Analyseparametre * Ingen korrelasjon (1 %-nivå)	Tilførsels- vann	Avrenningsvann			
		Tradi- sjonell	Klimastyrt	Velte u/ filter	Velte m/filter
tot P-KOF	*	0.93	0.95	*	*
DOC-KOF	*	0.99	0.98	1.00	0.93
DOC-tot P	*	0.95	0.98	0.88	*
K-KOF	*	0.93	0.91	1.00	*
K-tot P	*	0.95	0.95	0.88	*
K-DOC	*	0.95	0.91	1.00	*
Ca-KOF	*	0.94	0.84	0.95	*
Ca-tot P	*	0.96	0.93	0.92	*
Ca-DOC	*	0.95	0.88	0.95	*
Ca-K	*	0.99	0.91	0.95	*
Ca-Na	0.95	*	*	*	*
Mg-KOF	*	0.98	0.84	0.86	*
Mg-tot P	*	0.96	0.93	*	*
Mg-DOC	*	0.99	0.88	0.86	*
Mg-K	*	0.99	0.91	0.86	*
Mg-Ca	0.90	0.98	1.00	0.95	0.98
Fe-pH	0.87	*	*	*	*
Mn-KOF	*	0.95	0.87	0.92	*
Mn-tot P	*	0.97	0.98	0.90	*
Mn-DOC	*	0.96	0.93	0.92	*
Mn-K	*	0.97	0.93	0.92	*
Mn-Ca	*	0.99	0.95	0.99	*
Mn-Mg	*	0.98	0.95	0.97	*

Korrelasjoner mellom analyserte parametre i tømmervanningsforsøket ved Soknabruket i 1996 viser at magnesium (Mg) og kalsium (Ca) korrelerer signifikant positivt i tilførselsvannet og i avrenningsvannet fra alle forsøksveltene. Løst organisk karbon (DOC) og kjemisk oksygenforbruk (KOF) korrelerer positivt i avrenningsvannet fra alle forsøksveltene, men ikke i tilførselsvannet. I avrenningsvannet fra forsøksvelta med sandfilter, var det altså bare signifikante korrelasjoner mellom løst organisk karbon (DOC) og kjemisk oksygenforbruk (KOF), og mellom magnesium (Mg) og kalsium (Ca). I avrenningsvannet fra klimastyrte og tradisjonell forsøksvelte og fra forsøksvelta uten sandfilter, er det en signifikant positiv korrelasjon mellom nesten alle analyseparametrene. Tilførselsvannet viser signifikant positiv korrelasjon kun for samvariasjon mellom kalsium (Ca) og natrium (Na), magnesium (Mg) og kalsium (Ca) og mellom jern (Fe) og pH. Total nitrogen vises ikke i tabellen, fordi det ikke korrelerer med noen av de andre parametrene.

4.2. Avrenning fra klimastyrte og tradisjonell tømmervanning

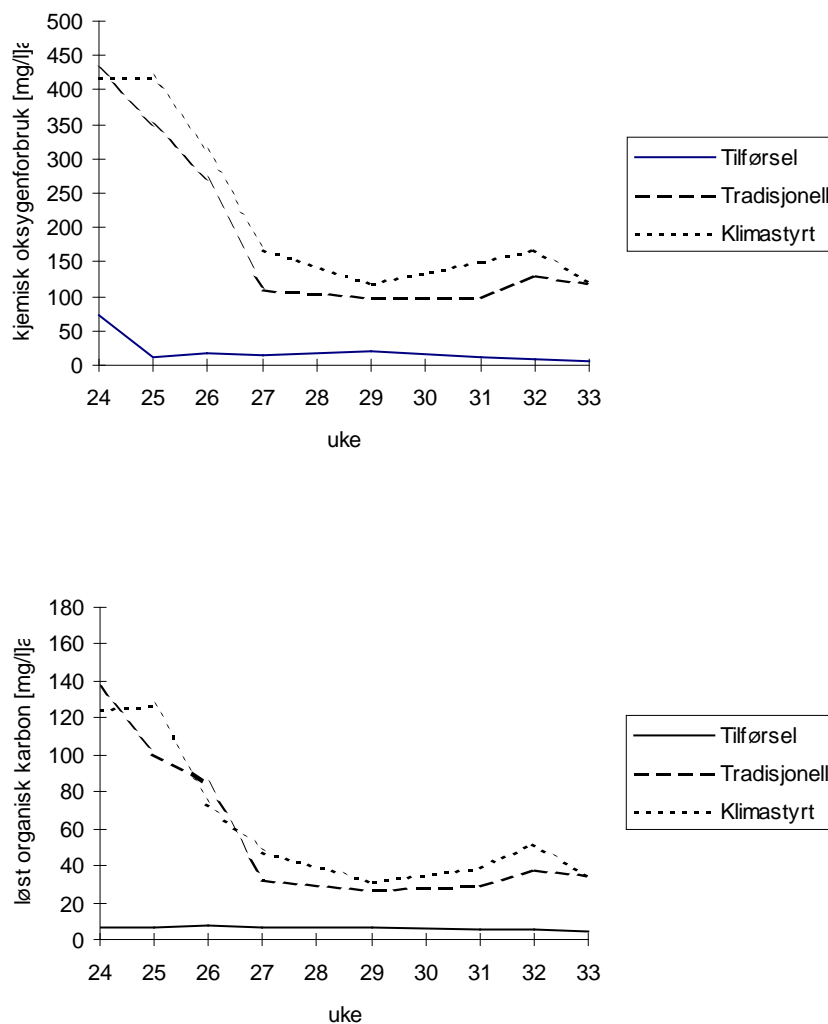
De første prøvene som ble tatt av avrenningsvannet fra forsøksveltene, viste en dramatisk økning i konsentrasjonene av enkelte parametre (KOF, DOC, tot P, K og Mn). Figur 2 viser utviklingen for kalium i tilførsels- og avrenningsvannet fra klimastyrte og tradisjonell forsøksvelte.



Figur 2. Kalium (K) i tilførsels- og avrenningsvannet i klimastyrte og tradisjonell forsøksvelte.

Potassium (K) in the inlet and waste water from climate controlled and traditional experimental pile.

Figur 3 viser utviklingen for kjemisk oksygenforbruk og løst organisk karbon.

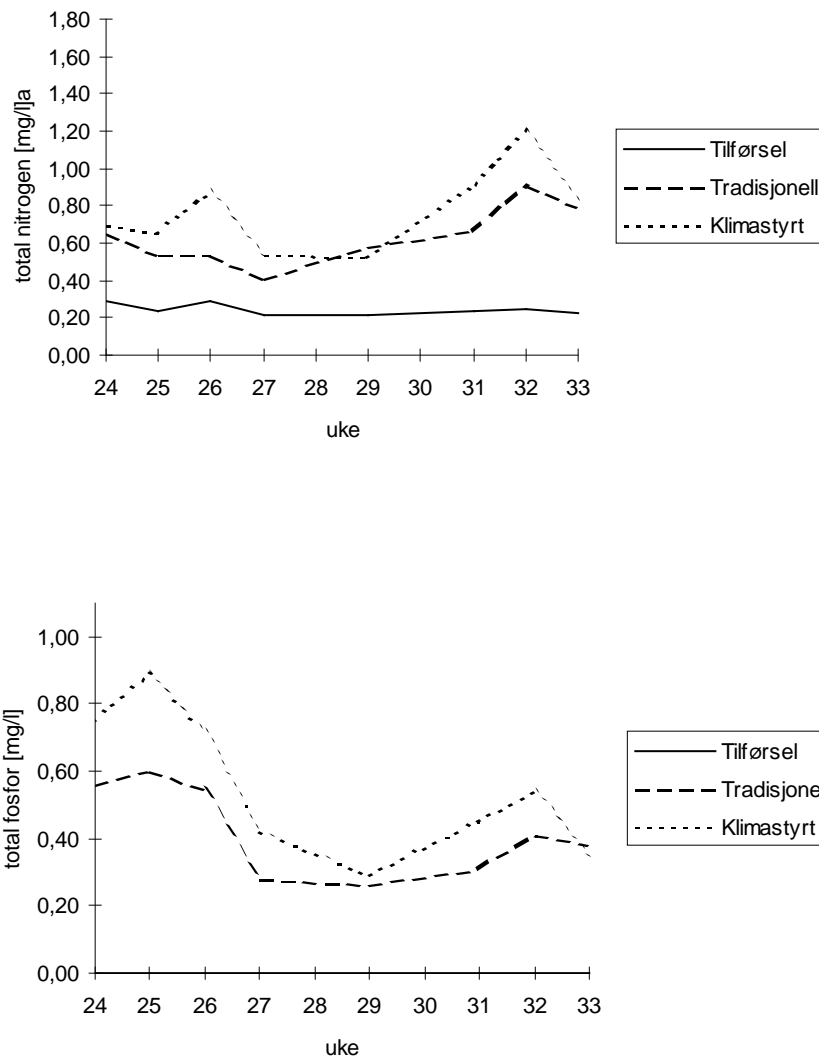


Figur 3. Kjemisk oksygenforbruk (KOF) og løst organisk karbon (DOC) i tilførsels- og avrenningsvannet i klimastyrte og tradisjonell forsøksvelte.

Chemical oxygen demand (COD) and dissolved organic carbon (DOC) in the inlet and waste water from climate controlled and traditional experimental pile.

Figuren viser en høy konsentrasjon i avrenningsvannet ved start på vanning, fulgt av en rask reduksjon gjennom de første ukene etterpå. Flere forbindelser viste bare mindre konsentrasjonsforskjeller i tilførselsvannet og avrenningsvannet (Na, Ca, Mg og Fe).

Total nitrogen viser en svak konsentrasjonsøkning i avrenningsvannet i forsøksperioden. Konsentrasjonen er noe høyere for klimastyrte vanning enn for tradisjonell vanning. Total fosfor i avrenningsvannet fra de to viser et parallelt kurveforløp, og med en økt konsentrasjon i avrenningsvannet kort tid etter start på vanningen. Utviklingsforløpet til total nitrogen og total fosfor i forsøksperioden er vist i figur 4.

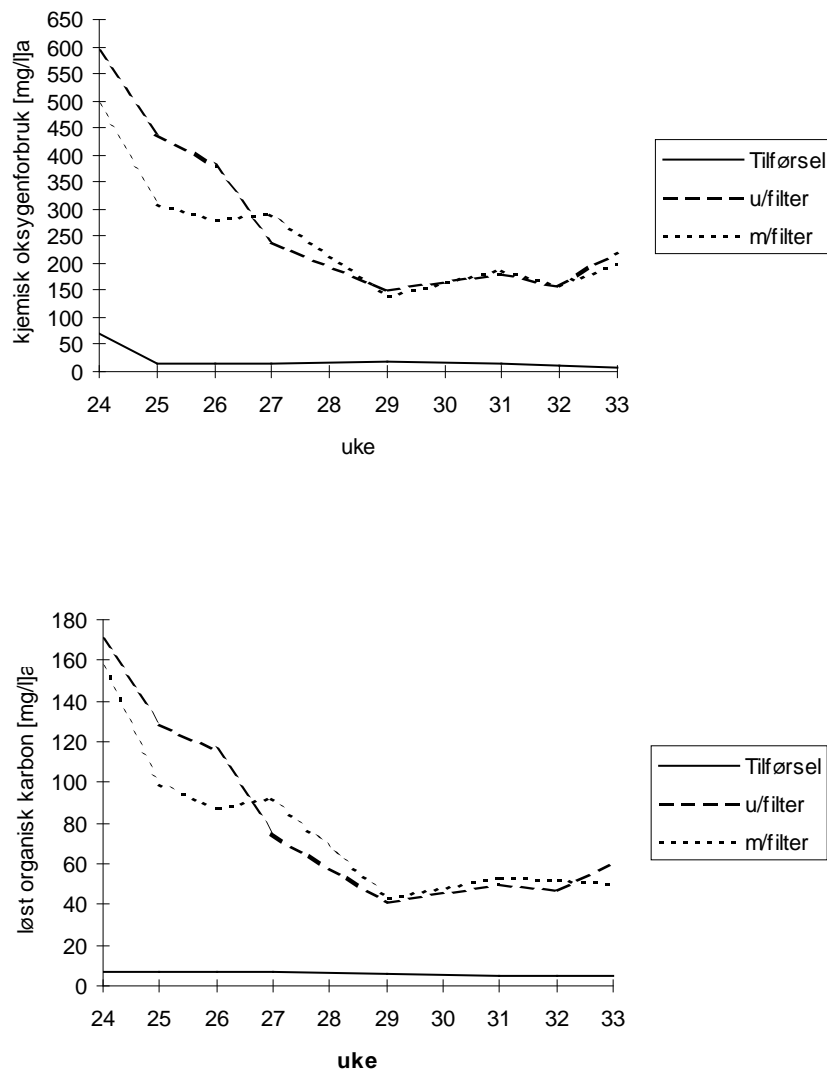


*Figur 4. Total nitrogen (tot N) og total fosfor (tot P) i tilførsels- og avrenningsvannet i klimastyrte og tradisjonell forsøksvelte.
Total nitrogen (tot N) and total phosphorus (tot P) in the inlet and waste water from traditional and climate controlled experimental pile.*

Det ble ikke funnet konsentrasjon av fosfor i tilførselsvannet (deteksjonsgrense lik 0,010 mg/l). pH i avrenningsvannet var klart surere enn tilførselsvannet de første ukene, men differansen ble senere ubetydelig. Fullstendig oversikt over analyseresultatene er gitt som vedlegg.

4.3. Avrenning fra tømmervelte med og uten sandfilter

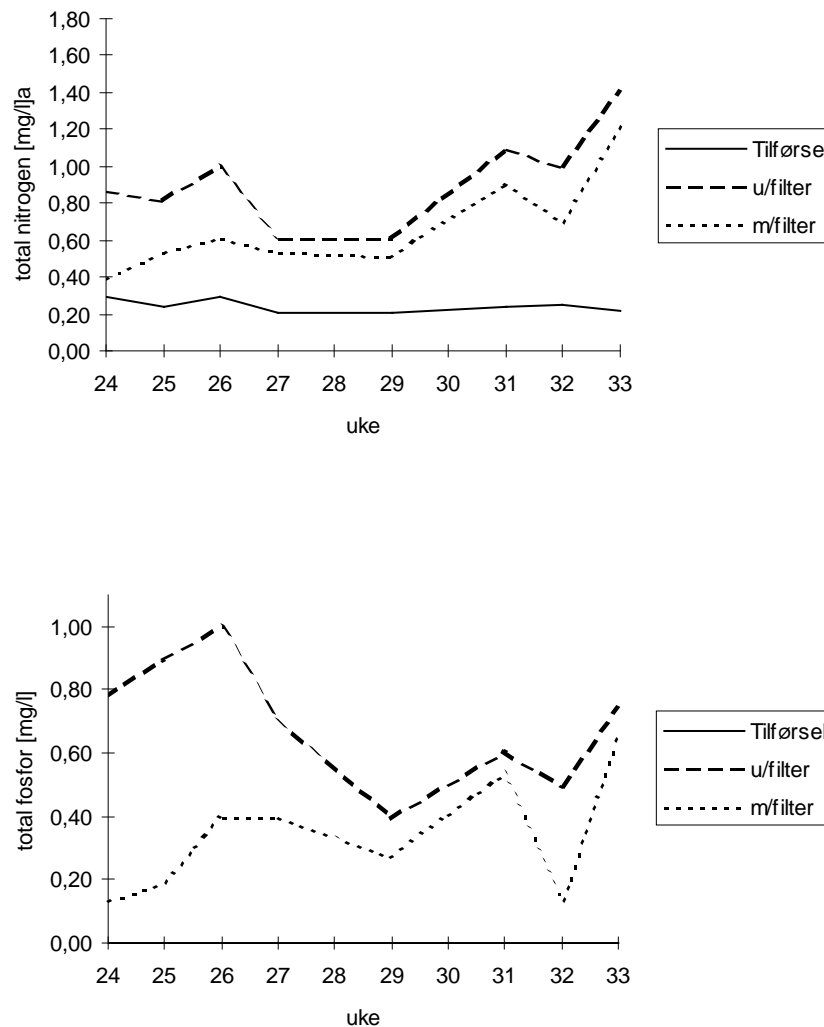
Figur 5 viser utviklingsforløpet for kjemisk oksygenforbruk og løst organisk karbon i forsøksveltene med og uten sandfilter.



Figur 5. Kjemisk oksygenforbruk (KOF) og løst organisk karbon (DOC) i tilførsels- og avrenningsvannet i forsøksvelte med og uten sandfilter.
Chemical oxygen demand (COD) and dissolved organic carbon (DOC) in the inlet and waste water from the experimental piles with and without sand filter.

Figur 5 viser at sandfilteret reduserer kjemisk oksygenforbruk og løst organisk karbon i avrenningsvannet de første tre ukene sammenlignet med forsøksvelta uten sandfilter. Utviklingen er for øvrig lik som for klimastyrt og tradisjonell forsøksvelte.

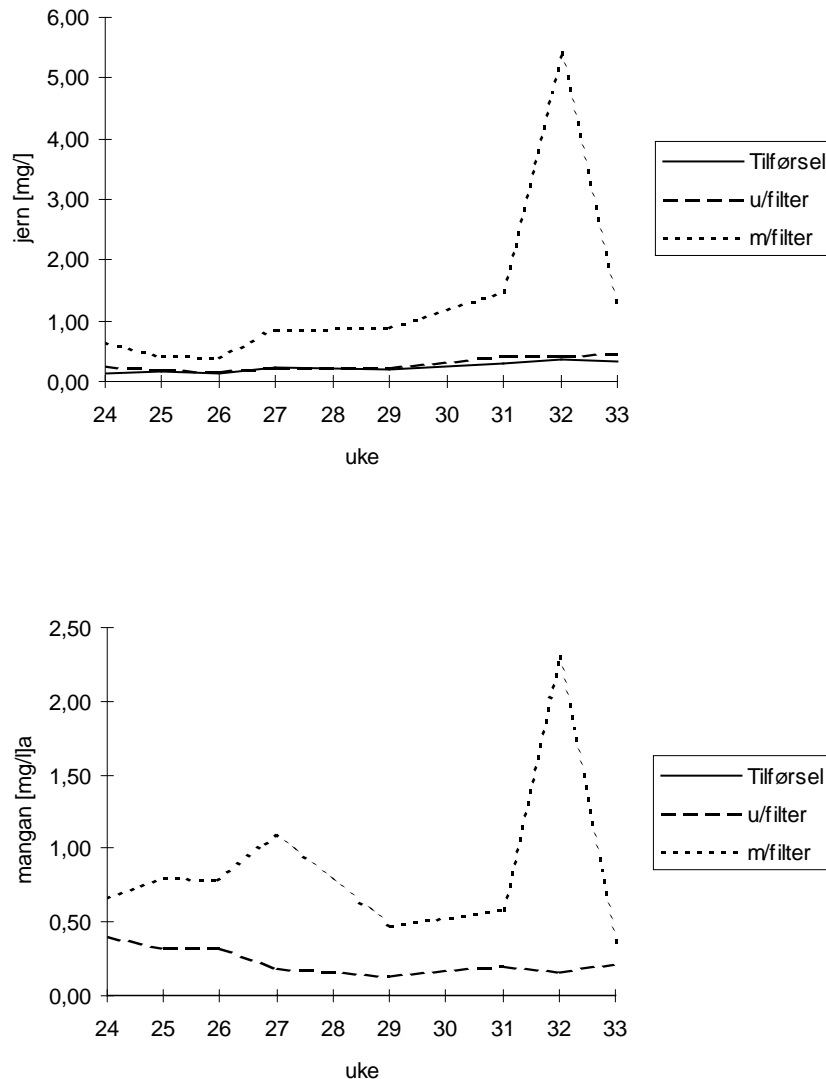
Figur 6 viser utviklingen for total nitrogen og total fosfor i forsøksveltene med og uten sandfilter.



*Figur 6. Total nitrogen (tot N) og total fosfor (tot P) i tilførsels- og avrenningsvannet i forsøksvelte med og uten sandfilter.
Total nitrogen (tot N) and total phosphorus (tot P) in the inlet and waste water from the experimental piles with and without sand filter.*

Figur 6 viser at sandfilteret under den ene forsøksvelta holder tilbake nitrogen og fosfor. Det ble ikke funnet konsentrasjon av fosfor i tilførselsvannet (deteksjonsgrense lik 0,010 mg/l).

Resultatene viser også en lekkasje fra sandfilteret av kalsium, jern, kalium, magnesium og mangan mot slutten av forsøksperioden. For jern og mangan er dette vist i figur 7.



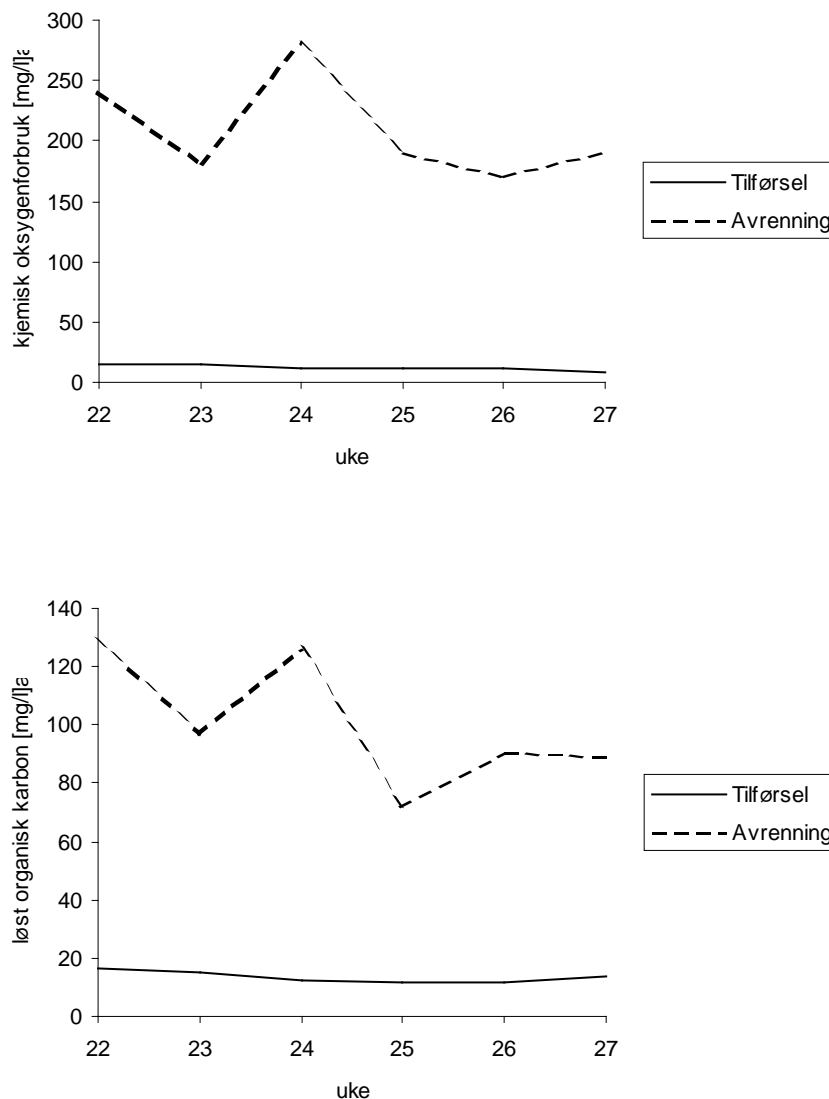
Figur 7. Jern (Fe) og mangan (Mn) i tilførsels- og avrenningsvannet i forsøksvelte med og uten sandfilter.

Iron (Fe) and manganese (Mn) in the inlet and waste water from the experimental piles with and without sand filter.

Fullstendig oversikt over analyseresultatene er gitt som vedlegg.

4.4. Avrenning fra tømmertomt

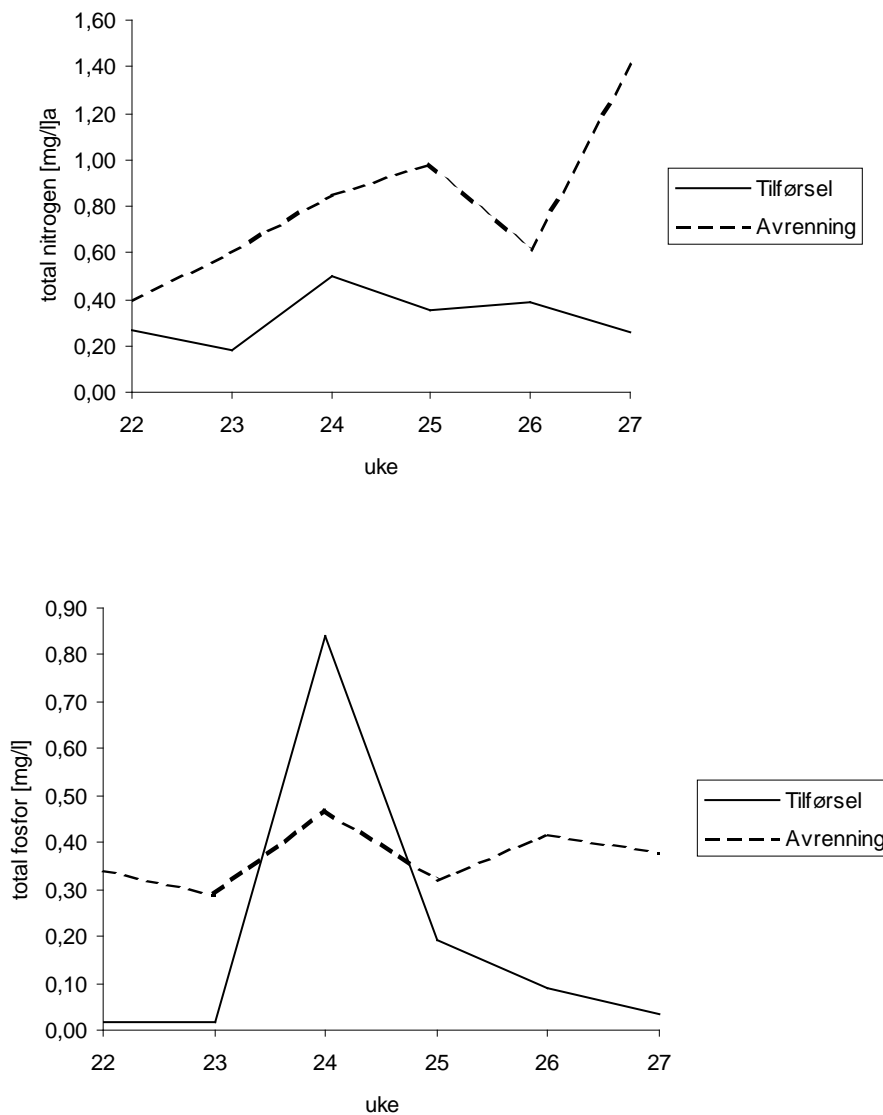
Figur 8 viser utviklingsforløpet for kjemisk oksygenforbruk og løst organisk karbon i tilførselsvannet og avrenningsvannet fra tømmertomta til Brandval Sag i 1997.



Figur 8. Kjemisk oksygenforbruk (KOF) og løst organisk karbon (DOC) i tilførsels- og avrenningsvannet fra tømmeromt.
Chemical oxygen demand (COD) and dissolved organic carbon (DOC) in the inlet and waste water from the timber yard.

Figuren viser at konsentrasjonen av kjemisk oksygenforbruk i avrenningsvannet var stor i begynnelsen av forsøksperioden, og med en topp i uke 24. Deretter ble den redusert fram mot slutten av forsøksperioden. Konsentrasjonen av løst organisk karbon viser en lignende utvikling.

Figur 9 viser konsentrasjonene av total nitrogen og total fosfor ved de ulike prøvetidspunktene i 1997.

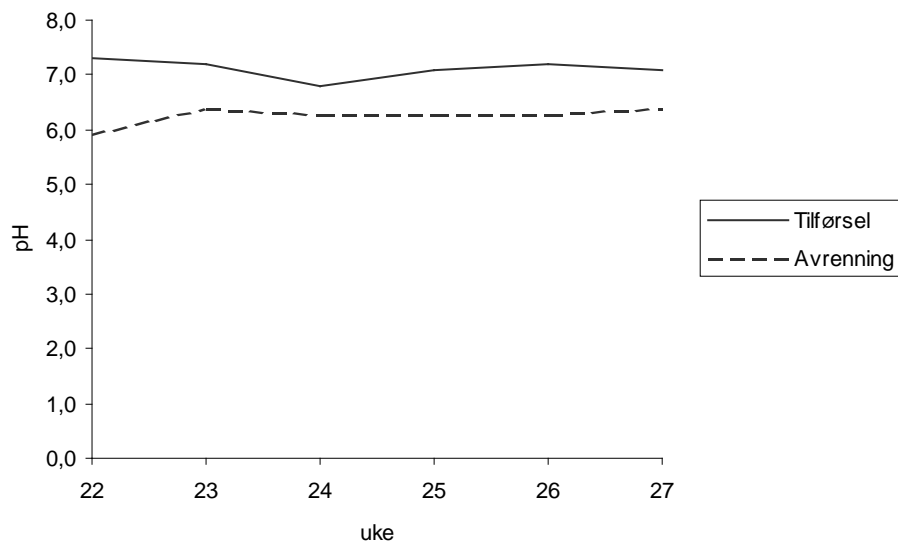


Figur 9. Total nitrogen (tot N) og total fosfor (tot P) i tilførsels- og avrenningsvannet fra tømmeromt.

Total nitrogen (tot N) and total phosphorus (tot P) in the inlet and waste water from the timber yard.

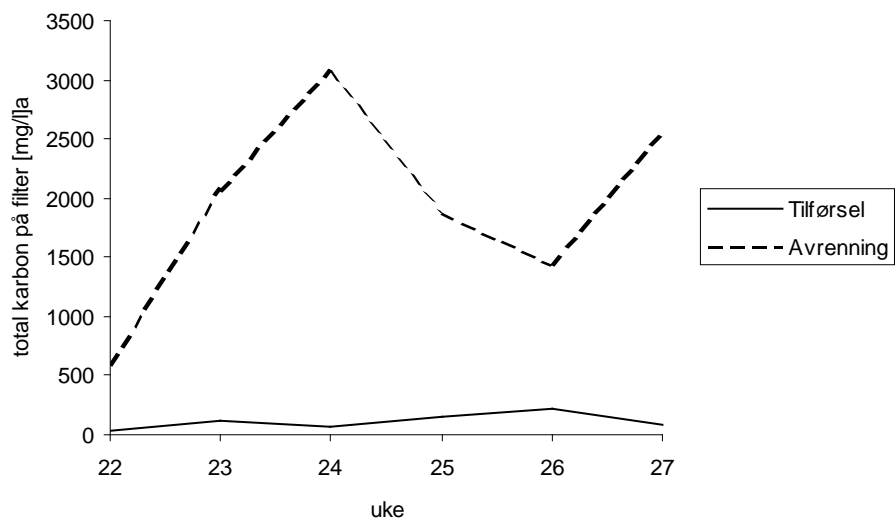
For både total nitrogen og total fosfor viser figur 9 en markert topp i tilførselsvannet i uke 24. En tilsvarende topp for avrenningsvannet finner en for total fosfor i samme uke.

Resultatene fra pH-analysene viser at avrenningsvannet har en pH som omtrent ligger én enhet under tilførselsvannet. Det vil si at avrenningsvannet er surere enn tilførselsvannet. Dette er vist i figur 10.



Figur 10. pH i tilførsels- og avrenningsvannet fra tømmeromt.
pH in the inlet and waste water from the timber yard.

Analysene fra Brandval Sag viste store mengder total karbon på filter (TC). Det vil si organisk karbon som er bundet til partikler i vannet. Konsentrasjonen av partikulært bundet karbon bestemmes ved filtrering av vannprøvene. Konsentrasjonen av total karbon på filter i tilførsels- og avrenningsvannet er vist i figur 11.



Figur 11. Total karbon på filter (TC) i tilførsels- og avrenningsvannet fra tømmeromt.
Total carbon on filter (TC) in the inlet and waste water from the timber yard.

Figuren viser at det er store mengder karbon bundet til partikler i avrenningsvannet. Fullstendig oversikt over analyseresultatene er gitt som vedlegg.

5. Diskusjon og konklusjon

En kort tid etter at overrislingen av tømmeret starter, er utvaskingen av stoffer fra barken og trevirket stort. Resultater fra forsøkene viser høye konsentrasjoner av organisk stoff (KOF og DOC), total fosfor og kalium i avrenningsvannet fra forsøksveltene de første to ukene.

Ved en sammenligning av konsentrasjoner av forbindelser i avrenning fra tradisjonelt vannet tømmervelte med en klimastyrte vannet velte, er det i denne undersøkelsen generelt ingen markerte forskjeller. Konsentrasjonene av organisk stoff (KOF og DOC), total fosfor, total nitrogen og kalium ser imidlertid ut til å være noe høyere for klimastyrte forsøksvelte enn for tradisjonell forsøksvelte i forsøksperioden (fig. 2, 3 og 4). Dette kan ha sammenheng med en lavere vanningsintensitet for klimastyrte tømmervanning.

Sammenligning av forsøksvelte med og uten sandfilter som underlag, viste at sandfilteret holdt tilbake nitrogen og fosfor. Mot slutten av forsøksperioden hadde sandfilteret en lekkasje av kalsium, jern, kalium, magnesium og mangan. Resultatene tyder på at det er en biologisk aktivitet i sandfilteret. Optimale vekstforhold for biologisk aktivitet vil være avgjørende for filterets kapasitet til å holde tilbake stoffer.

I en resipient vil stoffenes biologiske tilgjengelighet være avgjørende for miljøbelastningen. Lavmolekylære fraksjoner som ioner og molekyler, er mer biologisk tilgjengelige enn høymolekylære fraksjoner som kolloider og partikler. Løst organisk karbon er et mål for lavmolekylære fraksjoner av organiske karbonforbindelser. Det har derfor stor biologisk tilgjengelighet, og oksiderer lett og forbruker oksygen i vannet (KOF). Spearman korrelasjonskoeffisient viser at løst organisk karbon og kjemisk oksygenforbruk korrelerer signifikant positivt i avrenningsvannet fra alle forsøksveltene. Denne sammenhengen mellom løst organisk karbon og kjemisk oksygenforbruk forklares ved at løst organisk karbon er den mest biologisk tilgjengelige tilstandsformen.

Organiske karbonforbindelser i avrenningsvannet fra Brandval Sag var hovedsakelig partikulært bundet. Det vil si at det organiske materialet er lite biologisk tilgjengelig, og vil nødvendigvis ikke representere noen stor miljøbelastning.

5.1. Avrenning fra klimastyrte og tradisjonell tømmervanning

Sammenligning av konsentrasjoner av ulike bestanddeler i avrenningsvannet fra tradisjonell og klimastyrte forsøksvelte, viser at konsentrasjonen av kalium, kjemisk oksygenforbruk, løst organisk karbon og total fosfor er noe høyere for klimastyrte forsøksvelte. Dette kan være et resultat av at vannmengden var mindre ved den klimastyrte forsøksvelta enn ved den tradisjonelle forsøksvelta, slik at konsentrasjonen av de ulike bestanddelene i avrenningsvannet derfor ble høyere.

Figurene viser en tilnærmet lik utvikling for klimastyrt og tradisjonell tømmervanning gjennom forsøksperioden.

For analyseparametre som viser store initielle konsentrasjoner i avrenningsvannet, som for eksempel løst organisk karbon, viste undersøkelsene til Borgå (1994) en markert konsentrasjonsreduksjon i den første kritiske perioden (8-12 dager) ved klimastyrt tømmervanning sammenlignet med tradisjonell tømmervanning. Resultatene fra Soknabruket i 1996 viser en konsentrasjonsreduksjon (KOF og DOC) for både klimastyrt forsøksvelte og tradisjonell forsøksvelte de første to ukene. For Brandval Sag (tradisjonell tømmervanning) er det ingen tilsvarende markert reduksjon for de samme parametrene.

For total fosfor viser avrenningsvannet fra klimastyrt forsøksvelte en høyere konsentrasjon enn avrenningsvannet fra tradisjonell forsøksvelte. Konsentrasjonen reduseres de første ukene, for så å stige mot en ny topp åtte uker etter start på vanning. I følge Borgå (1994) kan en forsinket utlekking av fosfor fra trevirket forklare med at når celler dør og blir nedbrutt, vil membranlipider desintegre og fosfatgrupper raskt hydrolysere. Fosfor finnes som energirike fosforforbindelser, fosfolipid (ATP), i cellemembranen. Membranen kan imidlertid være intakt i perioder fra uker til flere måneder etter avvirkning av tømmeret, avhengig av lagringsbetingelsene, noe som kan forklare en sen fosfortopp i avrenningen.

5.2. Avrenning fra tømmervelte med og uten sandfilter

Mikrobiell mineralisering av karbon krever tilgang på elektronakseptorer. Overrislingsvannet er rikt på oksygen som er den energetisk mest gunstige elektronakseptoren. Tilgjengelig oksygen kan imidlertid raskt bli brukt opp i det øverste laget av mikroorganismer i det biologiske filteret i sanden. Under det øverste laget vil det da skje en anaerob respirasjon. I et åpent system (ikke resirkulert vann) vil en også ha en kontinuerlig tilførsel av alternative elektronakseptorer fra vannet, som for eksempel Mn(IV), NO₃-N, Fe(III) eller sulfat. Når reduserte jern- og manganforbindelser oksideres, vil det produseres hydrogenioner (Stumm & Morgan 1981). Dette kan føre til forsurening av avrenningsvannet. Samtidig inneholder avrenningsvannet en rekke salter, deriblant store mengder kalium. Resultatene fra Soknabruket viser en betydelig konsentrasjonsøkning av kalium i avrenningsvannet (figur 2). Kalium bidrar til å øke bufferkapasiteten mot surt vann, slik at økt konsentrasjon av kalium i avrenningsvannet gir en positiv miljøeffekt.

En sammenligning av avrenningsvannet fra forsøksveltene med og uten sandfilter viser en lekkasje fra sandfilteret av kalsium, jern, kalium, magnesium og mangan mot slutten av forsøksperioden. Borgå (1994) viste at lignende toppe i konsentrasjon av enkelte stoffer i avrenningsvannet, kunne skyldes en rask økning i vanntilførsel, som for eksempel regn. En forklaring kan være at den mikrobielle nedbrytingen er mindre effektiv ved lav vanningsintensitet siden redusert vanning også reduserer tilgjengeligheten av vann, mineraler og alternative

elektronakseptorer. Dette vil igjen ved en rask økning i vanntilførsel gi en utilstrekkelig nedbrytningskapasitet.

En episodisk utlekking av jern og mangan i uke 32 kan forklares med en anaerob respirasjon i det biologiske filteret. Jern(III)- og mangan(IV)oksid brukt som elektronakseptorer, vil ved anaerob respirasjon lekke ut som jern(II) og mangan(II) i avrenningsvannet. Når avrenningsvannet etter hvert blandes med oksygen, vil redusert jern og mangan oksidere, og det skjer en utfelling i form av rustrødt bunnfall.

Som vist i figur 6, holdt sandfilteret tilbake nitrogen og fosfor. Dette tyder på at det er biologisk aktivitet i sandfilteret, og at metaller blir oppkonsentrert i filteret. Chelatering (kompleks binding) mellom organisk materiale og metall vil kunne endre mobiliteten av metallene. Ved utilstrekkelig biologisk aktivitet (høyere vanntilførsel) eller anaerob respirasjon i filteret, vil metallene igjen bli mobilisert.

Å finne optimale forhold for vekst av et biologisk filter i ulike typer omgivelser krever bedre kunnskap om faktorer som kontrollerer mikrobiell metabolisme i den økologiske nisjen, definert av et sandfilter under ei tømmervelte og dens omgivelser. Vi vet fra litteraturen at resipientens pH er av betydning for mikrobiell aktivitet. Nedbrytningskapasiteten er trolig hemmet alt ved pH 7 (Borgå 1994). Kombinasjon av sur nedbør og jordsmonn med lav bufferkapasitet har bidratt til sure vassdrag flere steder i Sør-Norge. Tømmervelter som overrisles med vann fra næringsfattige og sure vassdrag vil ikke gi optimale vekstforhold for et biologisk filter. I et åpent vanningsystem vil nedbryting av organisk materiale mellom tømmervelta og resipienten være avhengig av størrelsen og nedbrytningskapasiteten av mikrobiell biomasse i det biologiske filteret.

5.3. Avrenning fra tømmertomt

Ved avrenning fra et sagbruk vil graden av forurensning være avhengig av forhold som for eksempel infiltrasjon i grunnen, dybde ned til grunnvannsspeilet og størrelse på resipienten. Eventuelle effekter på vannkvaliteten er avhengig av fortykning. Ved avrenning fra Brandval Sag har vannet ingen mulighet til infiltrasjon i grunnen, da vannet kanaliseres over asfaltert grunn til oppsamlingskummer med avløp til Glomma. Avrenningsvannet fra tømmertomta viser en økning i total nitrogen over forsøksperioden (figur 9). Løste nitrogenforbindelser ble ikke bestemt i denne undersøkelsen. Tidligere undersøkelser (Løvik & Kjellberg 1993) har vist at avrenning som inneholder store mengder total nitrogen, ikke viste noen merkbar økning av de løste forbindelsene nitrat og ammonium. Dette skyldes at de løste nitrogenforbindelsene raskt blir tatt opp av alger og bakterier, og blir bundet i organismer.

Total organisk karbon (TOC) i avrenningsvannet fra Brandval Sag er summen av løst organisk karbon (DOC) og karbon på filter (TC). Verdiene for TOC er til sammenligning betydelig høyere enn hva som ble funnet ved Haslestad Bruk i 1990 (Berge & Källqvist 1990). Dette er vist i tabell 6.

Utslipp av organiske karbonforbindelser fra Brandval Sag er hovedsakelig partikulært bundet, med i overkant av 3.000 mg/l total karbon på filter som høyeste målte verdi i forsøksperioden. Lavmolekylære fraksjoner som ioner og molekyler er mer biologisk tilgjengelige enn høymolekylære fraksjoner som kolloider og partikler. Et høyt innhold av organisk materiale i avløpsvannet fra Brandval Sag er derfor ikke nødvendigvis en indikasjon på høy miljøbelastning siden det organiske materialet hovedsakelig finnes i en mindre biologisk tilgjengelig tilstandsform.

*Tabell 6. Sammenligning av kjemiske analyser av avrenningsvann fra to sagbruk, Haslestad Bruk (Berge & Källqvist 1990) og Brandval sag.
Comparison of chemical analyses of waste water from two different sawmills, Haslestad Bruk (Berge & Källqvist 1990) and Brandval Sag.*

	Haslestad Bruk (20.07.90, kl. 20.00)		Brandval Sag (01.07.97, dagtid)	
	Avrenning	Tilførsel	Avrenning	Tilførsel
KOFCr [mg/l]	120	19	190	9
TOC [mg/l]	27.70	2.59	2626*	101*
Total fosfor [mg/l]	0.30	0.003	0.38	0.04
pH	6.88	7.28	6.4	7.1

*DOC-filtrat + TC-filter.

Sammenligner en resultatene fra Brandval Sag med resultater fra gjennomsnittlig vannkvalitet på tømmervann fra tre svenske sagbruk (Beyer 1983, tabell 2) ligger kjemisk oksygenforbruk i avrenningsvannet fra Brandval Sag i størrelsesorden 170-280 mg/l, det vil si gjennomgående høyere enn gjennomsnittet for de svenske sagbrukene (ikke resirkulert vann). Total fosfor i avrenningsvannet fra Brandval Sag viser en variasjon mellom 0,29-0,47 mg/l, som er et nivå tilsvarende gjennomsnittet for de svenske sagbrukene. Total nitrogen i avrenningsvannet fra Brandval Sag viser en økning fra 0,40 til 1,40 mg/l. Resultatene for total nitrogen sammenfaller med sesongvariasjonen for de svenske sagbrukene, som viser en økning fra 0,8 til 1,7 mg/l over vannings sesongen.

Det er vanskelig å si om utslippene fra Brandval Sag kan forårsake oksygensvikt i resipienten. Risikoen for dette er i så fall størst i den første perioden etter start på vanning, da konsentrasjonen av løste organiske karbonforbindelser er størst, og i kombinasjon med en eventuell lav vannføring i resipienten.

6. Litteratur

- Berge, D. & Källqvist, T. 1990. En enkel undersøkelse av utslipp fra tømmervanning. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
- Beyer, G. 1983. Timmerbevattning - utforming, funktion och vattenkvalitet vid några olika bevattningsanläggningar. Svenska träforskningsinstitutet. STF-meddelande serie A nr 854, TTC-rapport nr 37.
- Björkhem, U., Dehlen, R., Lundin, L., Nilsson, S., Olsson, M. & Regnader, J. 1977. Lagring av massaved under vattenbegjutting - effekter på insekter och omgivande miljø. Rapp. inst. Skogsteknik, Skogshögskl 107.
- Borgå, P. 1994. Chemical and microbial interactions in environmental degradation processes - Implications on water storage of timber and decomposition of peat. Swedish University of Agricultural Science, Department of Chemistry, Uppsala.
- Eriksson, R. & Halldin, A. 1978. Föroreningsutlaking ur ved. Ett försök avseende lagring av timmer i vattentankar. Naturvårdsverket. Rapport SNV PM 1033.
- Gjerdrum, P. 1976a. Overrisling av tømmer - en litteraturoversikt. NISK, Skogtekn. avd. rapp. 1/76.
- Gjerdrum, P. 1976b. Overrisling av landlagret skurtømmer av gran II. En undersøkelse av vannkvaliteten. NISK, Skogtekn. avd. rapp. 3/76.
- Hindar, A. & Grande, M. 1988. Avrenning fra barkfyllinger ved Rygene i nedre del av Nidelva, Aust-Agder. Norsk institutt for vannforskning. Rapport o-86149.
- Hindar, A. & Rørslett, B. 1989. Forurensingseffekter av en barkfylling nederst i Gjerstadvassdraget i Aust-Agder. Norsk institutt for vannforskning. Rapport o-88105.
- Ledin, B. 1991. Elva Gårdans påverkan från virkesbevattning, Malungs kommun. Grundvattenteknik.
- Løvik, J. E. 1991. Forurensing fra sagbruksvirksomheter i Hedmark. En oversikt basert på litteraturstudie og en intervjuundersøkelse. Norsk institutt for vannforskning. Rapport o-90222.
- Løvik, J. E. & Kjellberg, G. 1993. Juråa i Nord-Odal kommune. En undersøkelse i forbindelse med avrenning fra sagbruksvirksomhet. Norsk institutt for vannforskning. Rapport o-91188.
- NS 4720, 1979. Vannundersøkelse - Måling av pH. 2. utg., Norges Standardiseringsforbund.

- NS 4725, 1984. Vannundersøkelse - Bestemmelse av totalfosfor - Oppslutning med peroksoedisulfat. 3. utg., Norges Standardiseringsforbund.
- NS 4743, 1993. Vannundersøkelse - Bestemmelse av nitrogen etter oksidasjon med peroksoedisulfat. 2. utg., Norges Standardiseringsforbund.
- NS 4748, 1991. Vannundersøkelse - Bestemmelse av kjemisk oksygenforbruk - Oksidasjon med dikromat - (COD_{Cr}). 2. utg., Norges Standardiseringsforbund.
- Peek, R. D. & Liese, W. 1977. Die Auswirkung der Vasslagrunng von Sturmholz und die Qualität des Ablauf Wassers. Forstwiss. CentBl. 96: 348-57.
- Schaumburg, F. D. 1973. The influence of log handling on water quality. Office of Research and Monitoring. U.S. Envir. Protect. Agency, Washington.
- Stumm, W. & Morgan, J. J. 1981. Aquatic Chemistry. An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters. 2nd Ed. John Wiley & Sons, N.Y.
- Robertsen, K. 1993. Forurensing fra tømmervanning ved sagbruk. Vurdering av metoder for behandling av avløpsvann fra tømmervanning. Geofuturum, Ås.
- Vadla, K. og Wilhelmsen, G. 1982. Virkesbehandling. Landbruksforlaget, Oslo.

Vedlegg

Vannanalyser Soknabruket 1996

uke	prøve	pH	KOF	tot N	tot P	DOC	TC	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn
								[mg/l]					
24	Tilførsel	6,4	72	0,29	< 0,01	6,5	1,0	0,5	0,94	1,5	0,22	0,12	< 0,02
24	Tradisjonell	4,9	430	0,65	0,56	136,6	9,4	14,7	0,95	2,6	0,68	0,18	0,32
24	Klimastyrt	5,4	420	0,70	0,75	125,0	11,5	13,9	1,00	3,2	0,77	0,21	0,30
24	u/filter	5,2	590	0,87	0,78	170,6	15,3	20,9	0,78	3,1	0,76	0,28	0,41
24	m/filter	6,0	490	0,39	0,13	156,4	5,3	8,2	1,90	8,0	1,10	0,66	0,66
25	Tilførsel	6,6	13	0,24	< 0,01	6,6	1,9	0,5	0,99	1,5	0,22	0,15	< 0,02
25	Tradisjonell	5,2	350	0,54	0,60	101,3	11,3	12,4	1,00	2,0	0,52	0,19	0,25
25	Klimastyrt	5,4	420	0,65	0,89	126,8	12,4	13,7	1,10	2,9	0,75	0,21	0,32
25	u/filter	5,3	440	0,81	0,90	128,7	15,5	17,1	0,95	2,5	0,65	0,19	0,33
25	m/filter	6,6	310	0,53	0,19	99,6	6,2	12,8	0,98	3,7	0,51	0,44	0,80
26	Tilførsel	6,3	16	0,29	< 0,01	7,3	0,5	0,9	0,90	1,4	0,22	0,12	< 0,02
26	Tradisjonell	5,5	270	0,54	0,55	84,7	3,4	10,1	0,84	1,6	0,44	0,14	0,20
26	Klimastyrt	5,5	310	0,88	0,72	73,4	8,2	12,9	0,84	2,0	0,53	0,21	0,23
26	u/filter	5,4	380	1,00	1,00	116,4	9,0	16,2	0,86	2,5	0,64	0,18	0,33
26	m/filter	6,4	280	0,61	0,40	87,3	5,4	13,5	0,88	3,1	0,54	0,38	0,79
27	Tilførsel	6,5	14	0,21	< 0,01	6,6	1,4	< 0,5	0,93	1,4	0,22	0,22	< 0,02
27	Tradisjonell	6,2	110	0,41	0,28	32,2	6,8	5,5	0,85	1,1	0,32	0,38	0,11
27	Klimastyrt	6,9	170	0,54	0,42	47,6	18,7	8,8	0,89	1,2	0,32	0,25	0,13
27	u/filter	6,3	240	0,61	0,71	75,0	12,5	13,0	0,84	1,5	0,39	0,23	0,19
27	m/filter	6,4	290	0,53	0,40	92,7	11,8	14,0	0,73	3,0	0,50	0,85	1,10
29	Tilførsel	6,6	20	0,21	< 0,01	6,1	0,6	< 0,5	0,93	1,4	0,21	0,21	< 0,02
29	Tradisjonell	6,3	100	0,58	0,26	27,4	7,8	5,3	0,97	1,1	0,28	0,24	0,11
29	Klimastyrt	6,3	120	0,53	0,29	31,9	2,8	7,2	0,88	1,1	0,30	0,24	0,11
29	u/filter	6,2	150	0,61	0,39	41,5	7,3	8,4	0,84	1,0	0,29	0,24	0,14
29	m/filter	6,3	140	0,51	0,27	43,1	4,8	8,3	0,85	1,6	0,31	0,90	0,47
31	Tilførsel	6,6	13	0,24	< 0,01	5,4	0,6	< 0,5	1,10	1,6	0,26	0,31	< 0,02
31	Tradisjonell	6,2	100	0,66	0,31	28,9	5,6	6,2	1,10	1,2	0,32	0,34	0,12
31	Klimastyrt	6,4	150	0,91	0,45	39,5	9,8	9,2	1,10	1,6	0,45	0,38	0,17
31	u/filter	6,2	180	1,10	0,61	50,0	12,3	11,0	1,10	1,5	0,42	0,43	0,20
31	m/filter	6,5	190	0,91	0,54	53,0	10,8	12,0	1,10	2,1	0,45	1,50	0,58
32	Tilførsel	6,8	10	0,25	< 0,01	5,0	0,4	0,6	1,10	1,8	0,30	0,35	< 0,02
32	Tradisjonell	6,5	130	0,91	0,41	38,1	9,3	6,6	1,10	1,5	0,40	0,44	0,15
32	Klimastyrt	6,7	170	1,20	0,54	52,4	9,3	8,9	1,20	2,1	0,55	0,40	0,20
32	u/filter	6,2	160	1,00	0,49	47,0	9,3	9,4	1,20	1,4	0,40	0,43	0,16
32	m/filter	6,6	160	0,69	0,13	51,8	5,3	14,0	1,30	5,4	0,87	5,40	2,30
33	Tilførsel	6,7	6	0,22	< 0,01	4,8	1,9	< 0,5	1,10	1,7	0,27	0,33	< 0,02
33	Tradisjonell	6,6	120	0,79	0,38	34,7	11,5	6,8	1,10	1,5	0,40	0,41	0,14
33	Klimastyrt	6,5	120	0,84	0,35	33,1	14,0	7,3	1,00	1,5	0,40	0,40	0,14
33	u/filter	6,3	220	1,40	0,74	59,6	20,7	12,0	1,30	1,7	0,49	0,47	0,22
33	m/filter	6,4	200	1,20	0,66	50,6	21,7	12,0	1,10	1,9	0,43	1,20	0,37

Vannanalyser Brandval Sag 1997

uke	prøve	pH	KOF	tot-N	tot-P	TC	DOC	DC	DIC
						[mg/l]			
22	Tilførsel	7,3	15	0,27	0,02	28,6	16,13	21,25	5,11
22	Avrenning	5,9	240	0,40	0,34	594,4	129,90	137,50	7,52
23	Tilførsel	7,2	15	0,18	0,02	113,1	15,37	21,83	6,45
23	Avrenning	6,4	180	0,60	0,29	2058,7	96,54	106,20	9,66
24	Tilførsel	6,8	11	0,50	0,84	72,2	12,42	18,95	6,53
24	Avrenning	6,3	280	0,85	0,47	3055,2	126,60	137,10	10,42
25	Tilførsel	7,1	11	0,35	0,19	158,0	11,33	18,04	6,71
25	Avrenning	6,3	190	0,98	0,32	1874,4	71,79	83,34	11,55
26	Tilførsel	7,2	11	0,39	0,09	215,1	11,81	19,88	8,07
26	Avrenning	6,3	170	0,61	0,42	1443,1	90,76	102,20	11,44
27	Tilførsel	7,1	9	0,26	0,04	86,6	13,89	20,81	6,92
27	Avrenning	6,4	190	1,40	0,38	2536,7	89,54	101,00	11,46



Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven for Sødra Cell Tofte AS

Tillatelsen er gitt i medhold av lov om vern mot forurensninger og om avfall av 13. mars 1981 nr. 6, § 11 jfr. § 16 og endret i medhold av § 18. Tillatelsen er gitt på grunnlag av opplysninger gitt i søknad av 22.12.97 samt opplysninger fremkommet av senere redegjørelser fra bedriften. Villkårene framgår på side 2 til og med side 21. Tillatelsen gjelder fra 1. januar 2001 med endring av 29. juni 2007, 4. juli 2008, 6. juli 2009, 15. februar 2011, 15. november 2011, 26. juni 2012 og 4. januar 2014.

Bedriften må på forhånd avklare skriftlig med Miljødirektoratet endringer den ønsker å foreta i forhold til opplysninger gitt i søknaden eller under saksbehandlingen som kan ha miljømessig betydning.

Dersom hele eller vesentlige deler av tillatelsen ikke er tatt i bruk innen 4 år etter at tillatelsen er trådt i kraft, skal bedriften sende Miljødirektoratet en redegjørelse for virksomhetens omfang slik at Miljødirektoratet kan vurdere eventuelle endringer i tillatelsen.

Bedrift	Sødra Cell Tofte AS	
Beliggenhet/gateadresse	Østre Strandvei 52, Tofte	
Postadresse	Østre Strandvei 52, 3482 Tofte	
Kommune og fylke	Hurum, Buskerud	
Org. nummer (bedrift)	973181734	
NACE-kode og bransje	21.112 Produksjon av sulfat- og sulfittcellulose	
NOSE-kode(r)	105.07 Produksjon av papirmasse, papir og papirvarer (hele gruppen)	
Kategori for virksomheten ¹	6.1.	
Arkivkode	Anleggsnummer	Risikoklasse ²
408798-035	0628.00801	4

Tillatelse gitt: 19. desember 2000	Endringsnummer:	Sist endret: 4. mars 2014
Ingvild Martinsen seksjonssjef		Anne-Margit Bull senioringeniør

¹ Jf Forurensningsforskriftens kapittel 36 om behandling av tillatelser etter forurensningsloven

² Jf Forurensningsforskriftens kapittel 39 om gebyr til statskassen for Statens forurensningstilsyns arbeid med tillatelser og kontroll etter forurensningsloven

1. Produksjons- og utslippsforhold

Tillatelsen ble gitt for produksjon av bleket sulfatcellulose. Virksomheten ble stanset i august 2013. De deler av tillatelsen som regulerer produksjon, er derfor ikke lenger aktuelle.

Tillatelsen er basert på en årlig produksjon av 420.000 tonn. Ved vesentlige endringer skal bedriften søke om endring av tillatelsen, selv om utslippene ligger innenfor de fastsatte grensene.

Tillatelsen gjelder også barkkjel med 35 MW innfyrt effekt, oljekjel med installert effekt 80 MW samt reservegassbrenner for brenning av luktsterke gasser når mesaovnen ikke er i drift. Det forutsettes at oljekjelen ikke benyttes mer enn 600 timer per år.

Tillatelsen gjelder også eget deponi i Toftedalen for ordinært avfall som er omfattet av pkt. 9. Tillatelsen gjelder total fyllingsmengde på 565.000 tonn. Etappe 1A i deponiet skal være avsluttet innen 1.01.2011. Etappe 2 vil på grunn av nedleggelse av virksomheten ikke bli benyttet. Etterdriftsperioden er på 30 år, fra 2014 til og med 2043.

2. Generelle vilkår

2.1. Utslippsbegrensninger

De utslippskomponenter fra virksomheten som er antatt å ha størst miljømessig betydning, er uttrykkelig regulert gjennom spesifikke vilkår i denne tillatelsens pkt. 3 flg. Utslipp som ikke er uttrykkelig regulert på denne måten, er omfattet av tillatelsen så langt opplysninger om slike utslipp ble fremlagt i forbindelse med saksbehandlingen eller må anses å ha vært kjent på annen måte da vedtaket ble truffet. Dette gjelder likevel ikke utslipp av prioriterte miljøgifter oppført i vedlegg 1. Utslipp av slike komponenter er bare omfattet av tillatelsen dersom dette framgår uttrykkelig av vilkårene i pkt. 3 flg. eller de er så små at de må anses å være uten miljømessig betydning.

2.2. Plikt til å overholde grenseverdier

Alle grenseverdier skal overholdes innenfor de fastsatte midlingstider. Variasjoner i utslippene innenfor de fastsatte midlingstidene skal ikke avvike fra hva som følger av normal drift i en slik grad at de kan føre til økt skade eller ulempe for miljøet.

2.3 Plikt til å redusere forurensning så langt som mulig

All forurensning fra bedriften, herunder utslipp til luft og vann, samt støy og avfall, er isolert sett uønsket. Selv om utslippene holdes innenfor fastsatte utslippsgrenser, plikter bedriften å redusere sine utslipp, herunder støy, så langt dette er mulig uten urimelige kostnader. Plikten omfatter også utslipp av komponenter det ikke gjennom vilkår i pkt. 3 flg. uttrykkelig er satt grenser for.

For produksjonsprosesser der utslippene er proporsjonale med produksjonsmengde, skal eventuell reduksjon av produksjonsnivået i forhold til det som er lagt til grunn i forbindelse med saksbehandlingen, medføre en tilsvarende reduksjon i utslippene.

2.4 Tiltak ved økt forurensningsfare

Dersom det som følge av unormale driftsforhold eller av andre grunner oppstår fare for økt forurensning, plikter bedriften å iverksette de tiltak som er nødvendige for å eliminere eller redusere den økte forurensningsfaren, herunder om nødvendig å redusere eller innstille driften.

Bedriften skal så snart som mulig informere Miljødirektoratet om unormale forhold som har eller kan få forurensningsmessig betydning. Akutt forurensning skal varsles iht. pkt 10.4.

2.5 Internkontroll

Bedriften plikter å etablere internkontroll for sin virksomhet i henhold til gjeldende forskrift om dette³. Internkontrollen skal blant annet sikre og dokumentere at bedriften overholder krav i denne tillatelsen, forurensningsloven, produktkontrollloven og relevante forskrifter til disse lovene. Bedriften plikter å holde internkontrollen oppdatert.

Bedriften plikter til enhver tid å ha oversikt over alle aktiviteter som kan medføre forurensning og kunne redegjøre for risikoforhold.

³ Systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter – forskrift av 06.12.1996 nr. 1127 (Internkontrollforskriften)

3. Utslipp til vann

3.1. Utslippsbegrensninger

Følgende utslippsbegrensninger gjelder:

Utslippskomponent	Utslippskilde	Utslippsgrenser				Gjelder fra
		Kons.grense	Korttids-grense Tonn/døgn	Langtids-grense	Spes. utslipp kg/tonn produsert bleket masse	
			Midlingstid Mnd (flytende)	Midlingstid År	Midlingstid År	
KOF	Produksjon samlet			35 tonn/døgn 31,5 t/døgn	30 27	Dags dato 19.10.2009
	Produksjon 100% langfiber		40			Dags dato
	Produksjon Under 30 % kortfiber		36			Dags dato
	Produksjon over 30 % Kortfiber		34			Dags dato
SS	Produksjon		0,9	0,8 tonn/døgn	0,6	Dags dato
AOX	Produksjon			0,36 tonn/døgn	0,36 (år) 0,4 (mnd)	Dags dato Dags dato
P-tot	Produksjon		1)	1)	1)	Dags dato
N-tot	Produksjon		1)	1)	1)	Dags dato
Pb				50 kg/år		Dags dato
Cd				15 kg/år		Dags dato
Cu				120 kg/år		Dags dato
Cr-tot				80 kg/år		Dags dato
Olje	Olje-avskillere	15 mg/l				Dags dato

- 1) Det skal gjennomføres representative målinger over 1 år. På bakgrunn av målingene vil det bli fastsatt grenseverdier.

Prøvetaking og analyse skal utføres etter Norsk Standard (NS) der slik finnes.

Miljødirektoratet kan akseptere at annen metode brukes også der NS finnes, forutsatt at det kan dokumenteres at den er minst like nøyaktig som NS og at det gjennomføres månedlige parallellmålinger. KOF skal analyseres på ufiltrert prøve.

Utslippsgrensene for suspendert materiale er basert på analyse ved bruk av 70µ filter (NS 4760). Det skal tas tilstrekkelig antall parallellanalyser etter NS 4733 (GF/A-filter) for å dokumentere korrelasjon mellom målemetodene. Det må minimum analyseres med bruk av GF/A-filter en gang pr. måned. Ved rapportering til Miljødirektoratet skal analyseverdier basert på NS 4733 vedlegges rapporten. Totale årlige utslipp skal angis både som NS 4760-verdier og NS 4733-verdier.

Utslipp fra oljeavskillere måles 2 ganger per år ved hvert utslippspunkt. Grensen gjelder uførtynnet avløpsvann etter avskilleren.

3.2. Oljeholdig avløpsvann

Eventuelt oljeholdig avløpsvann fra verksteder eller lignende skal renses tilfredsstillende i oljeavskiller eller tilsvarende renseenhet slik at utslippsgrenser fastsatt i pkt. 3.1 overholdes.

3.3. Utslipssted for prosessavløp

Avløpsledningen for prosessavløp skal føres ut i Oslofjorden ca 300 m fra land og til 37 m dyp. Avstanden fra land regnes som horisontal avstand fra strandkanten ved middelvannstand.

Der det er skipsfart skal bedriften sørge for godkjenning etter havneloven.

3.4. Kjølevann

Kjølevannet skal føres ut i Oslofjorden sammen med prosessavløpet på en slik måte at innblandingen i vannmassene blir best mulig og ikke medfører temperaturendringer av betydning i resipienten.

Bruk av begroingshindrende midler i kjølevann med utslipp til vann er ikke tillatt

3.5. Overflatevann

Avrenning av overflatevann fra bedriftens utearealer skal håndteres slik at det ikke medfører skade eller ulempe for miljøet.

3.6. Sanitæravløpsvann

Ved tilknytning til offentlig avløpsnett fastsetter den ansvarlige for nettet nærmere krav.

3.7. Mudring

Dersom det som følge av bedriftens virksomhet skulle vise seg å være nødvendig med mudring, skal det innhentes nødvendig tillatelse fra forurensningsmyndigheten. Slik mudring må bekostes av bedriften.

4. Utslipp til luft

4.1. Utslippsbegrensninger

Følgende utslippsgrenser gjelder:

Utslipps- Kilde	Utslipps- komponent	Utslippsgrenser ¹⁾				Gjelder fra
		Kons.- Grense: mg/Nm ³	Mengde- grense Kg/h	Spes. utslipp kg/tonn produsert	Målefrekven- s ²⁾	
		Midlingstid : 24 timer (flytende)	Midlingstid : 12 måneder (flytende)	Midlingstid : 12 måneder (flytende)		
Sodahus 2 vol-% O ₂	SO ₂	450 ³⁾			Kontinuerlig	Dags dato
	H ₂ S	10 ³⁾			Kontinuerlig	Dags dato
	Totalt støv	100 ³⁾			Kontinuerlig	Dags dato
	NO _x (regnet som NO ₂ - ekv.)	250			Kontinuerlig	Dags dato
Mesaovn 5 vol-% O ₂	SO ₂	1750 ³⁾			Kontinuerlig	Dags dato
	H ₂ S	30 ³⁾			Kontinuerlig	Dags dato
	Totalt støv	100 ³⁾			Kontinuerlig	Dags dato
	NO _x (regnet som NO ₂ - ekv.)	400				Dags dato
Barkkjel 6% vol-O ₂	Støv	75			Kontinuerlig	Dags dato
	SO ₂	450			Kontinuerlig ⁴⁾	Dags dato 1.1.2008
	NO _x (målt som NO ₂ - ekv),	900 450				Dags dato 1.1.2008
	CO	150				1.1.2008
Oljekjel 3 vol-% O ₂	Totalt støv	⁵⁾				
	SO ₂	⁵⁾				
	NO _x (regnet som NO ₂ - ekv.)	⁵⁾				
	CO	⁵⁾				
Reserve- brenner for lukt- og stripper- gasser 3 vol-% O ₂	SO ₂	⁵⁾				
	H ₂ S	⁵⁾				
	Totalt støv	⁵⁾				
	NO _x (regnet som NO ₂ - ekv.)	⁵⁾				

Utslipps- Kilde	Utslipps- komponent	Utslippsgrenser ¹⁾				Gjelder fra
		Kons.- Grense: mg/Nm ³	Mengde- grense Kg/h	Spes. utslipp kg/tonn produsert	Målefrekven- s ²⁾	
		Midlingstid : 24 timer (flytende)	Midlingstid : 12 måneder (flytende)	Midlingstid : 12 måneder (flytende)		
Sodakjel, barkkjel, imskorstein og mesaovn.	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, og Zn	⁵⁾	⁵⁾			
Samlet for alle utslipp til luft (ikke diffuse)	SO ₂		50	1,2		Dags dato
	Totalt støv		30	0,6		Dags dato
	NO _x (regnet som NO ₂ - ekv.)		70	1,5		Dags dato
Samlet for alle utslipp til luft inklusive diffuse.	TRS (målt som S) *		30	0,6		Dags dato

* TRS - Total redusert svovel, summen av følgende reduserte illeluktende svovelforbindelser som produseres under masseproduksjonen: hydrogensulfid, metylmerkaptan, dimetylsulfid og dimetyldisulfid målt som svovel

- 1) Refereres til angitt vol-% O₂, tørr røykgass, 273 K og 101,3 Pa
- 2) Der målefrekvens ikke er angitt, må bedriften vurdere nødvendig målebehov og beskrive dette i måleprogrammet, jfr. 11.1.
- 3) Grensen skal overholdes 98 % av midlingstiden
- 4) Dersom bedriften kan godtgjøre at utslippene ikke under noen omstendighet overskrider utslippsgrensen, kan det gjøres unntak fra kravet til kontinuerlig måler for SO₂ på barkkjel. Det må da gjennomføres minimum 2 målinger per år. (LCP-direktivet, vedlegg VIII pkt 2)
- 5) Utslippsgrense vil bli vurdert på bakgrunn av målinger, jfr. 13.2.1.

Diffuse utslipp fra produksjonsprosesser og fra utearealer, for eksempel lagerområder, områder for lossing/lasting og renseanlegg, som kan medføre skade eller ulempe for miljøet, skal begrenses mest mulig.

4.2. Utslipp av illeluktende gasser

4.2.1. Utslipp av "sterke" luktgasser:

Luktsterke gasser skal normalt samles opp og brennes. Diffuse utslipp skal til enhver tid søkes redusert så langt som mulig.

Flashdamp tillates ikke benyttet i flissilo.

Utslipp gjennom sikkerhetsvannlåser skal unngås så langt det er mulig. Bedriften skal dokumentere tid hvor ventiler er åpne og estimere mengde utslipp av sterke luktgasser gjennom sikkerhetsvannlåsene per år.

Aktiviteter tilknyttet terpentintank skal gjennomføres på en slik måte at utslippene blir lavest mulig.

4.2.1. Utslipp av "svake" luktgasser:

Bedriften skal arbeide for å holde utslipp av svake luktgasser så lavt som mulig.

4.3. Krav til utslippspunkter

Avgasser fra eksisterende anlegg/prosessenheter tillates ledet ut gjennom utslippssystem med de utslippspunkter/-høyder som er oppgitt i søknaden.

Ved etablering av nye utslippspunkter, skal utslippshøyder bestemmes av beregninger basert på tillatt utslippsmengde, eksisterende bakgrunnskonsentrasjon og de ugunstigste spredningsforhold som kan forekomme, slik at konsentrasjonen ved bakkenivå eller ved eventuelle nærliggende luftinntak ikke overskrider 50% av Miljødirektoratet veiledende luftkvalitetskriterier. Det skal brukes kompetent ekstern bistand til beregningene

5. Grunnforurensning og forurensede sedimenter

Virksomheten skal være innrettet slik at det ikke finner sted utslipp til grunnen som kan medføre nevneverdige skader eller ulemper for miljøet.

Bedriften plikter å holde løpende oversikt over eventuell eksisterende forurenset grunn på bedriftsområdet og forurensede sedimenter utenfor, herunder faren for spredning, samt vurdere behovet for undersøkelser og tiltak. Er det grunn til å anta at undersøkelser eller andre tiltak vil være nødvendig, skal forurensningsmyndigheten varsles om dette.

Graving, mudring eller andre tiltak som kan påvirke forurenset grunn eller forurensede sedimenter, trenger tillatelse etter forurensningsloven, evt. godkjenning fra kommunen⁴.

⁴ Jf Forurensningsforskriftens kapittel 2 om opprydning i forurenset grunn ved bygge- og gravearbeider.

6. Kjemikalier

Med kjemikalier menes her kjemiske stoffer og stoffblandinger som brukes i virksomheten, både som råstoff i prosess og som hjelpekjemikalier, for eksempel begroingshindrende midler, vaskemidler, hydraulikkvæsker, brannbekjempningsmidler.

For kjemikalier som benyttes på en slik måte at det kan medføre fare for forurensning, skal bedriften dokumentere at den har foretatt en vurdering av kjemikalienes helse- og miljøegenskaper på bakgrunn av testing eller annen relevant dokumentasjon, jf. også punkt 2.6 om internkontroll.

Bedriften plikter å etablere et dokumentert system for substitusjon av kjemikalier. Det skal foretas en løpende vurdering av faren for skadelige effekter på helse og miljø forårsaket av de kjemikalier som benyttes, og av om alternativer finnes. Skadelige effekter knyttet til produksjon, bruk og endelig disponering av produktet, skal vurderes. Der bedre alternativer finnes, plikter bedriften å benytte disse så langt dette kan skje uten urimelig kostnad eller ulempe.⁵

Stoffer alene, i stoffblandinger og/eller i produkter, skal ikke framstilles, bringes i omsetning, eller brukes uten at de er i overensstemmelse med kravene i REACH-regelverket.⁶

Endret i brev av 10.12.2010

7. Støy

Bedriftens bidrag til utendørs støy ved omkringliggende boliger, sykehus, pleieinstitusjoner, fritidsboliger, utdanningsinstitusjoner, barnehager og rekreasjonsområder skal ikke overskride følgende grenser, målt eller beregnet som frittfeltsverdi ved mest støyutsatte fasade:

Døgn $L_{pAekv24h}$	Natt (kl. 23-07) L_{A1}
50 dB(A)	60 dB(A)

Støygrensene gjelder all støy fra bedriftens ordinære virksomhet, inkludert intern transport på bedriftsområdet og lossing/lasting av råvarer og produkter. Støy fra bygg- og anleggsvirksomhet og fra ordinær persontransport av virksomhetens ansatte er likevel ikke omfattet av grensene.

⁵ Jf Produktkontrollloven av 11.06.1979 nr. 79 § 3a

⁶ Forskrift om registrering, vurdering, godkjenning og begrensning av kjemikalier (REACH) av 30. mai 2008.

For målepunktene angitt nedenfor tillates inntil videre følgende grenser med midlingstider som angitt:

Målepunkt	Beskrivelse	Grense dB(A) $L_{pAekv24h}$	Natt (kl. 23-07) L_{A1}
4	Skoledalen 91	53	60 dB(A)
5	Ringveien 32	53	60 dB(A)
6	Lindeveien 50	53	60 dB(A)

Etter at mulige støydempende tiltak er utredet, jfr. 13.3.1, vil strengere grenser bli vurdert.

8. Energi

8.1. Energistyringssystem

Bedriften skal ha et system for kontinuerlig vurdering av tiltak som kan iverksettes for å oppnå en mest mulig energieffektiv produksjon i anleggene. Energistyringssystemet skal inngå i bedriftens internkontroll, jf pkt. 2.5.

Energistyringssystemet skal være etablert innen 30.10.2007.

8.2. Utnyttelse av overskuddsenergi

Bedriften skal i størst mulig grad utnytte overskuddsenergi fra eksisterende og nye anlegg internt. Bedriften skal også gjennom tiltak på eget bedriftsområde legge til rette for at overskuddsenergi skal kunne utnyttes eksternt så langt det er teknisk eller økonomisk mulig.

8.3. Spesifikt energiforbruk

Spesifikt energiforbruk skal beregnes og rapporteres årlig, jf. pkt. 11.2.

9. Avfall

9.1 Generelle krav

Bedriften plikter så langt det er mulig uten urimelige kostnader eller ulemper å unngå at det dannes avfall som følge av virksomheten. Særlig skal innholdet av skadelige stoffer i avfallet søkes begrenset mest mulig.

Bedriften plikter å sørge for at all håndtering av avfall, herunder farlig avfall, skjer i overensstemmelse med gjeldende regler for dette fastsatt i eller i medhold av forurensningsloven, herunder avfallsforskriften⁷.

⁷ Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall av 01.06.2004, nr. 930.

Avfall som oppstår i bedriften, skal søkes gjenbrukt i bedriftens produksjon eller i andres produksjon, eller - for brennbart avfall - søkes utnyttet til energiproduksjon internt/eksternt. Slik utnyttelse må imidlertid skje i overensstemmelse med gjeldende regler fastsatt i eller i medhold av forurensningsloven, samt krav fastsatt i denne tillatelsen.

9.2. Krav til eget deponi

9.2.1 Generelt

Deponiet "Toftedalen" er klassifisert i kategori 2 ordinært avfall i henhold til avfallsforskriften, kapittel 9, jmfør § 9-5, og tillates benyttet for deponering av ordinært avfall fra bedriftens egen virksomhet på stedet.

Deponiet skal være sikret mot adgang for uvedkommende ved inngjerding av deponiområdet.

Avfallsfraksjoner som det kan være aktuelt å ta tilbake og eventuelt gjenvinne senere skal deponeres på en slik måte at dette vil være mulig.

9.2.2. Avfallstyper

I tabell 1 er det angitt hvilke mengder ordinært avfall som tillates deponert.

Avfall	Mengde (tonn/år)
Grønnlutslam (EAL ^{*)} 030302)	7000
Aske fra barkkjelen (EAL 100115)	2000
Mesa (EAL 030309)	5000 ^{**)}
Rejektmasse fra sileriet på ubleket side (EAL 030310)	200

*) Den europeiske avfallslisten (EAL) er en liste over avfallskoder som er felles for EØS-området.

***) Forutsettes normalt solgt til jordforbedring (eventuelt etter mellomlagring)

Aske og mesa skal legges i sjikt på deponiet, med grønnlutslam over og under, slik at utlekking av disse hindres. Rejektmasse fra sileriet på ubleket side tillates kun benyttet som toppdekke på deponiet.

Bedriften skal løpende vurdere muligheten for alternativ disponering av de avfallstyper som i dag legges på deponiet.

9.2.3. Fyllingsvolum og levetid på deponiet

Bedriften tillates følgende oppfylling:

Etappe ^{*)}	Total mengde avfall (fra tillatelsen er gitt) (m³)
1A	100 000
1B	100 000
2	365 000

*) Deponiet skal bygges opp i etapper. Etappene vil være geografisk adskilt. Etappe 1A avsluttes mot en midlertidig voll som etableres av aske og egnede masser. Etappe 1B avsluttes mot tett voll som er etablert ved overvanns- og tunnelinntak lenger opp i Toftedalen. Etappe 2 avsluttes til ferdig overflate i øvre del av dalen. Etappene er angitt i vedlegg til søknaden av 30.04.2004.

9.2.4. Vilkår for utforming av deponiet

Deponiet skal utformes slik at det gir minst mulig forurensning av jord, overflatevann og grunnvann. Dette ved å hindre overflatevann, nedbør og grunnvann i størst mulig grad i å trenge inn i deponiet.

Grønnlutslam generert ved bedriften tillates benyttet som bunn- og sidetetting i etappe 1B og 2 i deponiet, slik at det vil fungere som en geologisk barriere. Grønnlutslammet skal ha permeabilitet 1×10^{-7} eller lavere, og skal legges i tykkelse på 3 m. Egenskapene til grønnlutslammet skal dokumenteres i internkontrollen.

Etappe 1B og 2 i deponiet skal bygges opp slik at overvann/grunnvann-strømmen i deponiet kan separeres fra sigevannstrømmen dersom det avdekkes at overvann/grunnvann-strømmen er mer forurenset enn forutsatt. Overvannsledningen under etappe 1B og 2 i deponiet skal ha to avløpsmuligheter. Ordinær avløpsretning skal være til tverrslag og tunnel for Toftebekken. Dersom måleprogrammet for diffus utlekking avdekker at dette vannet påvirkes av sigevann fra grønnlutslammet, skal det være mulighet for å stenge ventilen mot Toftebekken og føre vannet til sigevannspumpe-stasjonen.

Deponiområdet skal til enhver tid være tildekket med et fast tilstrekkelig tett dekke slik at inntrengning av nedbør hindres.

Deponiet skal utformes slik at man unngår setninger som kan skade forseglingen av avfallsmassene.

9.2.5. Avløp- og drenasjenett

Sigevannet fra deponiet skal samles opp i eget avløpsnett. Sigevannet skal uttynnes med rent vann før det slippes ut på 35 meters dyp i Oslofjorden.

9.2.6. Driftsprosedyrer

Det skal være etablert prosedyrer og rutiner for drift, vedlikehold og tilsyn av deponiet.

Vanninnholdet i deponiet skal holdes på et så lavt nivå som mulig. Avfallet skal avvannes så mye som mulig før deponering.

Alt avfall som tillates deponert skal registreres, loggføres og veies før deponering. Driftsrutiner, opplæring av ansatte og loggføring skal kunne dokumenteres ved kontroll.

Deponiet skal dekkes til så godt som mulig underveis i fyllingen. Ved deponering skal alltid et lag med grønnlutslam legges over andre deponerte masser. Dette skal ha tilstrekkelig helningsgrad til å føre nedbørsvann til deponisidene og videre til dreneringsnettet.

9.2.7. Overvåking i driftsfasen

Det skal være etablert prosedyrer for kontroll- og overvåking av deponiet i driftsfasen i samsvar med kravene i avfallsforskriften, kapittel 9, § 9-14 og vedlegg III.

Det skal utføres regelmessig kontroll av sigevann, sigevannssediment, grunnvann, overflatevann og diffuse utslipp i henhold til overvåkingsprogram. Et komplett overvåkingsprogram skal utarbeides og oversendes Miljødirektoratet, jmfør punkt 13.4.4.

Følgende skal gjøres i tillegg til overvåkingsprogrammet av 22.03.2006 samt de endringer som er angitt fra bedriften:

- Grunnvann skal overvåkes i en representativ brønn inne på industriområdet, nedstrøms deponiet, i tillegg til de grunnvannsbrønner som er angitt i overvåkingsprogrammet.
- Prøver av grunnvann skal analyseres på relevante tungmetaller. Dette skal gjøre i 2 år, deretter kan dette utelates dersom påvirkningen på grunnvannet viser seg å være uten miljømessig betydning.

Når analysene dokumenterer at utlekkingen fra grønnlutslammet er stabil og på et tilstrekkelig lavt nivå, er det tilstrekkelig med prøvetaking i prøvepunkt 3 en gang per år. Vurderingen angående dette skal dokumenteres i internkontrollen.

Bedriften skal følge med på resultatene fra overvåkingen over tid, slik at den kan avdekke om det skjer en negativ utvikling i analyseresultatene. Dersom innholdet av tungmetaller i sigevannet eller/og pH øker i betydelig grad, skal bedriften iverksette tiltak for å motvirke dette. Miljødirektoratet skal også informeres om eventuell negativ utvikling.

9.2.8. Avslutning og etterdrift

Forurensningsmyndigheten skal varsles i god tid før deponiet planlegges avsluttet.

Deponiet skal avsluttes i samsvar med plan for avslutnings- og etterdriftsfasen, samt eventuelle andre krav som fastsettes av forurensningsmyndigheten. Når overflateformen er som ønsket, skal det etableres et lag av grønnlutslam, med tykkelse 1 m. Deretter skal det legges på et lag med inert/inorganisk materiale på 0,3 m og et vekstlag. Toppdekket må etableres slik at det er en tilstrekkelig helningsgrad som fører avrenning av nedbør effektivt til etablerte drenasjesystemer.

Bedriften skal også i etterdriftsfasen følge med på resultatene fra overvåkingen over tid, slik at den kan avdekke om det skjer en negativ utvikling i analyseresultatene. Dersom innholdet av tungmetaller i sivevannet eller/og pH øker i betydelig grad, skal bedriften iverksette tiltak for å motvirke dette. Miljødirektoratet skal også informeres om eventuell negativ utvikling.

9.2.9. Framtidig arealbruk og terrenginngrep

En utbygging på nedlagte avfallsdeponier kan medføre fare for økt mobilisering av forurensningen fra deponiet med de negative konsekvenser dette kan medføre for omgivelsene. Videre kan en ukontrollert oppgraving og redisponering av overskuddsmasser medføre at nye lokaliteter forurenses. Det er derfor viktig at eventuelle utbyggere gjøres kjent med forurensningssituasjonen slik at nødvendige foranstaltninger kan foretas.

Dersom det planlegges å grave eller gjøre andre terrenginngrep på deponiet, må det utarbeides en tiltaksplan etter forurensningsforskriftens kapittel 2 "Opprydning i forurenset grunn ved bygge- og gravearbeider". Tiltaksplanen skal godkjennes av kommunen.

9.2.10. Finansiell garanti og kostnadsdekning

Sødra Cell Tofte skal ha etablert en finansiell sikkerhet for deponiet i Toftedalen for å sikre oppfyllelse av kravene til avslutning og etterdrift av deponiet i denne tillatelsen og i avfallsforskriftens kapittel 9 om deponering av avfall. Sikkerheten skal stilles i form av en bankkonto som skal være pantsatt til fordel for Miljødirektoratet (tidligere Klif) ("Sperret konto").

Til Sperret konto skal bedriften innbetale midler som sammen med den renteavkastning som oppnås, er tilstrekkelig til å dekke alle kostnader til etterdrift i minimum 30 år av deponiet i Toftedalen, jfr Sødra Cells "Finansiell garanti for industrideponiet i Toftedalen" av 25. november 2013.

All avkastning på innestående midler skal godskrives Sperret konto. Inn- og utbetalinger, saldo og renteavkastning på Sperret konto skal rapporteres og dokumenteres årlig overfor Miljødirektoratet ved at oppdatert kontoutskrift vedlegges bedriftens egenkontroll-rapportering.

Morselskapsgarantien kan trekkes når saldoen på "Sperret konto" er kr 11.000.000.

Bedriften skal minst hvert femte år, eller oftere om Miljødirektoratet krever det, vurdere om sikkerhetsstillelsen er tilstrekkelig til å dekke kostnadene til etterdrift. Når vurderingen er foretatt, skal den rapporteres til Miljødirektoratet i forbindelse med bedriftens egenrapportering. Dersom driftsperioden endres, skal Miljødirektoratet orienteres umiddelbart.

Miljødirektoratet tar forbehold om å endre størrelsen på Årlig innbetaling dersom nye opplysninger eller andre forhold tilsier at dette er nødvendig. Miljødirektoratet kan også stille krav om ytterligere sikkerhet.

Alle utbetalinger fra Sperret konto skal godkjennes av Miljødirektoratet. Bedriften kan ved utgangen av hvert kalenderår kreve utbetalt et beløp fra Sperret konto som tilsvarer de dokumenterte kostnadene som bedriften har hatt til avslutning og etterdrift av deponiet i Toftedalen i løpet av året. Dersom kostnadene har vært høyere enn forutsatt, kan Miljødirektoratet redusere eller nekte utbetaling for å sikre en tilstrekkelig finansiell sikkerhet for resten av etterdriftsperioden. Miljødirektoratet er ikke bundet av de antakelser om utbetalinger og utbetalingstidspunkter som er foretatt av bedriften i forbindelse med beregningen av kostnader til avslutning og etterdrift.

Ved utløpet av etterdriftsperioden på 30 år, vil forurensningsmyndigheten foreta en vurdering av forurensningssituasjonen ved deponiet. Hvis forholdene finnes å være tilfredsstillende, skal eventuelle midler som ikke har blitt benyttet til avslutning eller etterdrift av deponiet tilbakeføres til bedriften.

Endret 4. februar 2014

10. Forebyggende og beredskapsmessige tiltak mot akutt forurensning

10.1. Miljørisikoanalyse

Bedriften skal gjennomføre en miljørisikoanalyse av sin virksomhet. Bedriften skal vurdere resultatene i forhold til akseptabel miljørisiko. Potensielle kilder til akutt forurensning av vann, grunn og luft skal kartlegges. Miljørisikoanalysen skal dokumenteres og skal omfatte alle forhold ved virksomheten som kan medføre akutt forurensning med fare for helse- og/eller miljøskader inne på bedriftens område eller utenfor. Ved modifikasjoner og endrede produksjonsforhold skal miljørisikoanalysen oppdateres.

Bedriften skal ha oversikt over de miljøressurser som kan bli berørt av akutt forurensning og de helse- og miljømessige konsekvenser slik forurensning kan medføre.

10.2. Forebyggende tiltak

På basis av miljørisikoanalysen skal bedriften iverksette risikoreduserende tiltak. Både sannsynlighetsreduserende og konsekvensreduserende tiltak skal vurderes. Bedriften skal ha en oppdatert oversikt over de forebyggende tiltakene.

10.3. Etablering av beredskap

Bedriften skal, på bakgrunn av miljørisikoanalysen og de iverksatte risikoreduserende tiltakene, om nødvendig, etablere og vedlikeholde en beredskap mot akutt forurensning. Beredskapen skal være tilpasset den miljørisikoen som virksomheten til enhver tid representerer.

10.4. Varsling av akutt forurensning

Akutt forurensning eller fare for akutt forurensning skal varsles i henhold til gjeldende forskrift⁸. Bedriften skal også så snart som mulig underrette Miljødirektoratet i slike tilfeller.

⁸ Forskrift om varsling av akutt forurensning eller fare for akutt forurensning av 09.07.1992, nr. 1269

11. Utslippskontroll og rapportering til Miljødirektoratet

11.1. Utslippskontroll

Bedriften skal gjennomføre målinger av utslipp til luft og vann, samt støy i omgivelsene. Målinger omfatter volumstrømsmåling, prøvetaking, analyse og beregning.

Målinger skal utføres slik at de blir representative for virksomhetens faktiske utslipp og skal som et minimum omfatte:

- komponenter som er uttrykkelig regulert gjennom grenseverdier i tillatelsen eller forskrifter andre komponenter som er omfattet av rapporteringsplikten i henhold til Miljødirektoratets veileder til bedriftenes egenkontrollrapportering. Veilederen er lagt ut på www.miljodirektoratet.no.

Bedriften skal ha et måleprogram som inngår i bedriftens dokumenterte internkontroll. Måleprogrammet skal oppdateres innen 1.1.2012.

11.2. Måleprogram

Når bedriften utarbeider måleprogrammet, skal den:

- velge prøvetakingsfrekvenser som gir representative prøver
- vurdere usikkerhetsbidragene ved de forskjellige trinn i målingene (volumstrømsmåling - prøvetaking - analyse - beregning) og velge løsninger som reduserer den totale usikkerheten til et akseptabelt nivå

Måleprogrammet skal beskrive de forskjellige trinnene i målingene og begrunne valgte metoder. Valgt frekvens for tredjepartskontroll og for deltakelse i ringtester skal også fremgå av måleprogrammet. Det skal gå fram av måleprogrammet hvilke usikkerhetsbidrag de ulike trinnene gir.

11.3. Kvalitetssikring av målingene

Bedriften er ansvarlig for at metoder og utførelser er forsvarlig kvalitetssikret bl.a. ved å:

- utføre målingene etter Norsk standard. Dersom det ikke finnes, kan internasjonal standard benyttes. Miljødirektoratet kan videre godta at annen metode benyttes dersom særlige hensyn tilsier det.
- bruke akkrediterte laboratorier / tjenester når prøvetaking og analyse utføres av eksterne. Tjenesteyter skal være akkreditert for den aktuelle tjenesten.
- delta i ringtester for de parametrene som er regulert gjennom grenseverdier når bedriften selv analyserer
- jevnlig verifisere egne målinger med tredjepartskontroll for de parametrene som er regulert gjennom grenseverdier

11.4. Rapportering til Miljødirektoratet

Bedriften skal innen 1. mars hvert år rapportere utslippsdata fra foregående år via www.altinn.no. Rapportering skal skje i henhold til Miljødirektoratets veileder til bedriftenes egenrapportering, se www.miljodirektoratet.no.

12. Overvåking av resipient og rapportering til Miljødirektoratet

Bedriften skal sørge for overvåking av effekter av utslippene til luft og til vann i henhold til overvåkingsprogram. Overvåkingsprogrammet for vann skal så langt mulig koordineres med overvåking som utføres av Fagrådet for Ytre Oslofjord. Programmene skal forelegges Miljødirektoratet for eventuelle merknader innen 1.3.2008.

13. Undersøkelser og utredninger

13.1.1 Vann

13.1.1 Utslippsreducerende tiltak

Bedriften skal gjennomføre tiltak for reduksjon av utslipp til vann og nye utslippsgrenser vil bli gjort gjeldende fra 1.1.2011. Tiltakene skal også innebære reduksjon av utslipp av ekstraktivstoffer og klorholdige komponenter.

Redegjørelse om status for dette arbeidet skal sendes Miljødirektoratet.

Frist: 1. oktober 2008.

Endret 4. juli 2008.

13.1.2 Utslipp av tungmetaller til vann

Utslipp av metallene bly, kadmium, kobber og krom er på myndighetenes prioritetsliste over stoffer hvor utslippene skal reduseres vesentlig, helst innen 2010. Bedriftens skal vurdere mulighetene for vesentlig reduksjon av utslippene av disse stoffene. Redegjørelsen skal beskrive mulige teknikker, angi kostnad og foreslå en tidsplan for gjennomføring. På bakgrunn av redegjørelsen kan utslippsgrensene bli endret.

Frist redegjørelse: 1.1.2009

13.2 Luft

13.2.1. Måling av utslipp til luft

Bedriften skal gjennomføre følgende utslippsmålinger på nedenstående komponenter. Det skal gjennomføres et tilstrekkelig antall målinger til å dokumentere årlig utslipp.

Resultatene kan medføre fastsettelse av utslippsgrenser og eventuelt pålegg om utslippsreducerende tiltak.

- Støv, SO₂ og NO_x fra oljekjel og reservebrenner.
- H₂S fra reservebrenner.
- Metallene As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn fra sodakjel, mesaovn, imskorstein og barkkjel.
- Dioksiner til luft fra sodakjel, mesaovn og barkkjel.

Resultatene skal for de enkelte komponenter, både angi utslippsmengde og konsentrasjon. Frist: 1. oktober 2008.

Endret 4. juli 2008.

13.2.2. Utslipp av VOC

Bedriftens skal redegjøre for totale utslipp av VOC (flyktige organiske komponenter). Opplysningene kan medføre pålegg om gjennomføring av tiltak. Frist: 1. oktober 2008.

Endret 4. juli 2008.

13.2.3. Redegjørelse om tiltak knyttet til flissiloen og flisinmatingsystem.

- Ytterligere forbedringstiltak for å få flissiloen luktfri skal evalueres og plan for gjennomføring skal utarbeides.
- Flisinmatingsystemet i småfliskokeren kan gi luktutslipp til omgivelsene. Tilsvarende løsning som for fliskokeren skal evalueres og det skal lages et estimat for hvilke reduksjoner av luktgassutslipp som kan oppnås.

Frist: Redegjørelse med vurdering av mulige tiltak, kostnader og tidsplan skal sendes Miljødirektoratet innen 31. desember 2008.

Endret 4. juli 2008.

13.2.4. Reduksjon av illeluktende gasser.

Bedriften skal gjennomføre tiltak som innebærer vesentlige reduksjoner av utslippene av de illeluktende gassene. Oppsamling og destruksjon av alle sterkgasser, herunder terpentinhåndtering, skal gjennomføres innen en kortere tidsramme, mens tiltak for oppsamling og destruksjon av svagasser kan gjennomføres over en noe lenger periode.

Følgende tiltak og skal gjennomføres innen 1.7.2009:

- Tiltak for vesentlig reduksjon av utslippene fra imskorsteinen
- Minimere støtutslipp fra luktgassanleggets sikkerhetsvannlåser i inndampningen.
- Terpentintanken skal tilknyttes luktgasssystemet.
- Mellomtykkklut skal flashes før den går til mellomtykkkluttanken for å unngå luktutslipp.

Bedriften skal utarbeide plan for oppsamling og destruksjon av illeluktende gasser som tar utgangspunkt i at arbeidet skal påbegynnes 2009 - 2010.

Frist: Redegjørelse med vurdering av mulige tiltak, kostnader og tidsplan skal sendes Miljødirektoratet innen 31. desember 2008.

Endret 4. juli 2008.

13.2.5. Tiltak for bedret drift og reduserte utslipp av NOx og støv fra sodakjelen

Bedriften skal utarbeide en plan for å oppnå en vesentlig reduksjon av utslippene av NOx fra sodakjelen.

Bedriften skal også utrede mulige tiltak for vesentlig reduksjon av utslipp av støv fra sodakjelen.

Redegjørelsene skal beskrive status, mulige tiltak, angi kostnad og foreslå en tidsplan for gjennomføring. På bakgrunn av redegjørelsene kan Miljødirektoratet gi pålegg om gjennomføring av tiltak og endre utslippsgrenser.

Frist: 31. desember 2008.

Endret 4. juli 2008.

13.2.6 Spredningsberegninger

Bedriften skal redegjøre for konsekvensene av utslipp til luft for kvaliteten for omgivelsene ved gjennomføring av spredningsberegning. Det skal måles på stoffer som er relevante for bedriftens utslipp, herunder illeluktende stoffer.

Resultatene skal måles opp mot kravene i forurensningsforskriftens kapittel 7 om lokal luftkvalitet, Miljødirektoratets anbefalte luftkriterier. For komponenter som ikke er omfattet her, skal resultatene så langt som mulig vurderes i forhold til andre aktuelle normer for luftkvalitet. Miljødirektoratet kan benytte resultatene til å endre utslippsgrenser til luft eller stille endrede krav til utslippspunkt.

Frist redegjørelse: 31. desember 2008.

Endret 4. juli 2008.

13.2.7 Tiltak for vesentlig reduksjon av utslippene fra imskorsteinen

Bedriften skal gjennomføre tiltak for vesentlig reduksjon av utslippene av støv fra imskorsteinen innen 1. januar 2013.

Bedriften skal redegjøre for tiltak for rensing av luktsterke avgasser fra imskorsteinen. Redegjørelsen skal inneholde opplysninger om mulige tiltak og effekt på utslippet, kostnader og nødvendig tid for prosjektering og ferdigstillelse av aktuelle tiltak. Frist for redegjørelse: 1. juni 2012.

Endret 15. november 2011.

13.3 Støy

13.3.1. Ytterligere støydemping

Bedriften skal utrede mulige tiltak samt kostnader for å oppnå et nivå på 50 dB(A) også i målepunkt 4, 5 og 6. Frist: 1.1.2009.

13.4 Deponi

13.4.1. Permeabilitet på grønnlutslam fra Södra Cell Tofte

Det skal gjennomføres tester for å kartlegge permeabiliteten på grønnlutslammet som genereres ved bedriften. Testene skal være gjennomført før etableringen av etappe 1A og 2 i deponiet starter.

13.4.2. Mulighet for senking av pH i sigevannet fra deponiet

Bedriften skal utrede muligheten for å senke pH i sigevannet, og hvordan dette vil påvirke innholdet av tungmetaller i denne strømmen.

Frist for utredningen settes til 1.1.2009.

13.4.3. Finansiell garanti for etterdrift

Det skal etableres en finansiell garanti for etterdrift av deponiet. Forslag til finansiell garanti skal oversendes Miljødirektoratet innen 1.1.2008. Beregningsgrunnlaget og utgiftspostene som ligger til grunn for det beløpet som er gitt i den finansielle garantien skal vedlegges.

13.4.4. Overvåkingsprogram for deponiet

Overvåkingsprogram for Södra Cell Toftes industrideponi i Toftedalen ble oversendt Miljødirektoratet 22.03.2006. Det har senere blitt gjort enkelte endringer i dette, og Miljødirektoratet ønsker også noen tillegg til overvåkingsprogrammet, jamfør punkt 9.2.7. Et komplett overvåkingsprogram for deponiet skal utarbeides og sendes Miljødirektoratet.

Frist: 1.1.2008.

14. Utskifting av utstyr

Dersom det skal foretas utskifting av utstyr i virksomheten som gjør det teknisk mulig å motvirke forurensninger på en vesentlig bedre måte enn da tillatelsen ble gitt, skal Miljødirektoratet på forhånd gis melding om dette.

All utskifting av utstyr skal baseres på at de beste tilgjengelige teknikker med sikte på å motvirke forurensning skal benyttes.

15. Eierskifte

Hvis bedriften overdras til ny eier, skal melding sendes Miljødirektoratet så snart som mulig og senest én måned etter eierskiftet.

16. Nedleggelse

Hvis et anlegg blir nedlagt eller en virksomhet stanser for en lengre periode, skal eieren eller brukeren gjøre det som til enhver tid er nødvendig for å motvirke fare for forurensninger. Hvis anlegget eller virksomheten kan medføre forurensninger etter nedleggelsen eller driftsstansen, skal det i rimelig tid på forhånd gis melding til Miljødirektoratet.

Miljødirektoratet kan fastsette nærmere hvilke tiltak som er nødvendig for å motvirke forurensning. Miljødirektoratet kan pålegge eieren eller brukeren å stille garanti for dekning av framtidige utgifter og mulig erstatningsansvar.

Ved nedleggelse eller stans skal bedriften sørge for at råvarer, hjelpestoff, halvfabrikat eller ferdig vare, produksjonsutstyr og avfall tas hånd om på forsvarlig måte, herunder at farlig avfall håndteres i henhold til gjeldende forskrift⁹. De tiltak som treffes i denne forbindelse, skal rapporteres til Miljødirektoratet innen 3 måneder etter nedleggelse eller stans. Rapporten skal også inneholde dokumentasjon av disponeringen av kjemikalierester og ubrukte kjemikalier og navn på eventuell(e) kjøper(e).

Ved nedleggelse av en virksomhet skal den ansvarlige sørge for at driftsstedet settes i miljømessig tilfredsstillende stand igjen.

Dersom virksomheten ønskes startet på nytt, skal det gis melding til Miljødirektoratet i god tid før start er planlagt.

17. Tilsyn

Bedriften plikter å la representanter for forurensningsmyndigheten eller de som denne bemyndiger, føre tilsyn med anleggene til enhver tid.

⁹ Avfallsforskriftens kapittel 11 om farlig avfall

VEDLEGG 1

Liste over prioriterte miljøgifter, jf. punkt 2.1.

Utslipp av disse komponenter er bare omfattet av tillatelsen dersom dette framgår uttrykkelig av vilkårene i pkt. 3 flg. eller de er så små at de må anses å være uten miljømessig betydning

Metaller og metallforbindelser:

	Forkortelser
Arsen og arsenforbindelser	As og As-forbindelser
Bly og blyforbindelser	Pb og Pb-forbindelser
Kadmium og kadmiumforbindelser	Cd og Cd-forbindelser
Krom og kromforbindelser	Cr og Cr-forbindelser
Kvikksølv og kvikksølvforbindelser	Hg og Hg-forbindelser

Organiske forbindelser:

Bromerte flammehekkere:	Vanlige forkortelser
Penta-bromdifenyleter (difenyleter, pentabromderivat)	Penta-BDE
Okta-bromdifenyleter (defenyleter, oktaborbromderivat)	Okta-BDE, octa-BDE
Deka-bromdifenyleter (bis(pentabromfenyl)eter)	Deka-BDE, deca-BDE
Heksabromcyclododekan	HBCDD
Tetrabrombisfenol A (2,2',6,6'-tetrabromo-4,4' isopropyliden difenol)	TBBPA

Klorholdige organiske forbindelser

1,2-Dikloreten	EDC
Klorerte dioksiner og furaner	Dioksiner, PCDD/PCDF
Heksaklorbenzen	HCB
Kortkjedete klorparafiner C ₁₀ - C ₁₃ (kloralkaner C ₁₀ - C ₁₃)	SCCP
Mellomkjedete klorparafiner C ₁₄ - C ₁₇ (kloralkaner C ₁₄ - C ₁₇)	MCCP
Klorerte alkylbenzener	KAB
Pentaklorfenol	PCF, PCP
Polyklorerte bifenyler	PCB
Tensidene:	
Ditalg-dimetylammoniumklorid	DTDMAC
Dimetyldioktadekylammoniumklorid	DSDMAC
Di(hydrogenert talg)dimetylammoniumklorid	DHTMAC
Triklorbenzen	TCB
Tetrakloreten	PER
Triklorfenol	TRI
Trikloran (2,4,4'-Triklor-2'-hydroksydifenyleter)	
Tris(2-kloretyl)fosfat	TCEP

Nitromuskforbindelser:

Muskxylen	
-----------	--

Alkylfenoler og alkylfenoletoksyler:

Nonylfenol og nonylfenoletoksyler	NF, NP, NFE, NPE
Oktylfenol og oktylfenoletoksyler	OF, OP, OFE, OPE
Dodecylfenol m. isomerer	
2,4,6 tri-tert-butylfenol	

Polyfluorerte organiske forbindelser (PFCs)

Perfluoroktansulfonat (PFOS) og forbindelser som inneholder PFOS	PFOS, PFOS-relaterte forbindelser
Langkjedete perfluorerte karboksylsyrer	
Perfluoroktansyre	PFOA

C9-PFCA - C14-PFCA

PFNA, PFDA, PFUnDA,
PFDoDA,
PFTTrDA, PFTeDA

Tinnorganiske forbindelser:

Tributyltinn

TBT

Trifenyltinn

TFT, TPT

Polysykliske aromatiske hydrokarboner

PAH

Dietylheksylftalat (bis(2-etylheksyl)ftalat)

DEHP

Bisfenol A

BPA

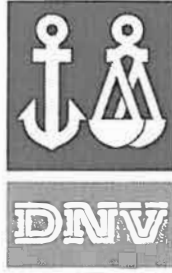
Siloksaner

Dekametylsyklopentasiloksan

D5

Oktametylsyktetrasiloksan

D4



DET NORSKE VERITAS

Rapport Overvåkning Breiangen 2012

Södra Cell Tofte AS



Overvåkning Breiangen 2012	DET NORSKE VERITAS AS P.O.Box 300 1322 Hovik, Norway Tlf: +47 67 57 99 00 Faks: +47 67 57 99 11 http://www.dnv.com Org. nr.:
Oppdragsgiver: Södra Cell Tofte AS Ostre Strandvei 52 3482 TOFTE Norway	
Oppdragsgivers referanse: Wenche Bendiksen	

Dato for første utgivelse:	2013-02-20	Prosjektnr.:	PP041019
Rapportnr.:	2013-0244	Organisasjonsenhet:	BDL Environmental Risk Management
Revisjon nr.:	0	Emnegruppe:	Miljøovervåkning

Sammendrag:

DNV har på vegne av Södra Cell Tofte gjennomført overvåkning av vann- og sedimentkvalitet i området Breiangen 2012.

Vannprover for klorofyll-a-, oksygen- og næringsstoffanalyser ble innhentet fire ganger i 2012. I forbindelse med innhenting av vannprover ble det også utført profilerende undersøkelser av hydrografiske forhold på stasjonene.

I 2012 programmet utgikk bløtunnfaunaundersøkelsen til fordel for en utvidet sedimentundersøkelse. Sedimentprover ble innhentet en gang på til sammen 10 stasjoner og analysert for tungmetaller, ekstraktivstoffene, klorfenoler og TOM.

Utarbeidet av:	<i>Navn og tittel</i> Tone Nøklegaard Senior Consultant	<i>Signatur</i>
Verifisert av:	<i>Navn og tittel</i> Sam-Arne Noland Senior Principal Consultant	<i>Signatur</i>
Godkjent av:	<i>Navn og tittel</i> Tor Jensen Vice President - Head of Department	<i>Signatur</i>

<input type="checkbox"/>	Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet, men fri distribusjon innen DNV etter 3 år	Indekseringstermer	
<input type="checkbox"/>	Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet	Nøkkelord	Vannkvalitet, sediment, bløtunn, eutrofiering
<input type="checkbox"/>	Strengt konfidensiell	Service-område	SHH Risk Management
<input type="checkbox"/>	Fri distribusjon	Markeds-segment	General Energy

Revisjon nr. / Dato:	Årsak for utgivelse:	Utarbeidet av:	Godkjent av:	Verifisert av:



Innholdsfortegnelse

KONKLUDERENDE SAMMENDRAG.....	1
1 INNLEDNING	1
2 METODE.....	3
2.1 Overvåkningsprogram	3
2.1.1 Hydrografiske målinger, næringssalter og klorofyll.....	3
2.1.2 Sedimentundersøkelser	3
2.2 Klassifiseringssystem for miljøtilstand	5
2.2.1 Bakgrunn.....	5
3 GJENNOMFØRING.....	7
3.1 Generelt	7
3.2 Hydrografi og næringssalter.....	7
3.3 Sediment.....	8
4 RESULTATER	9
4.1 Hydrografi	9
4.2 Næringssalter og klorofyll-a.....	11
4.2.1 Generelt.....	11
4.2.2 Fluorescence og klorofyll-a	12
4.2.3 Næringssalter	13
4.2.4 Samlet vurdering.....	16
4.3 Strømmålinger	17
4.4 Sediment.....	18
5 SAMLET KONKLUSJON	22
6 REFERANSER	23
Vedlegg 1 Analyserapporter Vannprøver	
Vedlegg 2 Analyserapporter Sedimentprøver	

KONKLUDERENDE SAMMENDRAG

Vannkvalitet

Alle oksygenprøvene tilsvarte meget god tilstand og det er ikke tegn til at bedriftens utslipp påvirker oksygennivåene i dypvannet. Alle næringsstoffverdier lå innenfor tilstandsklassene god og meget god. Klorofyll-a målingene indikerte en fytoplanktonoppblomstring i juli. På i samme tidsperiode var det imidlertid også registrert større fytoplanktonoppblomstringer ellers i Oslofjorden og det er derfor ikke grunn til å anta at den var forårsaket av bedriftens utslipp.

Sediment

Sedimentprøvene viste noe heterogenitet i nærområdet til bedriften. Kadmium-, krom- og sinkkonsentrasjonene i sedimentet lå stort sett innenfor Klif's tilstandsklasse I (bakgrunnsnivå) og II (god tilstand), mens kobber-, bly- og nikkelkonsentrasjonene tilsvarte tilstandsklasse III-IV (moderat- dårlig tilstand). Ekstraktivstoffene viser, med enkelte unntak en økning siden 2010.

Ekstraherbart organisk klor (EOX) ble observert for første gang i inneværende prøveprogram (2010-2012) på en stasjon (Sc-1).

1 INNLEDNING

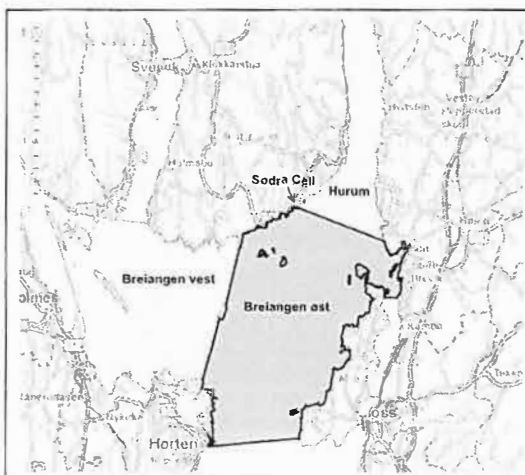
Södra Cell Tofte har siden 2000 driftet fabrikken som ligger i Tofte sentrum i Buskerud fylke. Bedriften ligger på Hurumlandet mellom Oslofjordens vestre løp (mot Drammensfjorden) og østre løp (mot Indre Oslofjord) (Figur 1-1). Södra Cell Tofte produserer bleket sulfatmasse fra trevirke av eukalyptus og bartrær. Etter en jevn økning av produsert sulfatmasse fra 1986 frem til 2005, har produksjonen avtatt siden 2005.

Som følge av bedriftens produksjon blir det generert avfallsstoffer som blant annet slippes ut i sjoresipienten på 38 meters dyp via et 300 meter langt avløpsrør. Södra Cell Tofte utfører fysisk rensing av prosessvannet i form av sedimenteringsbasseng (separering av bark og fiber). Utslippsvolumet er på ca. 44 000 m³/døgn og har en gjennomsnittlig temperatur på ca. 45 °C ut av prosessen. Prosessvannet inneholder oppløst organisk materiale, suspendert materiale, AOX (absorberbare klororganiske forbindelser), nitrogen og fosfor. I tillegg slippes det ut varierende mengder av tungmetaller. Utslippet av disse avfallsstoffene kan medføre endringer i resipienten. Hovedstrømmen utenfor bedriften går i sydvestlig retning forbi Tofte.



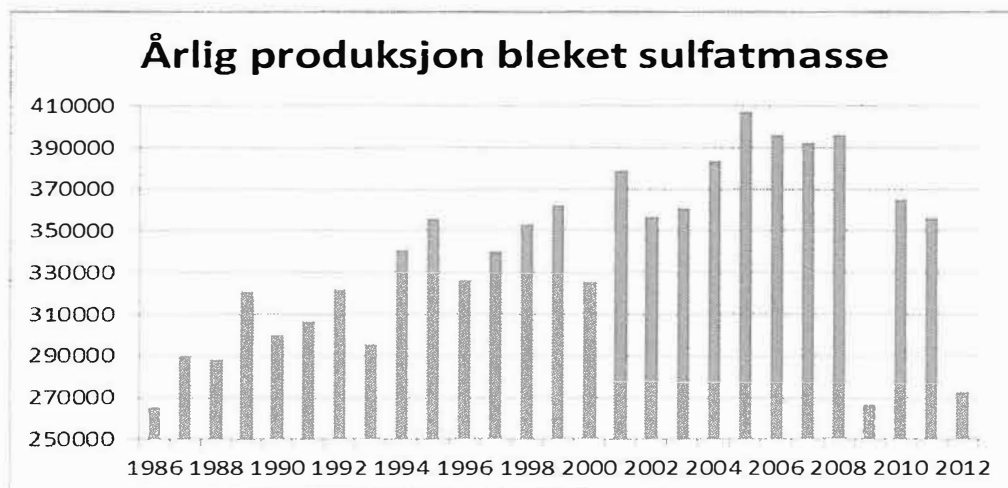
Figur 1-1. Oversiktskart, deler av Ytre Oslofjord med Breiangen.

Vannforekomstene i det umiddelbare nærområdet til bedriftens utslippspunkt (Breiangen øst og Hurum) er i samlet økologisk tilstand klassifisert til god (vann-nett.nve.no). Detaljert beskrivelse av vannforekomsten er gitt i faktaboks 1.



Faktaboks 1: Södra Cell har utslipp på grensen mellom vannforekomstene Breianger øst (angitt i mørk blå farge) og Hurum (nord for Breianger øst). Vannforekomstenes typologi er definert som beskyttet kyst fjord som er avgjørende for hvilke grenseverdier som benyttes i tolkning av data. For Breianger øst er påvirkningskilder nå registrerte hvor utslippet til Södra Cell Tofte er nevnt sammen med annen industri, landbruk og langtransporterte forurensing. For vannforekomsten Hurum er avrenning fra landbruk, husholdninger uten tilknytning til avlopsnett og renseanlegg registrert som påvirkningskilder med middels effekt. Begge vannforekomstene er per i dag klassifisert til God i samlet økologisk tilstandsklasse.
Kilde: <http://vann-nett.nve.no/statistikk/>

Tidligere resipientundersøkelser utenfor Södra Cell Tofte viser at det har vært en klar forbedring siden de tidligere undersøkelsene (Lindeström *et al.* 1988, Lindeström *et al.* 1995 og ÅF-MiljøForskarGruppen 2003, DNV, 2007). DNV (2007) har også tidligere konkludert at det er lite sannsynlig at utslippene av organisk materiale fører til reduserte oksygenverdier i vestgående retning mot Breiangerbassenget, men på bakgrunn av manglende datagrunnlag kunne det ikke trekkes konklusjoner vedrørende effekter av utslippet i østgående retning mot Drobak/Breiangen, eller i de dypere delene utenfor Södra Cell.



Figur 1-2. Årsproduksjon av sulfatmasse ved Södra Cell Tofte i tonn.



2 METODE

2.1 Overvåkningsprogram

I utslippstillatelsen fra Klif heter det at *“Bedriften skal sørge for overvåking av effekter av utslippene til luft og vann i henhold til overvåkingsprogram. Overvåkingsprogrammet for vann skal så langt som mulig koordineres med overvåking som utføres for Fagradet for Ytre Oslofjord. Programmene skal foreligge SFT for eventuelle merknader innen 31.12.2008.”*

Overvåkingen av sjøresipienten utenfor Södra Cell Tofte er basert på Overvåkingsprogrammet for Breiangen 2008 (DNV, 2008-1457). Det er vektlagt å kartlegge tilstanden i nærområdet utenfor bedriften. Programmet vurderer primært vannkvaliteten på bakgrunn av hydrografiske målinger (temperatur, salinitet og oksygen) og næringssalter i vannmassene. I tillegg er sedimentet i resipienten utenfor utslippspunktet analysert for organisk materiale, ekstraktivstoffer (harpikssyre, fettsyrer, og steroler), EOCI (ekstraherbart organisk bundet klor), klorfenoler og tungmetaller. Måleparameterne er valgt for å videreføre analyser som er utført i tidligere undersøkelser ved Södra Cell Tofte og stasjonsplasseringen sammenfaller med stasjoner undersøkt i tidligere undersøkelser. I programmet for 2012 ble det imidlertid gjort noen justeringer, og programmet for 2012 ble delt i to aktiviteter (tilsvarende 2010):

1. *Hydrografiske målinger av vannsøylen og analyse av næringssalter og klorofyll-a i vannsøylen.*
2. *En utvidet sedimentundersøkelse for å bedre kartlegge eventuell heterogenitet i sedimentet utenfor bedriften.*

2.1.1 Hydrografiske målinger, næringssalter og klorofyll.

Målet med de hydrografiske målingene (temperatur, salinitet og oksygen) er å kartlegge influensen fra prosessavløpet til Södra Cell Tofte gjennom hele vannsøylen i nærområdet. Profilmålinger ved bruk av CTD kan gi informasjon om innlagringsdypet til avløpets prosessvann, temperaturendring og oksygenreduksjon som følge av utslippet. Vannprover for analyse av næringssalter og klorofyll-a gir informasjon om eutrofieringsbelastningen i området og effekter av denne belastningen i form av fytoplanktonoppblomstringer. I tillegg ble det tatt vannprøve til winkleranalyse, som er en analyse av O₂-konsentrasjon. Winkleranalyse ble utført som en kontroll på oksygen profilmålingene fra CTD-måleren. Figur 2-1 viser kart over undersøkelsesområdet med stasjonsplassering.

2.1.2 Sedimentundersøkelser

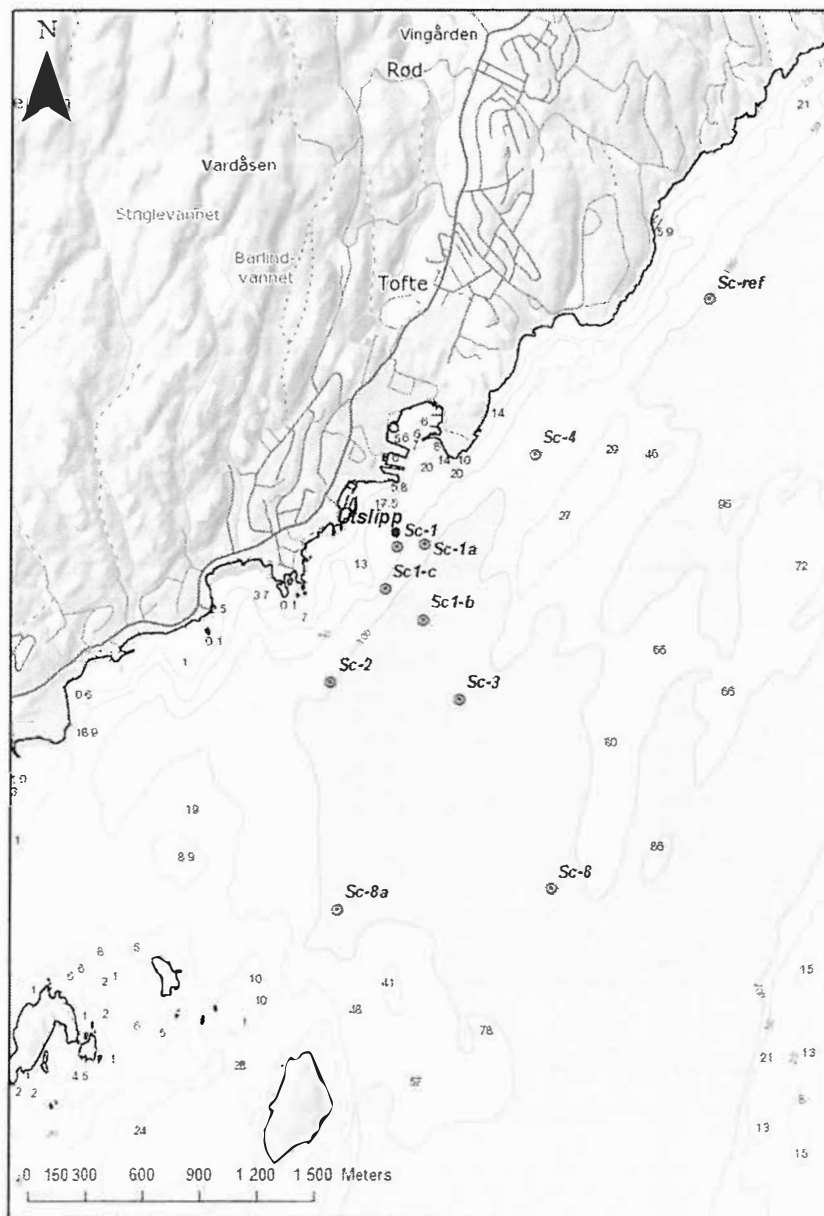
Sedimentskvalitet vil kunne påvirkes ved tilførsel av organisk materiale, næringssalter og tungmetaller. Partikler fra prosessavløpet spres ut i vannmassene og mye av dette vil kunne sedimentere i de dypere områdene utenfor utslippet.

I 2011 ble sediment og bunnfauna undersøkt på tre lokaliteter (st. Sc-1, Sc-3 og Sc-8, Figur 2-1) i henhold til overvåkingsprogrammet. Disse undersøkelsene viste god tilstand for bløtbunns-samfunnet, men antydte samtidig heterogenitet i sedimentet. Det ble derfor sendt søknad til Klif med ønske om å omprioritere resurser for 2012-programmet for å gjennomføre utvidet

sedimentundersøkelse. Dette ble akseptert og analyse av sedimentet for tungmetaller (Pb, Cd, Cu, Cr, Ni og Zn), ekstraktivstoffer (harpikssyre, fettsyrer, og steroler), EOCI (ekstraherbart organisk bundet klor), og klorfenoler ble derfor gjennomført på i alt 10 stasjoner i 2012, mot 3 i tidligere år. Alle prøvene ble innhentet fra 0-1cm laget.

Kvantitativ undersøkelse av bløtunnnsfaunaen ble pga den utvidede sedimentundersøkelsen ikke gjennomført i 2012.

Södra Cell Tofte 2012



Figur 2-1. Stasjonsplassering av de i alt 10 stasjonene undersøkt i 2012-programmet utenfor Södra Cell Tofte (utslippspunkt (WGS84): N 59° 32,489, O 10° 34,086, dyp: ca. 38 meter).

Tilstanden i overflatevann og dypvann, i forhold til næringssalter og oksygen, klassifiseres i henhold til Klifss miljøveileder for fjorder og kystfarvann "SFT 97:03" (Tabell 2-2). For klassifisering i forhold til klorofyll-a konsentrasjoner brukes Klassifisering av miljøtilstand i vann (VRD, 2009).

Tabell 2-2. Klassifisering av tilstand for næringssalter, klorofyll-A, siktedyp i overflatelaget samt oksygen i dypvannet ved saltholdighet over 20 PSU (SFT 97:03).

Parametre	Tilstandsklasser				
	I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig
Overflatelag					
Total fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	<12	12-16	16-29	29-60	>60
Sommer (Juni-august)					
Fosfat-fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	<4	4-7	7-16	16-50	>50
Total nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<250	250-330	330-500	500-800	>800
Nitrat-nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<12	12-23	23-65	65-250	>250
Ammonium-nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<19	19-50	50-200	200-325	>325
Klorofyll a ($\mu\text{g/l}$)	<2	2-3.5	3.5-7	7-20	>20
Sikledyp (m)	>7.5	7.5-6	6-4.5	4.5-2.5	<2.5
Overflatelag					
Vinter (desember- februar)					
Total fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	<21	21-25	25-42	42-60	>60
Fosfat-fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	<16	16-21	21-34	34-50	>50
Total nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<295	295-380	380-560	560-800	>800
Nitrat-nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<90	90-125	125-225	225-350	>350
Ammonium-nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<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

* Omregningsfaktoren til mg-atl er 1/31 for fosfor og 1/14 for nitrogen.

** Omregningsfaktoren til mgO_2/l er 1.42

*** Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6 C.

Tabell 2-3. Klassifisering av klorofyll-a i henhold til VRD, 2009.

Kysttype	Salinitet	Parameter	Tilstandsklasse					
			Bakgrunn	Svært God	God	Moderat	Dårlig	Meget Dårlig
Beskyttet	≥ 20	Klorofyll-a	1,70	<2,5	2,5-5	5-9	9-18	>18

3 GJENNOMFØRING

3.1 Generelt

Tabell 3-1 gir en oversikt over overvåkingsstasjonene i Breiangen 2012. På de 6 tradisjonelle stasjonene ble det gjennomført hydrografiske målinger og prøvetaking for vannkvalitet fire ganger i 2012. I tillegg ble det innhentet sedimentprøver én gang. Sedimentprøvene ble innhentet fra ti stasjoner. Seks av disse sammenfalt med målepunkter for hydrografi og vannkvalitet, i tillegg ble det etablert fire nye stasjoner. Hydrografiske målinger ble også innhentet fra de fire ekstra sedimentsstasjonene i forbindelse med prøvetaking av disse (Tabell 3-2).

Tabell 3-1. Oversikt over stasjonsposisjoner (WGS84) og dyp, Breiangen 2012.

STASJON	LAT (WGS84)	LONG (WGS84)	DYP (M)	KOMMENTAR
Sc-1	59.54081	10.56829	46	
Sc-1a	59.540931	10.570886	90	Ny stasjon
Sc1-b	59.537367	10.570545	126	Ny stasjon
Sc1-c	59.538881	10.567127	52	Ny stasjon
Sc-2	59.53456	10.56196	110	
Sc-3	59.53359	10.57371	140	
Sc-4	59.54502	10.58122	97	
Sc-8	59.52460	10.58178	135	
Sc-8a	59.523844	10.562148	137	Ny stasjon
Sc-ref	59.55214	10.59756	100	

Tabell 3-2. Oversikt over prøvetaking ved Breiangen 2012.

	Dyp (m)	Sc-1	Sc-1a	Sc-1b	Sc-1c	Sc-2	Sc-3	Sc-4	Sc-8	Sc-8a	Sc-ref
Vann- prøver	2	X				X	X	X	X		X
	20	X				X	X	X	X		X
	Ved bunnen*	X									X
CTD måling		X	X**	X**	X**	X	X	X	X	X**	X
Sediment		X	X	X	X		X		X	X	

*Winkleranalyse (O₂)

**kun en måling/innsamling.

3.2 Hydrografi og næringsalter

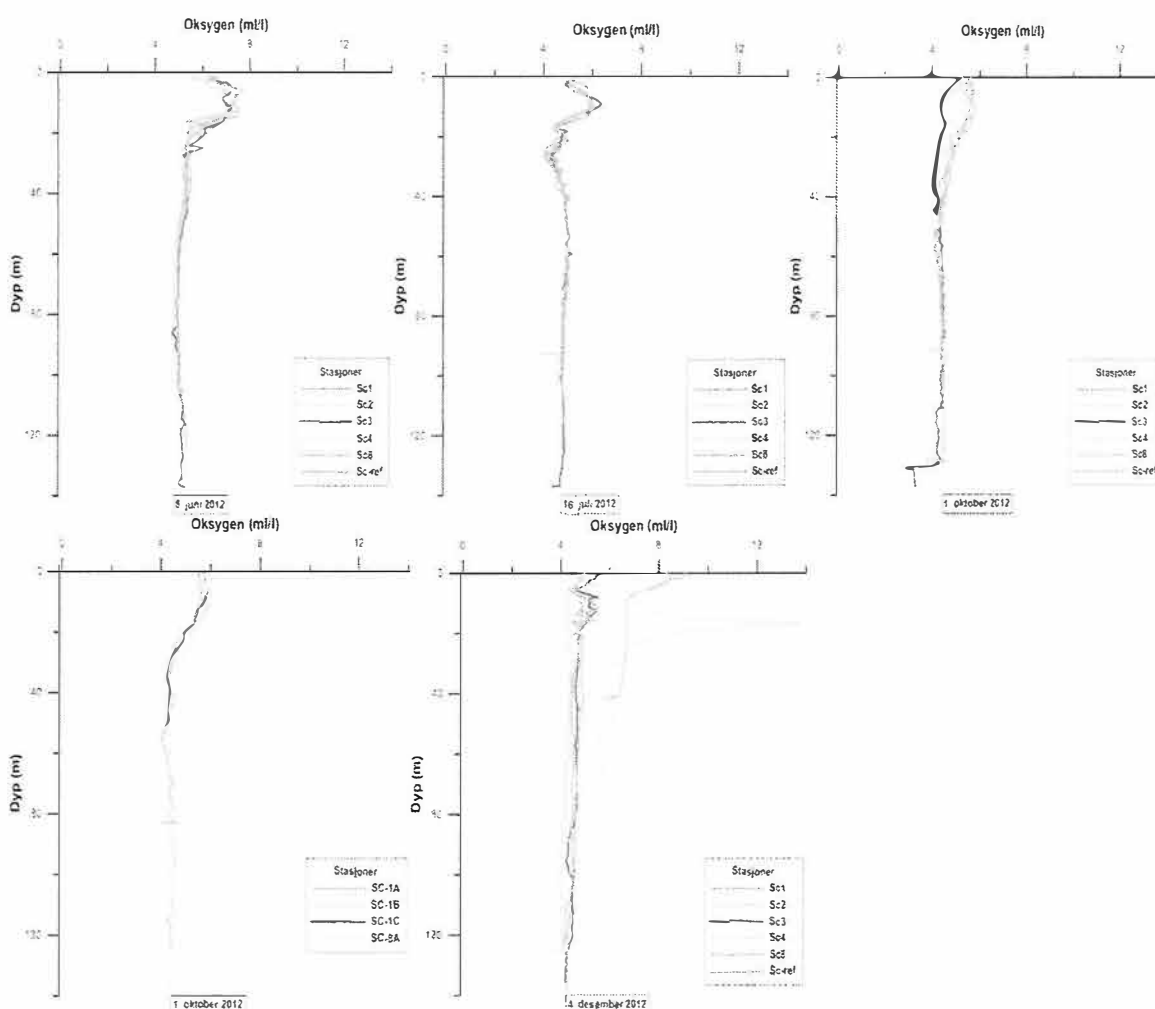
Målinger av hydrografiske parametere og vannkvalitet ble gjennomført på 6 stasjoner (inkludert referansestasjon). I tillegg ble CTD-målinger gjennomført på de fire nye stasjonene for sedimentprøvetaking (Tabell 3-1). Tabell 3-3 gir informasjon over hvilke vannkvalitetsparametere og hydrografiske parametere som ble undersøkt. Vannprøvetakingen ble foretatt over og under sprangsjiktet, henholdsvis på 2m og 20m.

4 RESULTATER

4.1 Hydrografi

Oksygen

Figur 4-1 viser oksygenprofiler målt med CTD i månedene juni, juli, oktober og desember fra målestasjonene i Breiangen.



Figur 4-1. Oksygenprofiler (ml/l) ved stasjoner i Breiangen, Södra Cell Tofte 2012

Profilene viser forventede årstidsvariasjoner. Det var noe forhøyede oksygenverdier i juni og juli over sprangsjiktet, sammenfallende med normal fytoplanktonvekst og mindre opp-blomstringer. Under sprangsjiktet var det noe lavere verdier. Med unntak av for Sc-3 i oktober (moderat) var imidlertid alle målte oksygenverdier innenfor tilstand god og meget god. I oktober og desember

var det generelt mer homogene oksygenforhold gjennom vannkolonnen. Dette følger av avtagende stratifisering og mindre fytoplanktonvekst.

Generelt er det små variasjoner mellom profilene fra de ulike stasjonene innenfor en og samme prøvedag. Et unntak er imidlertid overflatevannet på stasjon Sc-1 og Sc-4 i desember hvor det ble målt høye oksygenverdier. Hvis andre forhold ellers er like, forventer en imidlertid å finne høyere oksygennivåer i kaldere og ferskere vann. Som en kan se fra Figur 4-2 var også overflatesalinitetene lavere på disse stasjonene sammenlignet med de andre fire stasjonene på denne prøvetakingsdagen.

Oksygenkonsentrasjonene både i overflate- og bunnvannet på de undersøkte stasjonene utenfor Södra Cell Tofte var ved alle måleperiodene innenfor Klifs tilstandsklasse I (meget god). I Tabell 4-1 er oksygenverdier målt med winkleranalyse sammenlignet med **mplinger** utført med CTD-sonde. Selv om CTD-målingene og oksygenverdiene fra winkleranalysene stor sett er sammenfallende er det noe variasjon. Største måleavvik fant sted i overflatevannet; i desember med 2,89 for Sc-1 og i juli, med 2,02 og 2,53 for henholdsvis Sc-1 og Sc-Ref. Årsaken til de observerte forskjellene kan være flere. I tillegg til delvis svært heterogene oksygenkonsentrasjoner over små avstander som følge av fytoplanktonvekst kan det også delvis skyldes ikke optimal kalibrering av utstyr.

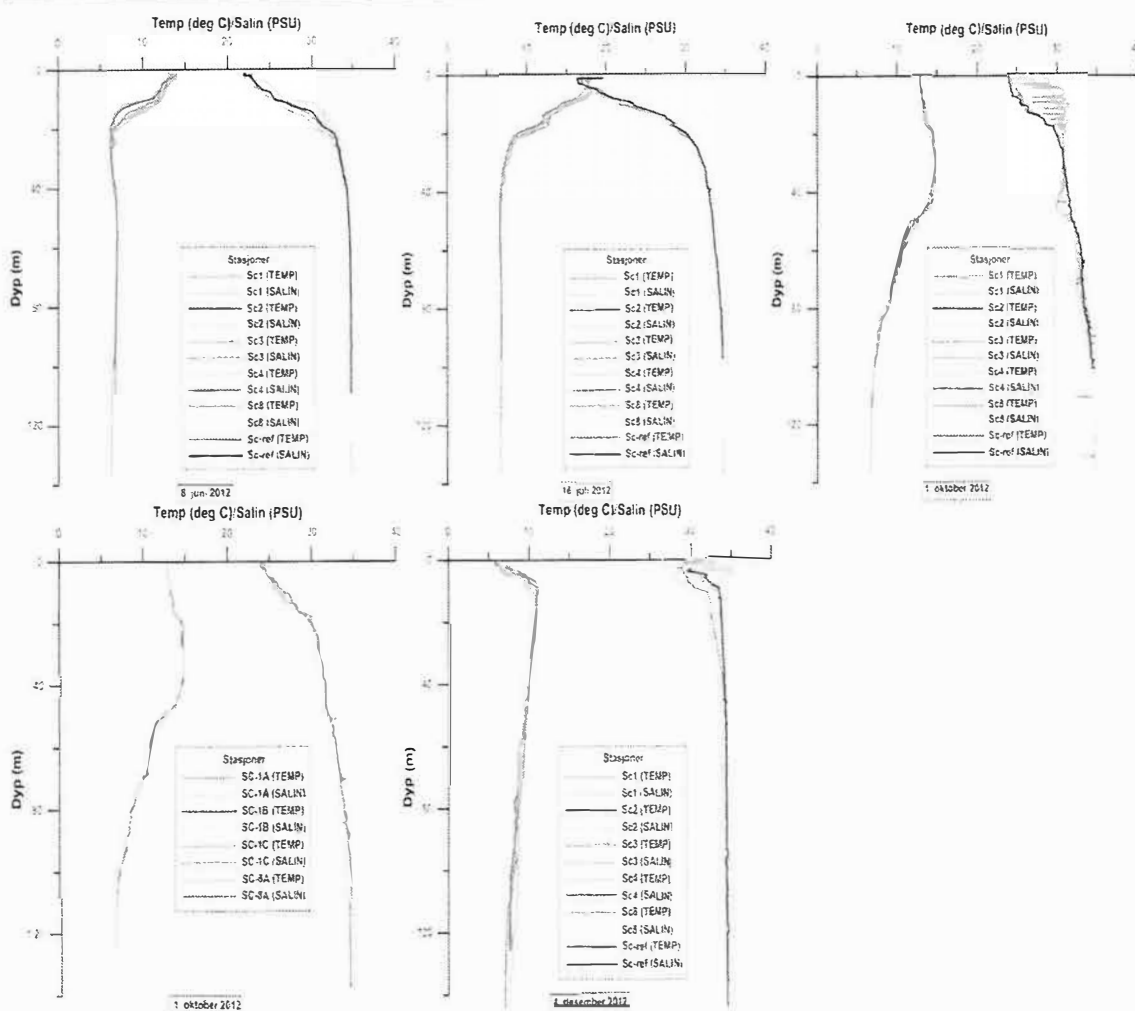
Merk: ingen oksygenmålinger fra OF5 og OF7 2012 var ikke tilgjengelige da denne rapporten ble ferdigstilt.

Tabell 4-1. Winkleranalyse sammenlignet med CTD-malinger (i parentes) fra Breiangen, 2012.

Tidspunkt	Element	Enhet	Sc1, 2 m	Sc-ref, 2 m	Sc1, rett over bunn	SC-ref, rett over bunn
juni	Oksygen	ml/l	11,0 (9,4)	11,00 (9,3)	8,1 (7,4)	8,5 (7,1)
juli	Oksygen	ml/l	9,6 (7,6)	9,80 (7,3)	8,5 (6,9)	8,2 (6,9)
oktober	Oksygen	ml/l	8,5 (7,7)	8,6 (7,8)	6,8 (6,1)	7,3 (6,1)
desember	Oksygen	ml/l	9,1 (12,0)	9,10 (7,4)	7,4 (8,3)	7,5 (6,1)

Temperatur

Temperatur- og salinitetsprofilene ved Breiangen viste igjen forholdsvis homogene vannmasser innenfor prøvetakingsområdene (Figur 4-2). Stratifisering i vannmassene økte fra juni til juli, med økende temperatur og synkende salinitet. Sprangsjiktet i juni lå på 15-18m dyp og enda noe dypere i juli hvor sjiktet strakk seg ned mot 20m. Oktobermålingene viste som forventet avtagende sjiktning. Dette skjer i forbindelse med avkjøling av det øvre vannlaget og sprangsjiktet forflyttes først dypere før det etter hvert blandes ut i løpet av vinteren. Desembermålingene viste som forventet synkende temperatur i overflatevannet sammen med økende salinitet, noe som gjenspeiler lave lufttemperaturer, avtagende avrenning fra land og relativt homogene vannmasser.



Figur 4-2. Salinitet (PSU) og temperatur (°C) profiler ved stasjoner i Breiangen, Södra Cell Tofte 2012.

4.2 Næringsalter og klorofyll-a

4.2.1 Generelt

I vekstsesongen vil næringsalter som ammonium, nitrat og fosfat over sprangsjiktet i stor grad være inkorporert i biota. Forhøyede verdier i overflatelaget i denne perioden er derfor et tegn på ny tilførsel. Denne tilførselen kan for eksempel komme fra lokalt utslipp, rensanlegg eller avrenning fra jordbruk.

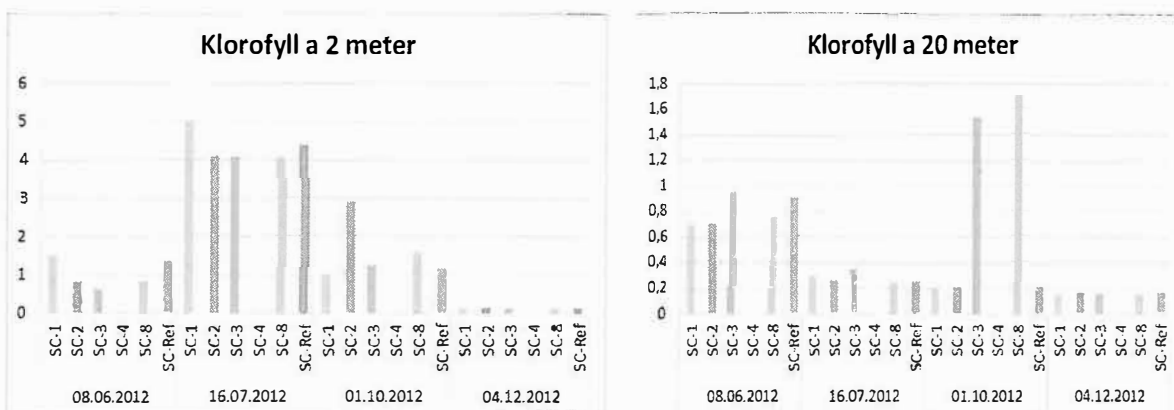
Klassifisering av tilstandsklasser i Klifs (SFT 97:03) og vanddirektivets (01:2009) veiledere, utføres på bakgrunn av næringsalt- og klorofyll-a konsentrasjon i overflatevannet. Folgelig vil primært overflatevannet (2m) beskrives i dette kapittelet. Alle analyserapporter for næringsalter og klorofyll-a finnes i vedlegg I.

forskjeller i resultatene, for eksempel ved at prøver blir tatt i ulike faser av en fytoplanktonoppblomstring, som igjen kan føre til forskjeller i næringssaltkonsentrasjoner. Endrede værforhold kan også innvirke på næringssaltnivåene, spesielt i overflaten, ved endret tilførsel fra land eller ved miksing. Merk: Fagrådets prøveresultater fra oktober og desember var ikke tilgjengelige da denne rapporten ble ferdigstilt.

I forhold til tilstandsklassifisering for klorofyll-a er det kun konsentrasjonene i sommermånedene som vurderes. Dette gjøres primært for å unngå at naturlige fytoplanktonoppblomstringer, slik som våroppblomstringen og mindre hostoppblomstringer, ikke får innvirkning på den samlede kvalitetsvurderingen av vannforekomstens tilstand med tanke på eutrofiering. Det en primært ønsker å undersøke med klorofyll-a målingene er avvik fra normalsituasjonen, som kan gi seg uttrykk ved større fytoplanktonoppblomstringer (høye klorofyll-a verdier) utenfor de forventede vår- og hostoppblomstringene. Større og vedvarende oppblomstringer i sommerperioden indikerer eutrofiering, det vil si tilførsel av næringssalter av antropogenisk opphav som for eksempel landbruk, industri, kloakk og avløp.

I juni tilsvarte klorofyll-a verdiene i Breiangen tilstandsklasse I (meget god) på samtlige stasjoner med unntak av Sc-4 (moderat) (Figur 4-4). Klorofyll-a resultater for Fagrådets OF-stasjoner var kun tilgjengelig for juni da denne rapporten ble ferdigstilt. Resultatene fra 2m dyp viste imidlertid klorofyll-a nivåer på 5.3 og 5.6 for henholdsvis OF-5 og OF-7. Dette er betydelig høyere enn de målte verdiene på stasjoner nærmere bedriftens utslipp, og er en videre indikasjon på at de forhøyede verdiene målt på Sc-4 ikke direkte skyldes bedriftens utslipp.

I juli ble det registrert høyere verdier på samtlige stasjoner i Breiangen (tilstand moderat). Verdiene indikerte en fytoplanktonoppblomstring og det kan ikke utelukkes at utslipp fra Södra Cell Tofte medvirket til oppblomstringen utenfor bedriften. Imidlertid fant man også høye verdier på referansestasjonene denne dagen og det var også samtidig rapportert om oppblomstringer andre steder i Oslofjorden (<http://algeinfo.imr.no>), og det er derfor nærliggende å tro at fytoplanktonoppblomstringen i området nær bedriften var forårsaket av forhold som på det aktuelle tidspunktet påvirket hele Oslofjordsystemet.



Figur 4-4. Klorofyll-a konsentrasjoner i ug'l fra vannprøver (2m og 20 m) i 2012 i Breiangen.

4.2.3 Næringssalter

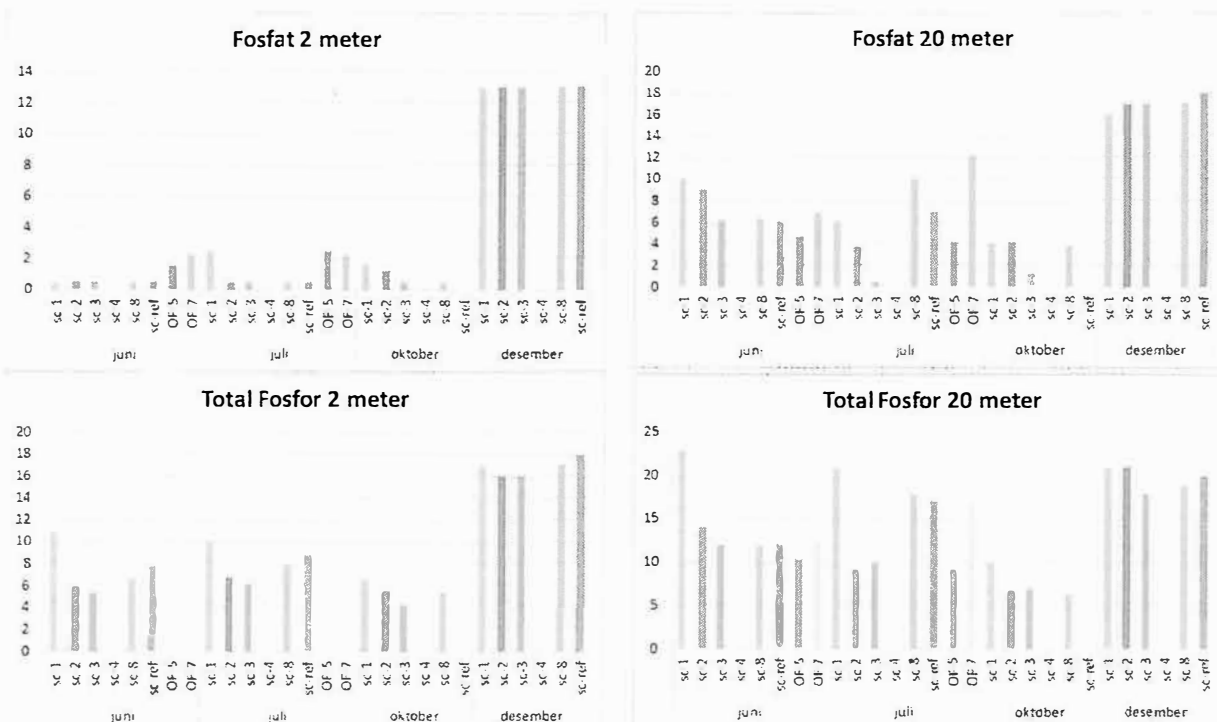
Figur 4-5 og 4-6 viser prøveresultatene for næringssalter i vannprøvene fra de ulike stasjonene i prøveprogrammet Breiangen.

Fosfor

Med unntak av stasjon Sc-4 i juni (god tilstand) tilsvarte både sommer- og vinterprøvene for total-fosfor tilstandsklasse meget god. Også for fosfat var både sommer- og vinterkonsentrasjonene i overflatevannet meget god på alle stasjonene. Oktober måned faller utenfor Klifs definerte årstider i henhold til tilstandsklassifiseringen men har her vært inkludert i vintersesongen. Oktobermålingene representerer noe mellom sommer- og vinterverdier, men CTD-målingene viser at det i denne sammenheng er mer naturlig å definere oktober som tilhørende vinter (desember-februar), med langt mer miksing av vannmassene enn sommer. Selv etter de strengere sommerkategoriene ville imidlertid oktober målingene ha falt i tilstandsklasse meget god.

Konsentrasjonene av fosfat i dypvannet var i sommermånedene av størrelsesorden 5 til 20 ganger så høye som i overflatelaget. I oktober var dette redusert til 2-3 ganger overflatenivåene, med unntak av Sc-8 (8 ganger) og i desember var forholdet 1:1 for konsentrasjonene i overflate- og dypvannet, noe som tyder på godt blandede vannmasser. For totalfosfor var forskjellene mindre, og varierte mellom 1-2 ganger høyere bunnverdier om sommer og høst, og med det samme 1:1 forhold i desemberprøvene. Grunnen til at en ser en mye mindre variasjon for totalfosfor enn for fosfat er at sistnevnte representerer det biologisk tilgjengelige fosforet og derfor i langt større grad blir påvirket av vekstsesongen og opptak i biota i sommerhalvåret.

Fosfor- og fosfatkonsentrasjonene for OF-stasjonene og stasjonene utenfor Södra Cell var generelt av samme størrelsesorden. Sommerverdiene for fosfat i overflatelaget var noe høyere på OF-stasjonene, men fremdeles innenfor samme tilstandsklasse (meget god) (Figur 4-5).

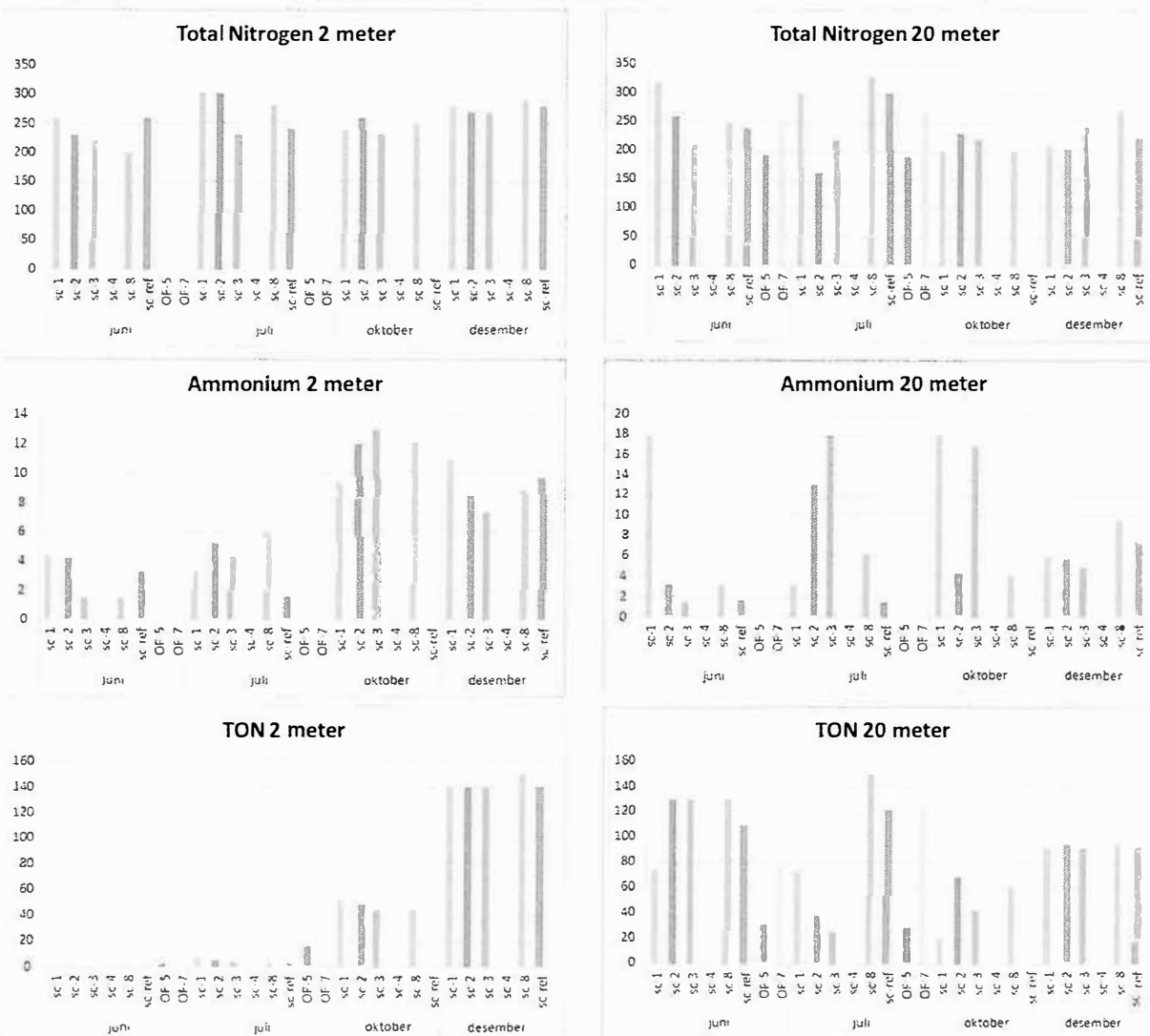


Figur 4-5. Fosfat-fosfor (PO_4 -P) og Total Fosfor (TF) konsentrasjoner i $\mu g/l$ fra vannprøver (2m og 20m) i Breiangen.



Nitrogen

I overflatelaget viste TON (nitrat+ nitritt) en gradvis økning gjennom året (Figur 4-6). Dette har også vært observert tidligere år (DNV, 2011). Tilstandsklassen var imidlertid meget god i sommer- og oktobermålingene, mens den var moderat i desember. Bare små variasjoner ble observert på tvers av stasjonene. Alle ammoniummålingene falt innenfor tilstandsklasse meget god, men også disse hadde en årsutvikling tilsvarende TON, med økende verdier mot høst og vinter. Dette er imidlertid å forvente da ammonium primært er den foretrukne nitrogenkilden for fyttoplankton, noe som resulterer i synkende tilgjengelighet av ammonium fra tidlig til sent i vekstsesongen, men med en økende tilgjengelig ettersom sjiktningen gradvis svekkes i vannkolonnen på høsten. At nitratkonsentrasjonene øker tyder derimot på lokal tilførsel. I juli er det sannsynlig at området mottok økt tilførsel av nitrat ved avrenning fra landbruk og kommunalt avløp som følge av mye nedbør. Samtidig forble fosfatkonsentrasjonene lave, noe som sannsynligvis førte til at den relative konsentrasjonen av nitrat i forhold til fosfat også økte.



Figur 4-6. Total Nitrogen (Tot-N), ammonium (NH₄-N) og TON-konsentrasjoner i mg/l fra vannprover i Breiangen 2012, fra 2m og 20.

For Total-N var de relative endringene gjennom året mindre, med høyere verdier i overflatelaget tidlig sommer og avtagende mot høst for så å øke igjen mot vinter. Alle målingene tilsvarte imidlertid minst god tilstand, med de aller fleste i meget god tilstand.

Ammoniumkonsentrasjonene i dypvannet tilsvarte meget god tilstand gjennom hele året. TON-konsentrasjonene derimot tilsvarte moderat til dårlig tilstand i sommermånedene, men bedret seg mot høsten, hvor samtlige stasjoner oppnådde god tilstand. I vintermålingene tilsvarte TON-nivåene meget god tilstand. Totalnitrogenkonsentrasjonene i dypvannet tilsvarte meget god eller god kvalitet ved alle målingene, med unntak av Sc-8 ved én anledning (moderat i juli).

Nitrogenkonsentrasjonen ved OF-5 var generelt litt lavere enn de ved stasjonene utenfor Södra Cell, mens de på OF-7 var tilsvarende eller noe høyere. TON-konsentrasjonene på OF-5 i juli var derimot markert høyere enn alle de andre stasjonene, med nivåer tilsvarende mindre god tilstand. Dette støtter videre opp under antagelsen om at fytoplanktonoppblomstringen observert i denne tidsperioden skyldtes andre forhold enn utslipp fra bedriften, som for eksempel mye nedbor og tilhørende avrenning. Ammoniumverdier var ikke tilgjengelig fra Fagrådet undersøkelser.

Samlet vurdering

I Tabell 4-2 vises gjennomsnittsverdier fra sommer og vinter for næringsalter og klorofyll-a ved samtlige stasjoner utenfor Södra Cell Tofte. For sommergjennomsnittene er kun prøvene fra 2 meter benyttet. Dette skyldes at høyere næringsaltverdier er forventet under sprangsjiktet og å inkludere disse vil derfor gi et uriktig bilde av næringsalttilgjengeligheten for vekst i det opplyste overflatelaget. Denne avgrensningen er også tydelig illustrert ved at en ser forhøyede TON-verdiene på flere av stasjonene i dypvannet, uten tegn til at dette fører til større fytoplanktonoppblomstringer i overflatelaget. For vinterprøvene (desember) derimot har gjennomsnittsverdiene fra 2 og 20 meter vært brukt. Dette ble gjort fordi det ikke lenger forelå noe sprangsjikt da disse prøvene ble innhentet.

Bakgrunnsfargene reflekterer tilstandsklasse i henhold til Klifs klassifiseringssystem hvor blå, grønn, gul, orange og rød representerer henholdsvis: meget god, god, mindre god, dårlig og meget dårlig. De aller fleste sommergjennomsnittene falt i tilstandsklassene meget god. De eneste unntakene fra dette var fire stasjoner for total nitrogen og en for klorofyll-a, som falt i klasse god.

Med unntak av TON på stasjonene Sc-2, Sc-3 og Sc-8 (god) tilsvarte alle vintergjennomsnittene tilstandsklasse meget god.

Tabell 4-2. Sommer og vinter gjennomsnitt for næringsalter og klorofyll-a (kun sommer) fra stasjonene utenfor Södra Cell Tofte for 2012. Bakgrunnsfarger reflekterer Klifs tilstandsklasser.

Sommer	Benevning	Sc-1	Sc-2	Sc-3	Sc-4	Sc-8	Sc-ref	OF5	OF7
TP	(µg/l)	10,5	6,4	5,8	11,0	7,3	8,3		
PO4	(PO4-P) (µg/l)	1,5	0,5	0,5	0,8	0,5	0,5		
TN	(µg/l)	280,0	265,0	225,0	275,0	240,0	250,0		
NH4	(NH4-N) (µg/l)	3,9	4,7	2,9	3,6	3,7	2,4		
TON	Nitritt+nitrat-N (µg/l)	3,8	2,8	2,6	1,9	2,4	1,4		

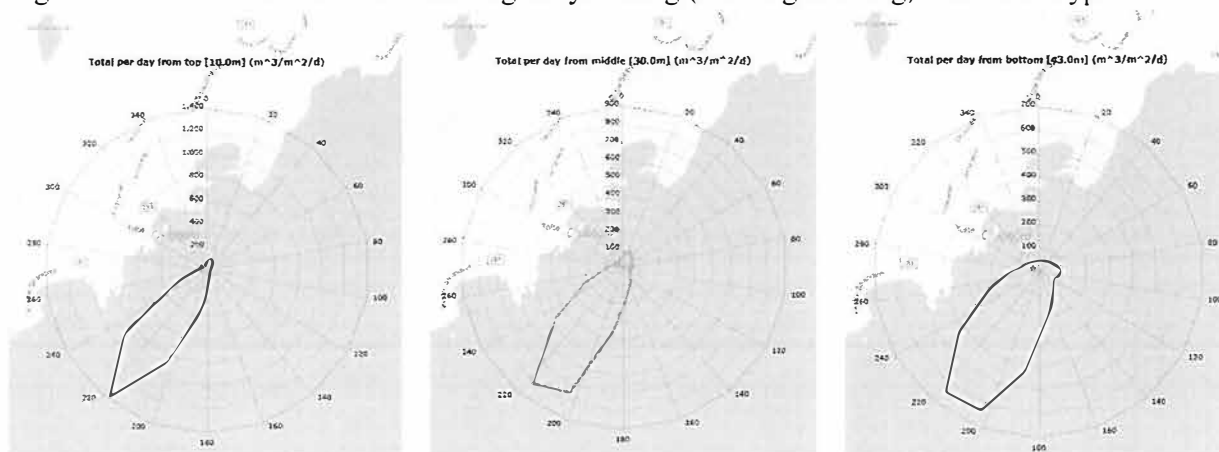
Sommer	Benevning	Sc-1	Sc-2	Sc-3	Sc-4	Sc-8	Sc-ref	OF5	OF7
Klorofyll-a	(µg/l)	1,9	1,5	1,5	2,5	1,5	1,7		

Vinter	Benevning	Sc-1	Sc-2	Sc-3	Sc-4	Sc-8	Sc-ref	OF5	OF7
TP	(µg/l)	18,0	14,2	12,9	14,8	13,7	14,5		
PO4	(PO4-P) (µg/l)	9,9	9,9	9,2	9,1	9,2	9,4		
TN	(µg/l)	267,5	240,0	235,0	260,0	252,5	250,0		
NH4	(NH4-N) (µg/l)	9,9	5,3	3,8	5,7	5,8	5,4		
TON	Nitritt+nitrat-N (µg/l)	76,9	90,9	90,6	88,6	93,9	85,4		

4.3 Strømmålinger

I forbindelse med ønsket om å gjennomføre en utvidet sedimentsundersøkelse i 2012 ble det utplassert en strømmåler utenfor bedriften i perioden 8. juni – 5. juli. Måleren ble plassert rett nordøst av utslippet på utsiden, ca. 51 meters dyp. Bakgrunnen for målingene var å bekrefte den forventede strømretning i området, og deretter planlegge best mulig plassering for tilleggsstasjonene i den utvidede sedimentundersøkelsen i 2012.

Figur 4-7 viser resultatene av vannfluks ($m^3/m^2/d$) fra tre vanddyb: 10m, 30m og 43m dyp. Figurene indikerer at hovedstrømsretning er sydvestlig (200 deg-220 deg) i alle vanddyb.

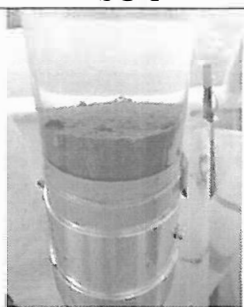











Figur 4-7. Hovedretning av gjennomsnitts vannfluks ($m^3/m^2/d$) i tre dyp, fra venstre, 10m, 30m og 45m.

4.4 Sediment

Prøvetaking av sediment ble gjennomført 27. september. Alle analyserapporter og rådata for sedimentprovene finnes i vedlegg 2.

Sedimentet fra stasjonene i Breiangen var preget av forholdsvis blot og finkornet leire/mudder med et fluffy mudderlag i toppsjiktet (Figur 4-8). Dette gjenspeiles også i kornstorrelsesfordelingen (Figur 4-3). Fargeskalaen i tabell 4-3 viser den relative fordelingen av kornstorrelse per stasjon og på tvers av stasjoner. Jo likere fargefordelings mønster på to stasjoner er, jo likere er også sedimentsammensetningen på disse to stasjonene. Når en sammenligner sammensetningen for de tre tidligere undersøkte sedimentstasjonene er det umiddelbart klart at Sc-1 skiller seg fra Sc-3 og Sc-8 i sedimentsammensetning, med en langt større andel finere sediment enn de to sistnevnte. Stasjonene Sc-1b, Sc-2 og Sc-8a har lignende sedimenttype som Sc-3 og Sc-8, mens Sc-1a og Sc-1c er de som ligner mest på Sc-1 nær utslippspunktet. Sc-ref skiller seg fra de andre stasjonene ved å ha størst % andel over 1 mm (20 %).

SC-1	SC-1A	SC-1B	SC-1C	SC-2
				
Grabrunt mudder, noe grov sand i topplag	Grabrunt mudder med fluffy topp	Grabrunt mudder med fluffy topp	Grabrunt mudder, noe grov sand i topplag	Grabrunt mudder med fluffy topp
SC-3	SC-4	SC-8	SC-8A	SC-REF
				
Grabrunt mudder	Grabrunt mudder med fluffy topp	Grabrunt mudder sandinnslag i topplag	Grabrunt mudder med fluffy topp	Grabrunt mudder med fluffy topp

Figur 4.8 Bilder av kjerne prøver fra Breiangen 27/09 2012

Tabell 4-3. *Relativ prosentvis fordeling av sediment for stasjonene.*

Kornstørrelse	Sc-ref	Sc-1	Sc-1a	Sc-1b	Sc-1C	Sc-2	Sc-3	Sc-4	Sc-8	Sc-8a
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
>1mm	20,0	2,1	5,8	4,4	2,1	8,7	2,1	3,9	5,5	10,9
<1 >0,5	21,2	2,5	14,3	21,3	8,4	25,8	28,5	22,0	29,0	26,3
<0,5 >0,2	25,5	10,3	20,9	39,3	16,7	38,1	44,0	32,4	40,9	40,0
<0,2 >0,1	13,5	23,2	18,5	21,5	26,5	15,1	15,7	21,8	14,8	15,4
<0,1 >0,05	15,2	27,8	28,4	13,0	36,9	11,7	8,9	15,5	9,4	5,8
<0,05 >0,02	4,7	34,2	12,2	0,4	9,4	0,6	0,7	4,3	0,3	1,8
<0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Informasjon om sedimentets beskaffenhet er vist i Tabell 4-4. Resultatene viser ingen klar sammenheng mellom mengde organisk materiale i sedimentet og avstand eller beliggenhet i forhold til bedriftens utslippspunkt. På Sc-1 og Sc-3 var TOM verdiene noe høyere enn i 2010, mens de var noe lavere på Sc-ref.

Tabell 4-4. *Torrstoff og innhold av totalt organisk karbon i sedimentprover fra Breiangen 2012.*

Stasjon	TOM % TS (2010)	TOM % TS (2012)	Tørrstoff (E) %
Sc-1	7,6	10,4	44,9
Sc-1a		5,6	53,6
Sc1-b		11,1	35,8
Sc1-c		5,6	56,9
Sc-2		10,7	33,5
Sc-3	8,7	11,5	35,3
Sc-4		10,3	40,9
Sc-8		11,0	31,4
Sc-8a		11,2	30,2
Sc-ref	8,1	6,6	45,9

Konsentrasjoner av tungmetaller er vist i Tabell 4-5. Bakgrunnsfarger tilsvarende Klifs tilstandsklasser. Kadmiumkonsentrasjonene tilsvarte tilstandsklasse I (bakgrunn) for alle stasjoner unntatt Sc-1 (god). Den relativt markerte økningen i kadmiumkonsentrasjonene observert i 2011 (rundt 300 % for alle tre stasjonene sammenlignet med 2010) ble ikke påvist i årets prøver. For krom og sink var tilstanden i 2012 II (god) for alle stasjoner. Kobber-, nikkel- og bly-nivåene derimot lå stort sett innenfor klasse III (moderat) og IV (dårlig).

Med unntak av kadmium tilsvarende de målte verdiene betydelig dårligere tilstand enn det som har vært registrert i siste år (DNV 2011, 2012). Den høye kobberverdien som ble funnet på Sc-1 i 2010, men ikke påvist i 2011, ble igjen observert i 2012. Dette sammenfaller godt med konklusjonen i rapporten for 2011 (DNV 2012); at den observerte nedgangen antagelig ikke var som følge av en faktisk forbedring, men heller en konsekvens av at stasjonen (Sc-1) var flyttet tilbake til opprinnelig lokalitet (fra undersøkelser for 2010) som ligger i et grunnere område.

I 2012 ble høye kobberkonsentrasjoner observert på samtlige stasjoner. de høyeste verdiene ble funnet på Sc-1, nærmest bedriften. Forhøyde kobberkonsentrasjoner påvises ofte i forbindelse

med treforedlingsindustri og det er sannsynlig at de observerte nivåene skyldes aktiviteter ved bedriften.

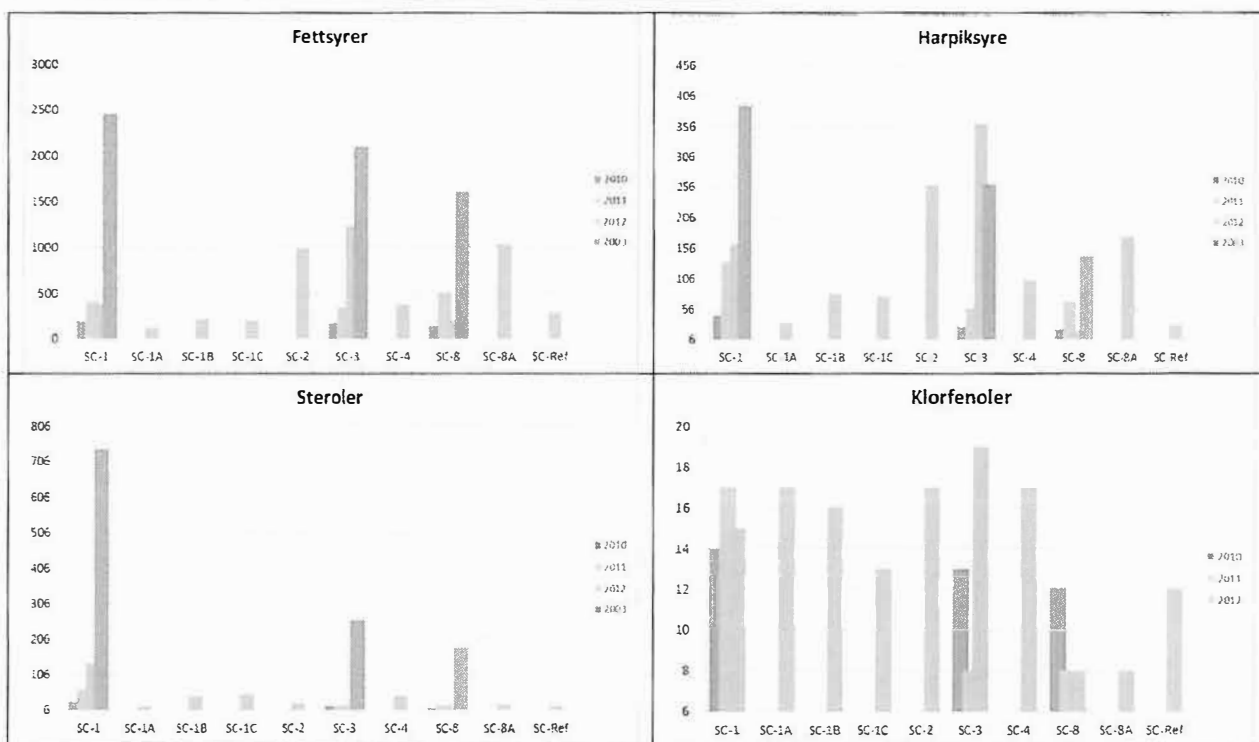
Generelt finner en de høyeste tungmetallkonsentrasjonene på stasjonene Sc-1, Sc-2 og Sc-3. Sett i lys av strømmonstret indikerer dette at disse kan relateres til bedriftens aktivitet. Selv om tungmetallnivåene på Sc-4 og Sc-ref (oppstrøms bedriften) stort sett er noe lavere en for stasjonene nær eller nedstrøms bedriften, ligger også her tungmetallnivåene stort sett innenfor samme tilstandsklasse som stasjonene nedstrøms bedriften. Dette indikerer at det er flere tungmetallkilder i nærområdet til bedriften, og det kan derfor ikke utelukkes at disse kildene medvirker til de forhøyede verdiene i sedimentet utenfor bedriften, da bedriften ligger nedstrøms Sc-4 og Sc-Ref.

Tabell 4-5. Tungmetaller i sedimentet (0-1 cm) ved stasjoner i Breiangen, utenfor Södra Cell Tofte, 2012.

Metall	benevning	SC-Ref	SC-1	SC-1A	SC-1B	SC-1C	SC-2	SC-3	SC-4	SC-8	SC-8A
Cd	mg/kg	0,00	1,21	0,00	0,10	0,12	0,12	0,06	0,00	0,00	0,00
Cr	mg/kg	179,28	128,85	133,70	106,76	111,59	164,59	139,83	130,12	131,13	123,00
Cu	mg/kg	64,27	129,08	59,48	92,14	83,83	88,91	73,73	86,63	61,85	58,29
Ni	mg/kg	106,59	61,38	78,74	66,20	70,30	106,63	95,14	72,30	87,36	92,46
Pb	mg/kg	83,10	139,40	63,39	129,42	93,80	125,25	117,54	97,00	102,04	95,41
Zn	mg/kg	260,88	253,62	180,56	250,35	190,31	333,52	294,11	217,72	271,31	231,69

Hovedgrunnen til ønsket om en utvidet sedimentundersøkelsen i 2012 var mistanke om heterogenitet i området rundt bedriften. Resultatene bekrefter dette for flere av tungmetallene, men er tydeligst for bly og kobber. Med unntak av Sc-1 for kadmium var variasjonene mellom de ulike stasjonene relativt små for både kadmium og krom.

Ekstraktivstoffer, spesielt harpikssyre forekommer i relativt høye konsentrasjoner i bark men finnes også i råvaren (trevirke) og fungerer derfor som en god indikator på utslipp av skogsindustrielt avløpsvann. Figur 4-7 viser konsentrasjoner av ekstraktivstoffer i 2003, 2010, 2011 og 2012. Det er en klar økning for samtlige ekstraksjonsstoffer på de fleste stasjoner sammenlignet med 2010. Verdiene ligger allikevel langt under det som var registrert i 2003. Den relativt markante økningen på stasjon Sc-8 fra 2010 til 2011 ble ikke påvist i 2012. Dette støtter også opp under konklusjonen gitt i DNVs rapport (DNV, 2012) om at de forhøyede funnene på denne stasjonen antagelig skyldes heterogenitet i sedimentet og ikke en faktisk økning på bakgrunn av utslipp fra bedriften.



Figur 4-7. Ekstraktivstoffer ($\mu\text{g/g}$), og klorfenol ($\mu\text{g/g}$) i sedimentet (0-1 cm) ved stasjoner i Breiangen, utenfor Södra Cell Tofte, 2012 sammenlignet med tidligere år.

Den utvidede sedimentundersøkelsen har gitt et mer detaljert bilde av den faktiske utbredelsen av ekstraktivstoff i områder rundt bedriften. Generelt har konsentrasjonene en relativ utbredelse tilsvarende den en ser for tungmetallene, med de høyeste verdiene nedstrøms bedriften. Den reduksjonen i konsentrasjon med økt avstand fra Södra Cell sitt utslippspunkt som ble observert i 2003 og 2010, ble ikke gjenfunnet i 2011, men kan igjen sees i 2012. Enda tydeligere er imidlertid variasjonen i konsentrasjon i henhold til strømretning, med stasjonene nedstrøms utslippspunktet (Sc-2, Sc-4, Sc-8 og Sc-8a). De høyest konsentrasjonene ble fremdeles observert på Sc-1.

Det er ingen tydelig trend i klorfenolkonsentrasjonen over de siste tre årene, med til dels store årsvariasjoner på Sc-3. Heller ikke ser det ut til å være noen tydelig trend på tvers av stasjonene, men nivåene avtar betraktelig med avstand nedstrøms bedriftens utslippspunkt, med reduksjon på nær 50 % på Sc-8 og Sc-8A sammenlignet med Sc-1.

I 2010 og 2011 var innholdet av ekstraherbart organisk klor (EOX) i sedimentet under deteksjonsgrensen ($< 1.0 \mu\text{g/g}$) på samtlige stasjoner. Med unntak av Sc-1 var dette også tilfelle på alle stasjoner i 2012. På Sc-1 ble det målt 4.7 mg/kg (tørrvekt).

5 SAMLET KONKLUSJON

Vannkvalitet

Oksygenforholdene i bunnvannet i Breiangen var både i 2009 (NIVA 2009), 2010 (DNV, 2011) og 2011 (DNV, 2012) tilfredsstillende. I 2009 ble området klassifisert til å ha god tilstand i henhold til Klifs tilstandsklassifisering, mens det i 2010, med unntak av enkelte stasjoner i oktober (god tilstand) oppnådde meget god tilstand. I 2011 var oksygenmålingene innenfor tilstandsklasse meget god ved alle målingene. Dette var også tilfelle i 2012, og det er ikke tegn til at bedriftens utslipp påvirker oksygentilstanden i bunnvannet i Breiangen. Siden utslippet inneholder både fosfor og nitrogen er det imidlertid ikke usannsynlig at de medvirker til lokal fytoplanktonoppblomstring i sommerperioden. Oppblomstringen som ble observert utenfor bedriften i juli sammenfalt imidlertid med oppblomstringer andre steder i Oslofjorden.

Området mellom Drobak og Horten/Moss kan til en viss grad beskrives som et transittområde som periodevis tilføres relativt store fytoplanktonbestander fra det indre fjordsystemet. Oppblomstring av enkelte alger i tidligere år indikerer at dette er et område gunstig for algevekst. Dette kan skyldes hydrografiske forhold som tilfører overflatelaget næringssalter fra indre Oslofjord, Drammensfjorden og Glomma (DNV 2004). Gjennomsnittsverdier fra næringssaltprøvene viser imidlertid meget god og god tilstand for alle stasjonene ved alle målinger i 2012. For de parametere og måleperioder der målinger fra Fagrådets stasjoner var tilgjengelige, var det generelt små variasjoner mellom disse og målingene utenfor Södra Cell Tofte.

Sedimentkvalitet

Nivåene av kadmium, krom og sink lå stort sett innenfor Klifs tilstandsklasse I (bakgrunn) eller II (god tilstand). Det ble imidlertid funnet høye verdier for kobber, bly og nikkel, tilsvarende tilstandsklasser III-IV (moderat- dårlig).

Det er ingen tydelig trend i klorfenolkonsentrasjonene over de siste tre år, men avtagende nivåer ses med økende avstand nedstrøms utslippspunktet. Ekstraktivstoffene viser stort sett en markant økning sammenlignet med 2010, selv om nivåene fremdeles er betydelig lavere enn de var i 2003. Innholdet av ekstraherbart organisk klor (EOX) ble observert for første gang i inneværende prøveprogram (2010-2012) på en stasjon (Sc-1). På de resterende stasjonene var nivåene under deteksjonsgrensen (< 1.0 mg/kg).

Mistanke om heterogenitet var rapportert etter overvåkingen i 2011 (DNV, 2012). Årets utvidede sedimentundersøkelsene viser også tegn til heterogenitet i området. Det var imidlertid også en tydelig trend med de høyeste konsentrasjonene nedstrøms bedriftens utslippspunkt, noe som også var å forvente. Høyere tungmetallverdier på Sc-ref og Sc-4 kan imidlertid tyde på at det også er andre kilder som medvirker til de forhøyede verdiene observert i sedimentet i nærområdet til Södra Cell Tofte.



MILJØ-
DIREKTORATET

Overvåkningsrapport M-1603 | 2020

ØKOKYST-delprogram Skagerrak Årsrapport 2019

UTARBEIDET AV:
NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING (NIVA)



KOLOFON

Utførende institusjon (institusjonen er ansvarlig for rapportens innhold)

Norsk institutt for vannforskning (NIVA)

Oppdragstakers prosjektansvarlig

Camilla With Fagerli

Kontaktperson i Miljødirektoratet

Karen Fjøsne

M-nummer

1603|2020

År

2020

Sidetall

128

Miljødirektoratets kontraktnummer

17087007

Utgiver

Norsk institutt for vannforskning
NIVA-rapport 7504-2020
ISBN 978-82-577-7239-0

Prosjektet er finansiert av

Miljødirektoratet

Forfatter(e)

Camilla With Fagerli, Hilde C. Trannum, André Staalstrøm, Wenche Eikrem, Kai Sørensen, Sabine Marty, Helene Frigstad, Janne Gitmark

Tittel - norsk og engelsk

ØKOKYST - DP Skagerrak. Årsrapport 2019. ØKOKYST - DP Skagerrak. 2019 report.

Sammendrag - summary

Overvåkingsprogrammet "Økosystemovervåking i Kystvann - ØKOKYST" har til hensikt å overvåke miljøtilstanden i utvalgte områder langs norskekysten i henhold til vannforskriften. Delprogram Skagerrak omfatter 14 vannforekomster lokalisert i Ytre Oslofjord og Grenlandsfjordene. Samlet tilstand i vannforekomstene varierte fra "dårlig" til "god" tilstand i 2019. Undersøkelser over tid viser en særlig negativ trend for makroalger, hvor fem av totalt åtte undersøkte hardbunnstasjoner oppnår dårligere tilstand enn «god» for makroalger i 2019.

The monitoring program "Ecosystem Monitoring in Coastal Water - ØKOKYST" aims at monitoring the environmental status in selected areas along the Norwegian coast according to vannforskriften (the Water Framework Directive). Subprogram Skagerrak includes 14 water bodies within the area of outer Oslofjord and the Grenlandfjords. The overall condition in the water bodies varied from "poor" to "good" condition in 2019. Long-term monitoring show a particularly negative trend for macroalgae, with five out of eight surveyed hard bottom stations achieving less than "good" condition in 2019.

4 emneord

Vannforskriften, miljøtilstand, næringsalter, biomangfold

4 subject words

Water Framework Directive, environmental status, nutrients, biodiversity

Forsidefoto

Camilla With Fagerli (NIVA)

Forord

ØKOKYST - delprogram Skagerrak er del av det nasjonale overvåkingsprogrammet "Økosystemovervåking i kystvann - ØKOKYST", som i dag inkluderer ti delprogrammer som samlet representerer alle økoregioner langs norskekysten. Overvåkingen skal innhente kunnskap om viktige økosystemer og arter, og fange opp uønskede påvirkninger av næringssalter og partikler på et tidlig stadium. Programmet omfatter undersøkelser av biologiske forhold (hardbunn, bløtbunn og planteplankton) og fysisk-kjemiske støtteparametere (næringssalter, oksygen, siktdyp, temperatur, lys og saltholdighet). Støtteparameterne overvåkes på et stasjonsnett knyttet til den biologiske overvåkingen. Overvåkingen er rullerende, hvilket innebærer at undersøkelser på hardbunn og bløtbunn gjennomføres hvert tredje år, mens pelagisk prøvetaking finner sted hvert år.

NIVA har ansvaret for å utføre overvåkingsprogrammet i Ytre Oslofjord i Skagerrak-regionen. Stasjonene som inngår i programmet har tidligere vært overvåket i Eutrofi-overvåkingsprogrammet for Ytre Oslofjord (Fagrådet for Ytre Oslofjord) og/eller i Kystovervåkingsprogrammet KYO/KYS/ØKOKYST (Miljødirektoratet).

Følgende personer har vært av stor betydning for gjennomføringen av overvåkingsprogrammet og alle takkes for sitt bidrag:

- Hardbunn: Maia Røst Kile (feltarbeid, identifisering av makroalger), Guri Sogn Andersen (feltarbeid, identifisering av makroalger), Norman Green (feltarbeid, identifisering av makrofauna, Mats Walday (kvalitetssikring hardbunnsrapportering), Siri Moy (kvalitetssikring av indekser), Camilla With Fagerli (feltarbeid, identifisering av makrofauna, beregning av indekser, programansvarlig, fagansvarlig hardbunn, redaktør)
- Bløtbunn: Hilde C. Trannum (fagansvarlig, rapportering), Gunhild Borgersen (identifisering, beregning av indekser, kvalitetssikring av bløtbunnsrapportering), Marijana S. Brkljacic (feltarbeid og identifisering), Bjørnar Beylich (feltarbeid), Siri Moy (sortering), Eli Johansen (sortering), Jesper Hansen (identifisering, Akvaplan-niva AS)
- Hydrografi/kjemi/plankton: André Staalstrøm (fagansvarlig, feltarbeid, rapportering), Anette Engesmo (koordinator hydrografi), Louise Valestrand (feltarbeid), Dag Ø. Hjermann (kvalitetssikring analyseresultater/tilstandsklassifisering), Wenche Eikrem (planteplankton, rapportering), Sabine Marty (lysmålinger, rapportering), Vladyslava Hostyeva, Ann Kathrin Baur og Sonja Kistenich (telling og identifisering av planktonalger), Helene Frigstad og Trond Kristiansen (FerryBox data), Sindre Holm og øvrig mannskap på Trygve Braarud (feltinnsamling), Kai Sørensen (rapportering, kvalitetssikring hydrografirapportering)
- Kjemi: Tina Bryntesen
- Datahåndtering: Jens Vedal
- Diverse prosjektbistand: Lise Tveiten
- Kvalitetssikring av hovedrapport: Mats Walday

Forskningsparken mars 2020



Camilla With Fagerli

Forsker, NIVA, og programansvarlig ØKOKYST Skagerrak

Innhold

1. Om Økokyst	4
2. Sammendrag	6
2.1 Summary.....	9
3. Områdebeskrivelse	10
4. Metodikk	14
5. Biologiske kvalitetselementer (BKE)	22
5.1 Makroalger	22
5.1.1 Klassegrenser og EQR-verdier	22
5.1.2 Klassifiserte resultater	23
5.1.3 Forekomst av alger og dyr	25
5.1.4 Utvikling over tid.....	26
5.2 Bløtbunnsfauna	28
5.2.1 Klassegrenser og EQR-verdier	28
5.2.2 Klassifiserte resultater	29
5.2.3 Utvikling over tid.....	32
5.3 Planteplankton	39
Utvikling av klorofyll over tid	40
5.3.1 Artssammensetning og biomasse av planteplankton.....	45
5.3.2 Ferrybox	52
6. Støtteparametere	56
6.1 Næringssalter	57
6.1.1 Klassegrenser og EQR-verdier	57
6.1.2 Klassifiserte resultater	57
6.2 Siktdyp.....	59
6.2.1 Klassegrenser og EQR-verdier	59
6.2.2 Klassifiserte resultater	59
6.2.3 Utvikling over tid.....	59
6.3 Oksygen.....	60
6.3.1 Klassegrenser og EQR-verdier	60
6.3.2 Klassifiserte resultater og utvikling over tid.....	60
6.4 Hydrografi/-kjemi.....	62
6.4.1 Oksygenet brukes opp i Håøyfjordens bunnvann	62
6.4.2 Oksygenforholdenes utvikling i hele fjordsystemet.....	63
6.4.3 Vertikal utbredelse av alger basert på klorofyll a fluorescens.....	65
6.5 Total suspendert materiale	66

6.6	Partikulært karbon, nitrogen og fosfor.....	68
6.7	Variasjon i løst organisk materiale.....	74
6.8	Lys.....	79
7.	Fremmede arter.....	81
8.	Konklusjon og samlet vurdering.....	84
9.	Referanser.....	88
10.	Vedlegg.....	91
10.1	Makroalger.....	91
10.1.1	Tabeller med klassegrenser.....	91
10.1.2	Resultater.....	92
10.2	Bløtbunnsfauna.....	106
10.2.1	Tabeller med klassegrenser.....	106
10.2.2	Resultater.....	107
10.3	Planteplankton.....	112
10.3.1	Tabell med klassegrenser.....	112
10.4	Støtteparametere.....	112
10.4.1	Tabell med klassegrenser.....	112
10.4.2	Resultater.....	114
10.4.3	Utvikling over tid.....	123

1. Om Økokyst

Overvåkningsprogrammet "Økosystemovervåking i kystvann (ØKOKYST)" har som mål å overvåke økosystemer i kyst og fjordområder, og skal avdekke hvordan disse påvirkes av tilførsler av næringssalter og organisk materiale, og langsiktige klimaendringer. Vannforskriften med tilhørende veileder for klassifisering av miljøtilstand i vann er premissleverandør for dette overvåkingsprogrammet. ØKOKYST består nå av ti delprogrammer (DP) som er inndelt etter økoregioner, med unntak av DP Klima som har overvåkingsstasjoner både i Skagerrak og ved Skrova.

Overvåking har i de fleste av de ti delprogrammene pågått siden 2013, og i enkelte delprogram har det pågått overvåking helt siden 1990 (mer om bakgrunnen til ØKOKYST-programmet finnes [her](#))

I alle delprogrammer inngår undersøkelser på hardbunn, bløtbunn og i vannmassene. I noen av delprogrammene gjøres det i tillegg undersøkelser av ålegress og plante- og dyreplankton (artssammensetning). Undersøkelsene på hardbunn og bløtbunn ruller oftest med prøvetaking hvert tredje år. Hydrografistasjonene har vanligvis årlige gjentak.

Ifølge Veileder 02:2018¹ skal miljøgiftene som kalles vannregionspesifikke stoffer, tas med i vurderingen av økologisk tilstand, og ikke i vurderingen av kjemisk tilstand. Dette skyldes at de vannregionspesifikke stoffene kan velges ut nasjonalt. For eksempel så kan de fire metallene kobber, sink, arsen og krom som er vannregionspesifikke stoffer påvirke den økologiske tilstanden. Målinger av konsentrasjonen til disse stoffene i vannsøylen, inngår ikke i vurdering av økologisk tilstand i ØKOKYST.

Omfanget av ØKOKYST programmet fremgår av Tabell 1. Rådata fra undersøkelsene er tilgjengelig i Vanmiljø.

¹ http://www.vannportalen.no/globalassets/nasjonalt/dokumenter/tema-a-a/klassifisering/klassifiseringssystemet-veileder/klassifiseringsveileder_print_02.2018.pdf

Tabell 1. ØKOKYST. Kvalitetselementer i grunnprogrammene og gjentakfrekvens. X= undersøkelsen skal utføres. Blank = år uten undersøkelse.

Delprogram	Type undersøkelse	2017	2018	2019	2020
Skagerrak	Hydrografi/kjemi	X	X	X	X
	Plante-/ Dyreplankton (taxa)	X / -	X / -	X / -	X / -
	Makroalger (RSLA/RSL, Droppkamera)				
	Makroalger (MSMDI)	X	X	X	X
	Makrovertebrater (bløtbunn)	X	X	X	X
Klima	Hydrografi/kjemi	X	X	X	X
	Plante-/ Dyreplankton (taxa)	X / X	X / X	X / X	X / X
	Makroalger (RSLA/RSL, Droppkamera)				
	Makroalger (MSMDI)	X	X	X	
	Ålegress	X	X	X	X
	Makrovertebrater (bløtbunn)	X	X	X	
Nordsjøen Sør	Hydrografi/kjemi	X	X	X	X
	Plante-/ Dyreplankton (taxa)	X / -	X / -	X / -	X / -
	Makroalger (RSLA/RSL, Droppkamera)	X		X	
	Makrovertebrater (bløtbunn)	X		X	
Nordsjøen Nord	Hydrografi/kjemi	X	X	X	X
	Plante-/ Dyreplankton (taxa)	X / -	X / -	X / -	X / -
	Makroalger (RSLA/RSL, Droppkamera)	X	X		X
	Makrovertebrater (bløtbunn)	X	X		X
Norskehavet Sør (I)	Hydrografi/kjemi	X	X	X	X
	Plante-/ Dyreplankton (taxa)	X / -	X / -	X / -	X / -
	Makroalger (RSLA/RSL, Droppkamera)	X	X	X	
	Makrovertebrater (bløtbunn)	X	X	X	
Norskehavet Sør (II)	Hydrografi/kjemi	X	X	X	X
	Plante-/ Dyreplankton (taxa)	X / -	X / -	X / -	X / -
	Makroalger (RSLA/RSL, Droppkamera)	X			X
	Makrovertebrater (bløtbunn)	X			X
Norskehavet Nord (I)	Hydrografi/kjemi	X	X	X	X
	Plante-/ Dyreplankton (taxa)	X / -	X / -	X / -	X / -
	Makroalger (RSLA/RSL, Droppkamera)	X			X
	Makrovertebrater (bløtbunn)	X			X
Norskehavet Nord (II)	Hydrografi/kjemi	X	X	X	X
	Plante-/ Dyreplankton (taxa)	X / -	X / -	X / -	X / -
	Makroalger (RSLA/RSL, Droppkamera)	X			X
	Makrovertebrater (bløtbunn)	X			X
Norskehavet Nord (III)	Hydrografi/kjemi		X	X	X
	Plante-/ Dyreplankton (taxa)		X / -	X / -	X / -
	Makroalger (RSLA/RSL, Droppkamera)		X		X
	Makrovertebrater (bløtbunn)		X		X
Barentshavet	Hydrografi/kjemi	X	X	X	X
	Plante-/ Dyreplankton (taxa)	X / -	X / -	X / -	X / -
	Makroalger (RSLA/RSL, Droppkamera)			X	
	Makrovertebrater (bløtbunn)	X		X	

2. Sammendrag

Overvåkingsprogrammet "Økosystemovervåking i Kystvann - ØKOKYST" har til hensikt å overvåke miljøtilstanden i utvalgte områder langs norskekysten. Programmet omfatter undersøkelser av biologiske forhold (hardbunn, bløtbunn og planteplankton) og fysisk-kjemiske parametere (næringsalter, oksygen, siktdyp, lys, temperatur og saltholdighet). Denne rapporten omhandler resultatene fra delprogrammet Skagerrak, og omfatter Ytre Oslofjord området i den nordøstlige delen av økoregion Skagerrak. Stasjonsnettet er sammensatt av stasjoner som tidligere har vært overvåket gjennom programmene ØKOKYST, kystovervåkingsprogrammet (KYO) og programmet «Overvåking av Ytre Oslofjord».

Både hardbunn, bløtbunn og vannmasser ble overvåket i 2019.

Tilstanden til vannforekomstene i undersøkelsesområdet varierte fra «dårlig» til «god» tilstand når 2019 data inkluderes i klassifiseringen. Basert på det biologiske kvalitetselementet (BKE) planteplankton oppnår sekst av åtte pelagiske stasjoner «god» tilstand, mens VT10 Breiangen vest oppnår «moderat» tilstand og VT3 Torbjørnskjær klassifiseres til «svært god» tilstand. Støtteparameteren oksygen (lite oksygen i bunnvannet) og høye verdier av nitrat varierer fra «moderat» til «dårlig» tilstand og trekker ned samlet tilstand ved stasjonene VT10 Breiangen vest, VT3 Torbjørnskjær, VT66 Håøyfjord og VT67 Langesundsfjorden. Ved stasjon VT66 Håøyfjord og VT67 Langesundsfjorden i Grenland, nedgraderes stasjonenes samlede tilstand fra «god» til «moderat» på bakgrunn av de fysisk-kjemiske støtteparameterne. Tilsvarende nedgraderes samlet tilstand ved stasjon VT3 Torbjørnskjær fra «svært god» til «god» tilstand.

Kjemisk-fysiske støtteparametere blir utslagsgivende for «moderat» tilstand i vannforekomstene Breiangen vest og Langesundsfjorden. Ved de øvrige seks vannforekomstene som kun oppnår «moderat» til «god» økologisk tilstand (Tabell 2) er det de biologiske kvalitetselementene (bløtbunnsfauna eller makroalger) som er utslagsgivende for den samlede tilstanden i vannforekomsten.

Fem av totalt åtte undersøkte hardbunnstasjoner oppnår dårligere tilstand enn «god» for makroalger (MSMDI). Mellomårlig variasjon i tilstand forekommer på flere av stasjonene, men det fremstår som tilstanden generelt har vært dårligere for makroalger de siste seks årene (2014-2019) sammenlignet med tilstanden de første fem årene av overvåkingsperioden (2009-2013). Tilstandsreduksjonen er forårsaket av at flere makroalgearter som inngår i MSMDI opptrer i redusert forekomst sammenlignet med tidligere observasjoner, samt at voksedypet for enkelte arter er redusert. Artsregistreringer over tid viser dessuten at forekomsten av vannfiltrerende dyr har økt gjennom overvåkingsperioden (2009-2019) og er en sannsynlig respons på at mengden partikler i vannet øker. Økt partikkelkonsentrasjon gir dårligere lysforhold for makroalgene og kan være en viktig årsak til redusert voksedyp for enkelte arter. Sammen med stasjon HT3 Veslekalven oppnår makroalgestasjonene HT178 Risøyodden og HT177 Store Arøya i Grenland «god» tilstand. «Dårlig» til «moderat» tilstand for makroalger er imidlertid utslagsgivende for den samlede tilstanden i de fire vannforekomstene Færder, Singlefjorden, Svenner - Rauer og Breiangen øst. Det må merkes at makroalger er det eneste undersøkte biologiske kvalitetselement (BKE) i de tre sistnevnte vannforekomstene.

Med unntak av stasjon BT128 Håøyfjorden, var tilstanden på bløtbunn minst «god» i 2019. Samtlige stasjoner viste dermed en svak forbedring i tilstand fra 2018 til 2019, som er positivt. Bløtbunnsstasjonen ved Bastøy (BT80) er samlokalisert med en vannmassestasjon (VT2). Oksygenivået målt i 2017-2018 tilsvarte her «svært god» tilstand, hvilket stemmer godt overens med «god» tilstand på bløtbunn. Og i Håøyfjorden medførte dypvannsutskiftningen våren 2018 at dyrelivet på bunnen tok seg opp, selv om tilstanden kun er «moderat».

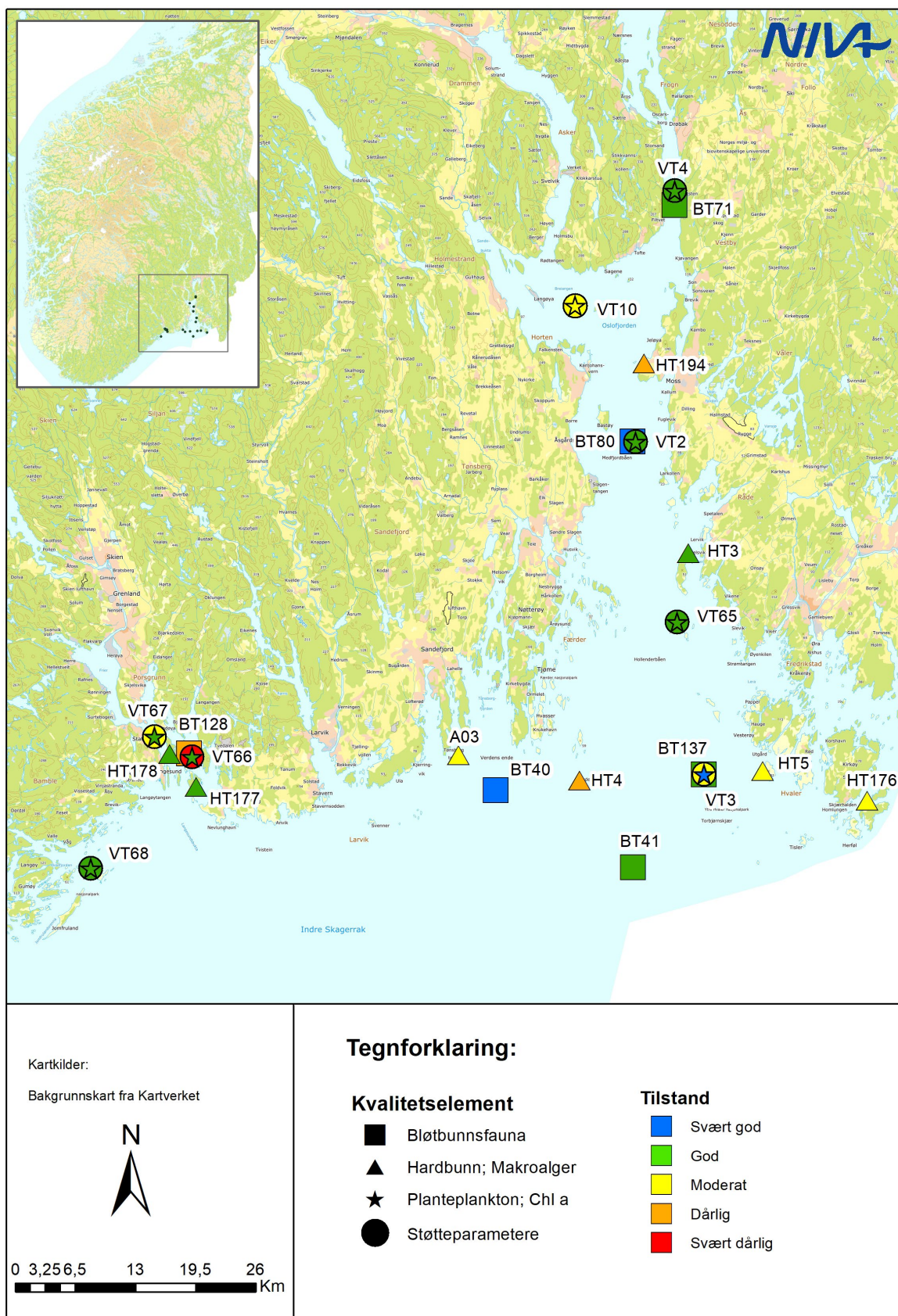
Av stasjonene i Oslofjord-området er det en tendens til at de tre stasjonene hvor det finner sted tråling, har et lavere antall arter enn de to stasjonene uten tråling. De to stasjonene som ikke tråles (BT71 og BT80) ligger lenger inne i fjorden enn stasjonene som tråles. Vanligvis avtar antall arter innover i en fjord, og at man finner motsatt mønster her, styrker antakelsen om at tråling påvirker bunnsamfunnene. Tilstanden på hver enkelt stasjon er vist i Tabell 2 og på kart i Figur 1.

Tabell 2. Tilstandsvurdering av vannforekomster i delprogram Skagerrak for 2019. Farge indikerer tilstandsklasse basert på nEQR-verdi pr stasjon og kvalitetselement. Samlet vurdering er basert på dårligste kvalitetselement. Stasjonsnummer er gitt i tabellen. Skraverte felt betyr at det ikke er tilstrekkelig datagrunnlag for tilstandsklassifisering eller at grenseverdier mangler for området og /eller vanntypen.

Vannforekomst	Vann-type	Samlet tilstand pr vannforekomst	Stasjoner og tilstandsklassifisering per kvalitetselement				Tilstandsklasser
			Makroalger	Bløtbunnsfauna	Planteplankton	Støtteparametere	
			MSMDI	nEQR _(stasjon)	Chl <i>a</i>		I. Svært god
Torbjørnskjær	S1	III	HT5	BT41* BT137	VT3	VT3	II. God
Singlefjorden	S3	III	HT176				III. Moderat
Ytre Oslofjord- Øst	S2	II	HT3				IV. Dårlig
Færder	S1	IV	HT4	BT40*			V. Svært dårlig
Svenner - Rauer	S1	III	HT192*				
Midtre Oslofjord - vest	S2	II		BT80	VT2	VT2	
Hurum	S3	II		BT71	VT4**	VT4**	
Breiangen vest	S3	III			VT10	VT10	
Breiangen øst	S2	IV	HT194				
Håøyfjorden	S3	IV		BT128	VT66	VT66	
Langesundsfjorden	S3	III	HT178		VT67	VT67	
Helgeroafjorden	S2	II	HT177				
Skrurena	S1	II			VT68	VT68	
Ytre Oslofjord	S2	II			VT65	VT65	

*Stasjonene prøvetatt i programmet «Lange tidsserier»

**Stasjonen prøvetatt i programmet «ØKOKYST Ferrybox»



Figur 1. ØKOKYST: Tilstandsvurdering basert på biologiske kvalitetselementer og vannkjemiske støtteparametere per stasjon for 2019 i delprogram Skagerrak. Tilstandsklassifisering er kun tentativ for stasjonen VT68.

2.1 Summary

The monitoring program "Ecosystem Monitoring in Coastal Water - ØKOKYST" intends to sample and report the environmental condition in selected areas along the Norwegian coast in accordance to the Water Framework Directive. The program includes sampling of biological communities (hard bottom, soft bottom and phytoplankton) and supporting elements (nutrients, oxygen, Secchi-depth, light, temperature and salinity) and aims to classify the biological conditions based on the sampled data. The sub-program ØKOKYST Skagerrak covers the outer Oslofjord area in the northeastern part of the Skagerrak region. Stations included in the 2018-program has previously been monitored through the monitoring programs "ØKOKYST", the Coastal Monitoring Program (KYO) and the program "Overvåking av Ytre Oslofjord".

Biological quality elements (BQE) monitored in 2019 includes macroalgae (lower growth limit), soft bottom fauna and phytoplankton.

The classification of the water bodies in the study area varied from "poor" to "good" condition when 2019 data is included. Based on the biological quality element (BKE) phytoplankton, all pelagic stations obtain "good" condition, except VT10 Breiangen vest which has "moderate" condition and VT3 Torbjørnskjær which has "very good" condition. The supporting parameter oxygen (low oxygen in the bottom water) and levels of nitrate, range from "moderate" to "poor" condition and reduce the overall state at the stations VT10 Breiangen vest, VT3 Torbjørnskjær, VT66 Håøyfjord and VT67 Langesundfjorden. At stations VT66 Håøyfjord and VT67 Langesundfjorden, the overall condition is reduced from "good" to "moderate" based on the supporting parameters. Similarly, the overall state at station VT3 Torbjørnskjær is downgraded from "very good" to "good". Chemical-physical supporting parameters is defining "moderate" condition in the water bodies Breiangen west and Langesundfjorden.

Five out of eight surveyed hard-bottom stations obtain less than "good" status based on the lower growth limits of macroalgae (MSMDI). Compared to macroalgal status during the first five years of monitoring (2009-2013), there is an overall trend indicating poorer macroalgal conditions recent years (2014-2019). Reduced condition can be explained by a lower abundance and reduced growth depth for the perennial macroalgae species. Together with station HT3 Veslekalven, macroalgae station HT178 Risøyodden and HT177 Store Arøya obtain "good" condition. Poor" to "moderate" condition for macroalgae is determining the overall condition of the four water bodies Færder, Singlefjorden, Svenner - Rauer and Breiangen east. It should be noted that macroalgae are the only biological quality element (BKE) examined in the three latter water bodies.

With exception of station BT128 Håøyfjorden, the condition for soft bottom fauna was classified as "good" or "very good" in 2019. All stations thus showed a slight improvement in the condition from 2018 to 2019. The station BT80 Bastøy is co-located with a water mass station (VT2). The oxygen level in the deep water obtained a "very good" condition 2017-2018, which corresponds well with "good" condition for the soft bottom fauna.

At the outer three stations where commercial bottom trawling takes place there is a lower number of species compared to the two stations without trawling. The two stations that are not trawled (BT71 and BT80) are further inside the fjord than the stations trawled. Usually, the number of species decreases inward in a fjord, and finding the opposite pattern here, reinforces the assumption that trawling has a negative effect on the bottom communities.

The state of each station is shown in Table 2 and Figure 1.

3. Områdebeskrivelse

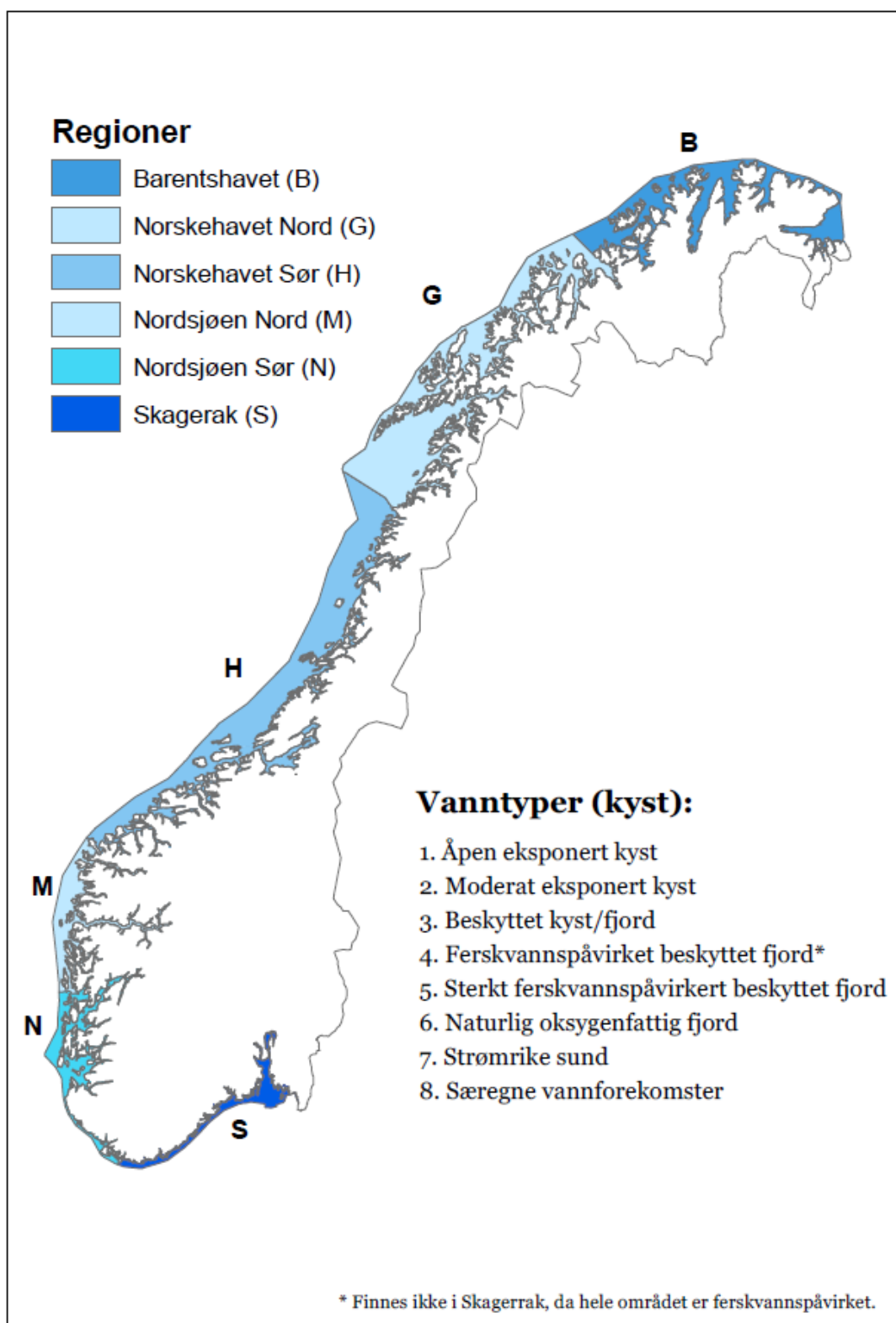
ØKOKYST - delprogram Skagerrak dekker i denne programsyklusen Ytre Oslofjord og Grenlandsfjordene i den nordøstlige delen av økoregion Skagerrak (S) (Figur 2). Den sørlige delen av økoregionen, som i forrige programsyklus var del av ØKOKYST Skagerrak, overvåkes nå gjennom et eget program, ØKOKYST Klima. Stasjoner i randområdene rundt Skagerrak overvåkes i overvåkningsprogrammene i regi av Fagrådet for vann & avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord² og Fagrådet for Ytre Oslofjord³.

Vanntyper i økoregion Skagerrak er vist i Tabell 3. Stasjonene som inngår i overvåkingsprogrammet har vært undersøkt tidligere under overvåkingsprogrammene ØKOKYST, kystovervåkingsprogrammet (KYO) og Fagrådet for ytre Oslofjord sin «Eutrofi-overvåking i Ytre Oslofjord». Tabell 4 gir oversikt over hvilke stasjoner, vanntyper og vannforekomster som inngår i inneværende programsyklus. Av faste stasjoner som dekkes i programmet inngår fire hardbunnstasjoner, tre bløtbunnstasjoner og to hydrografistasjoner. Stasjonene representerer vanntypene S1 Åpen eksponert kyst, S2 Moderat eksponert kyst, S3 Beskyttet kyst/fjord. I 2017 ble det inkludert overvåking av fire hydrografistasjoner som inngår som opsjoner i delprogrammet. Overvåkingen av disse ble videreført i 2018 og 2019. I 2018 og 2019 inngikk også hydrografistasjonen VT68, hardbunnstasjonene HT176, HT177, HT178 samt bløtbunnstasjonen BT128, som opsjoner i programmet. I 2018 ble hardbunnstasjon HR152 tatt ut av hovedprogrammet og erstattet med HT194, som har blitt undersøkt i 2018 og 2019.

Ytre Oslofjord er et stort område som inkluderer åpne kystområder, fjorder samt et stort estuarie på østsiden ved Hvaler. Det er et åpent og dynamisk fjordsystem og de topografiske forholdene i fjordsystemet gjør at området er oppdelt i en rekke mindre og større bassenger og fjordområder. Overflatevannet i Ytre Oslofjord (øvre 30 m) er en blanding av tilførsler fra sørlige og sentrale deler av Nordsjøen og Kattegat og, avhengig av vindforhold, varierende mengder vann fra Tyskebukta, som er bukta mellom Danmark, Tyskland og Nederland. I øvre vannlag (0-5 m) er lokal avrenning (ferskvann fra land) viktigste tilførselskilde. Fire av de største elvene i Norge drenerer ut i Ytre Oslofjord og Skagerrak-området (fra vest mot øst): Skiensvassdraget, Numedalslågen, Drammenselva og Glomma. Tilførselen av langtransporterte næringssalter til Skagerrak har minket siden rundt år 2000 og forsterker derfor betydningen av lokale kilder for økosystemkvaliteten, spesielt i fjorder og beskyttet kyst.

² <http://www.indre-oslofjord.no/>

³ <http://ytre-oslofjord.no/>



Figur 2. Oversikt over økoregioner og vanntyper i kystvann (veileder 02:2018: Klassifisering av miljøtilstand i vann)

Tabell 3. Vanntyper i økoregion Skagerrak. Uthevet skrift angir viktige faktorer. Saltholdigheten gjelder for de øverste 10 m av vannsøylen. (Kilde: Tabell 3-9 i Veileder 02:2018: Klassifisering av miljøtilstand i vann).

Vanntyper	Tidevann (m)	Dyp (m)	Saltholdighet (øvre 10m)	Bølgeeksponering Vertikal miksing	Oppholdstid i bunnvann	Strømhastighet (knop)
S1- Åpen eksponert kyst	≤1	>30	>25	Høy Blandet	Dager	1-3
S2- Moderat eksponert	≤1	>30	>25	Moderat Blandet	Dager	1-3
S3- Beskyttet kyst/fjord	≤1	>30	>25	Beskyttet Delvis blandet	Dager til uker	<1-3
S5- Sterkt ferskvanns-påvirket	≤1	>>30	5-25	Beskyttet Lagdelt	Dager til uker	<1-3
S6- Naturlig oksygenfattig fjord	≤1	>>30	Ubestemt	Beskyttet Lagdelt	Måneder til år	<1
S7- Strømrrike sund	≤1	>>30	Ubestemt	Ubestemt Blandet	<Dag	>3
S8- Særegne vannforekomster	≤1	>>30	Ubestemt	Ubestemt	Ubestemt	Ubestemt

Tabell 4. Stasjoner i ØKOKYST delprogram Skagerrak. Stasjonskode: VT = vannstasjon (trend), HT = hardbunn (trend), HR = hardbunn (referanse) og BT = bløtbunn (trend). Frekvens viser antall prøvetakinger i 2019-programmet (desember 2018-november 2019). Stasjonsplassering er vist i Figur 1.

St nr	Stasjonsnavn	Vannforekomst	Vanntype	Prøvedyp/ stasjonsdyp (m)	Frekvens	POS: N (WGS84)	POS: Ø (WGS84)
VT10	Breiangen vest	Breiangen vest	S3	0-30/198	12	59,4867	10,4583
VT3	Torbjørnskjær	Torbjørnskjær	S1	0-30/455	12	59,0407	10,7608
VT4*	Hvitsten	Hurum	S3	4/200	12	59,6047	10,6334
VT2***	Bastø	Midtre Oslofjord - vest	S2	0-30/306	12	59,3586	10,5905
VT65***	Missingen	Ytre Oslofjord	S2	0-30/358	12	59,1866	10,6916
VT66***	Håøyfjord	Håøyfjorden	S3	0-30/203	12	59,0227	9,7968
VT67***	Langesundsfjorden	Langesundsfjorden	S3	0-30/105	12	59,0390	9,7232
VT68***	Jomfrulandsrenna	Skrurenna	S1	5/25	12	58,9069	9,6233
HT194	Gullholmen	Breiangen-øst	S2	24	1 (sept. 2019)	59,4354	10,5965
HT3	Veslekalven	Ytre Oslofjord- Øst	S2	26	1 (sept. 2019)	59,2543	10,704
HT5	Åkerø	Torbjørnskjær	S1	22	1 (sept. 2019)	59,0474	10,8701
HT4	Færder fyr	Færder	S1	26	1 (okt. 2019)	59,0267	10,5268
HT178***	Risøyodden	Langesundsfjorden	S3	30	1 (sept. 2019)	59,02330	9,75373
HT177***	Store Arøya	Helgeroafjorden	S2	30	1 (sept. 2019)	58,99358	9,80854
HT176***	Brattholmen	Singlefjorden	S3	26	1 (sept. 2019)	59,0389	11,1158
BT71	Hvitsten	Hurum	S3	214	1 (april 2019)	59,5911	10,6351
BT80	Bastøy	Midtre Oslofjord - vest	S2	305	1 (april 2019)	59,3596	10,5894
BT137	Torbjørnskjær	Torbjørnskjær	S1	452	1 (april 2018)	59,0412	10,7604
HT192 (A03)**	Lyngholmenee	Svenner - Rauer	S1	30	1 (juni 2019)	59,0432	10,2963
BT40 (A05)**	Færder	Færder	S1	57	1 (juni 2019)	59,0131	10,3717
BT41 (A36)**		Torbjørnskjær	S1	355	1 (juni 2019)	58,9545	10,6424
BT128***	Håøyfjord	Håøyfjorden	S3	203	1 (april 2019)	59,0226	9,7982

* Ferrybox-stasjon samlet inn med MS Color Fantasy

**Stasjonene prøvetas i programmet «Lange tidsserier»

*** Gjennomførte opsjoner for ØKOKYST Skagerrak i 2019

4. Metodikk

Innsamling, opparbeiding og analyse av biologiske kvalitetselementer og deres støtteparametere følger standarder og akkrediterte metoder (der det er utarbeidet). En oversikt over parameterne som inngår i programmet, med tilhørende metodikk, er gitt i Tabell 5 og Tabell 6 for hhv. makroalger/bløtbunnsfauna og hydrografi.

Hardbunnssamfunn

Med unntak av stasjon HT4 Færder, som ble undersøkt 10. oktober 2019, ble undersøkelser av hardbunnstasjoner utført i perioden 9.-11. september 2019. Registrering av makroalger og fastsittende dyrs forekomst ble gjort langs vertikale transekter fra maks. 30 m dyp opp til overflaten iht. ISO/FDIS 19493-2007. Mengden av registrerte algetaxa og organismer ble bestemt etter en semi-kvantitativ 4-delt skala (% dekningsgrad). Bunnens helningsgrad, prosent dekningsgrad av sediment og ikke begrodd bunn («free space») ble notert på alle registreringsdyp, samt i fire rammer (1 m²) som ble plassert på sjøbunnen på 7 m dyp (Tabell 26).

Nedre voksegrense for de ni utvalgte makroalger som inngår i MSMDI (Tabell 24) ble undersøkt langs det samme vertikale transektet. I den grad de aktuelle makroalgene var til stede på lokaliteten ble nederste dyp hvor algen forekom som spredt, eller med dekningsgrad større enn ca. 5 %, registrert. Metodikken som benyttes for beregning av MSMDI avhenger av om stasjonen er nyopprettet eller om den har vært undersøkt tidligere. Ved førstegangs registrering vil kun de arter (blant de ni utvalgte makroalgene) som forekommer i minst spredt forekomst inngå i poengberegningen. Dersom en eller flere av disse artene ikke blir gjenfunnet når stasjonen gjenbesøkes (eller kun registreres som enkeltfunn), vil den forsvunne arten gis poengverdi lik 0, og dermed trekke ned gjennomsnittet og gi negativt utslag for nEQR-verdien (Veileder 02:2018).

Det ble dykket med kommunikasjonskabel til assistent på overflaten som noterte observasjonene som ble gjort. Artsidentifiseringer av hardbunnsfauna og makroalger ble foretatt av en spesialist innenfor henholdsvis marin zoologi og marin botanikk. Organismer som ikke kunne identifiseres i felt ble samlet inn og artsbestemt i fersk tilstand under mikroskop.

Tilstandsvurdering er utført etter klassifiseringssystemet beskrevet i «Klassifisering av miljøtilstand i vann» (Veileder 02:2018). For makroalger er indeksen for algenes nedre voksegrense (MSMDI) beregnet. Sedimentdekke på bunnen brukes som støtteparameter. I henhold til Veileder 02:2018 gjøres tilstandsklassifiseringen av makroalger ut fra én undersøkelse (her fra observasjoner i 2019).

Tabell 5. Metodikk og parametere som inngår for biologiske kvalitetselement makroalger og bløtbunnsfauna i ØKOKYST Skagerrak.

Kvalitets- element	Parameter	Enhet	Metodikk prøvetaking	Metodikk analyser	Frekvens (per år)	Matriks
Makroalger	Nedre Voksegrense MSMDI (dykking) + sedimentdekning	meter (utvalgte arter), % dekning sediment	NS-EN ISO 19493-2007	Veileder 02:2018	1	Transekt 0-30m
	Dekningsgrad/tetthet	% dekning		NS-EN ISO 19493-2007		
	Artssammensetning	Taxa				
Makro- evertebrater	Artssammensetning	Taxa	NS-EN ISO 19493-2007	NS-EN ISO 19493-2007	1	Transekt 0-30m
	Dekningsgrad/tetthet	% dekning				
Bløtbunns- fauna	Artssammensetning/ Individtetthet	Ant. ind. av hvert taxa/0,1 m ²	NS-EN ISO 16665:2013	NS-EN ISO 16665:2013	1	Bløtbunn
	Kornstørrelse	Full kornfordeling (inkl. % </> 63 µm) med statistiske parametere	NS-EN ISO 16665:2013, NS-EN ISO 5337-19	NS-EN ISO 16665:2013, intern Akvaplan-niva-metode	1	Sediment
	TOC og TN	mg/g	NS-EN ISO 16665:2013, NS-EN ISO 5337-19	NS-EN ISO 16665:2013, intern NIVA-metode vha. Carlo Erba element analysator 1106	1	Sediment

Bløtbunnsfauna

Prøvetakingen av bløtbunnsfauna ble utført i april og juni 2019.

Innsamling, analyse av fauna og sediment, beregninger og vurderinger og fortolkninger av marin bløtbunn ble utført akkreditert og iht. standardene NS-EN ISO/IEC 17025, NS-EN ISO 16665:2013 og NS-EN ISO 5667-19, samt interne metododokument (Tabell 5). Bløtbunnsprøvene ble innsamlet med en van Veen-grabb med prøvetakingsareal på 0,1 m². Det ble tatt fire replikate prøver til fauna på hver stasjon. Kun grabber med tilstrekkelig prøvevolum og en uforstyrret sedimentoverflate ble godkjent. Hver grabbprøve ble beskrevet visuelt mht. sedimentets beskaffenhet, farge, lagdeling, synlige dyr, og innslag av for eksempel terrestrisk materiale eller olje. Fargen beskrives vha. Munsells fargekart for jord og sedimenter. Bunnmaterialet ble sikket med sjøvann gjennom sikter med hullstørrelse på 5 mm og 1 mm, og fiksert i formaldehydløsning i sjøvann. På laboratoriet ble først dyrene sortert i hovedgrupper av fauna, og deretter artsidentifisert av spesialister på de respektive gruppene.

Prøver til analyse av sedimentets kornfordeling (0-5 cm) og innhold av totalt organisk karbon (TOC) og totalt nitrogen (TN) (0-1 cm) ble tatt med kjerneprøvetaker (Gemini-corer) eller fra en grabb med uforstyrret sedimentoverflate. På laboratoriet ble kornfordeling bestemt ved at prøven ble tørket, veid, tilsatt dispergeringsmiddel og våtsiktet slik at alle partikler mindre enn 63 µm ble vasket ut. Den gjenværende prøven ble overført til en sikteoppsats med tarerte sikter med maskevidder (øverst til nederst) 2 mm, 1 mm, 500 µm, 250 µm, 125 µm og 63 µm. Etter sikting i ristemaskin ble hver sikt med sediment veid, og vekt av hver siktefraksjon beregnet i prosent. For analyse av TOC og TN veies tørr prøve inn i tinnkapsler som ble forbrent ved ca. 1800 °C. Forbrenningsgassene passerte deretter en kromatografisk kolonne, og N₂- og CO₂-gassene ble detektert i en varmetrådsdetektor. Arealet under toppene ble integrert, og integralverdiene beregnet. Resultatene regnes ut som prosent av total mengde analysert sediment.

For bløtbunnsfauna benyttes flere indekser ut fra artsmangfold og artenes grad av ømfintlighet, som inngår i en samlet nEQR-verdi. Tilstandsvurdering er utført etter klassifiseringssystemet beskrevet i «Klassifisering

av miljøtilstand i vann» (Veileder 02:2018). Tilstanden til bløtbunnsamfunn klassifiseres ut fra det siste års resultater.

NIVA stod for innsamlingen og sorteringen av prøvene, og artsidentifiseringen ble foretatt av Akvaplan-Niva AS (mollusker) og NIVA (øvrige grupper). Analyse av TOC og TN er utført av NIVA, mens analyse av kornstørrelse er utført av Akvaplan-niva AS. Indeksregninger og vurderinger og fortolkninger er utført av NIVA. Angivelse av måleusikkerhet kan oppgis på forespørsel. Akkrediteringsnummer til NIVA er TEST 009 og Akvaplan-niva AS TEST 079 og TEST 061.

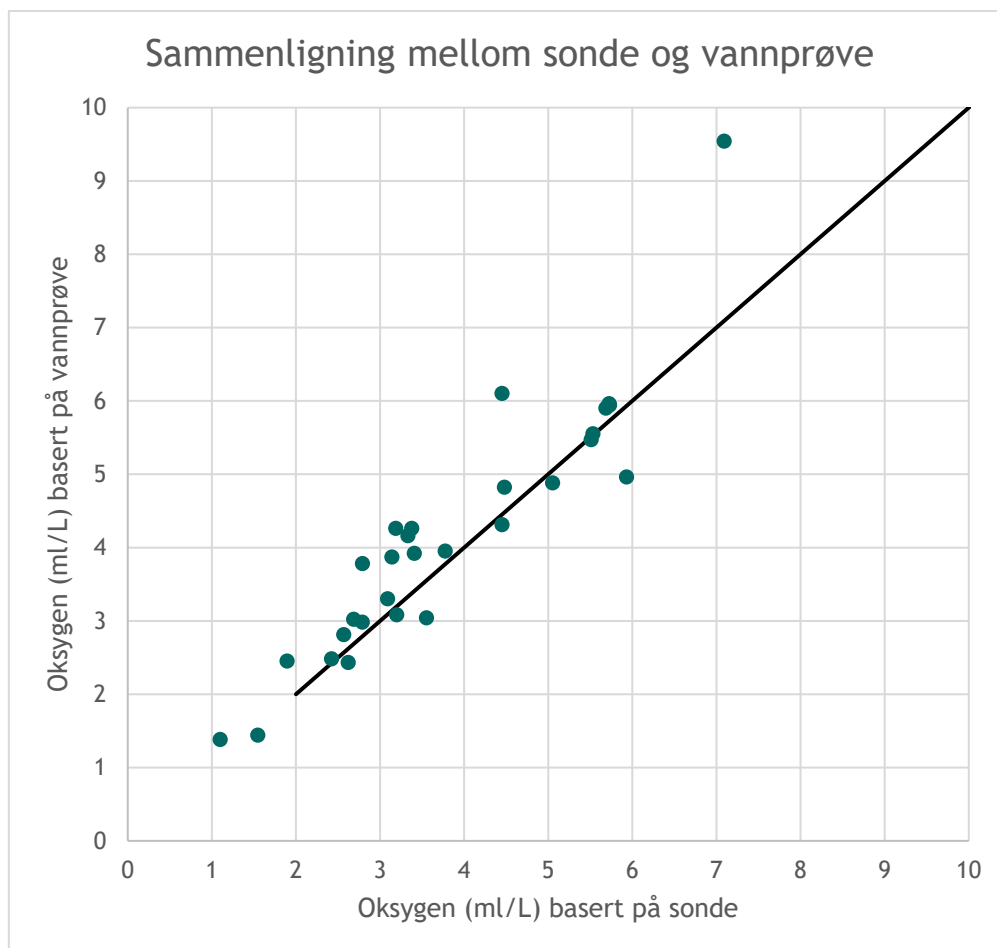
Vannmasser

I 2019 er det utført månedlige hydrografiske og vannkjemiske målinger med i alt 12 prøvetakingsrunder i perioden desember 2018 - november 2019. Målingene fortsetter i 2020. For stasjonene VT10 Breiungen vest, VT65 Missingen, VT3 Torbjørnskjær, VT67 Langesundsfjorden og VT66 Håøyfjorden foreligger det data fra mer enn tre års målinger. Det er i denne rapporten valgt å klassifisere alle stasjoner for samme tidsperiode, 2017-2019. På stasjon VT68 har data fra perioden 2018-2019 blitt brukt til klassifisering. I Veileder 02:2018 kreves det at det minst skal brukes en periode på tre år for å klassifisere tilstanden, for å eliminere forskjeller mellom enkeltår. Alle stasjonene bortsett fra VT68 har nå nok data til å tilfredsstille dette kravet. Alle hydrografiske og vannkjemiske målinger er utført om bord på F/F Trygve Braarud.

Profilerende målinger

Profilerende målinger har blitt utført med CTD. Instrumentet er av typen Sea-Bird SBE9. Oksygensonden gir ut både oksygenkonsentrasjon og oksygenmetning. Løseligheten av oksygen i sjøvann er avhengig av temperatur, saltholdighet og trykk. Oksygenmetningen er vanligvis nær 100 % i overflaten, og lavere nedover i vannmassen. Planteplanktonets fotosyntese produserer oksygen, og oksygenmetningen kan bli betydelig høyere enn 100 % i forbindelse med algeoppblomstringer.

En sammenligning av resultater fra Sea-Bird sonden og fra vannprøver analysert med Winklers metode er vist i Figur 3. Vannprøvene er analysert med akkreditert metode hvor måleusikkerheten oppgis som $\pm 20\%$. Rotmiddelkvadrat-avviket mellom de to metodene basert på hele datasettet er på $\pm 0,70$ ml/L. Hvis alle målinger under 1 ml/L tas ut av datasettet, er avviket mellom de to metodene på 13 % i gjennomsnitt, med det høyeste avviket på 37 %. For alle avvik større enn 20 % er det Winklers metode som gir de høyeste oksygenverdiene. For alle avvik som er mindre enn 20 % gir Winkler metode en verdi som er 1 % høyere enn verdien fra sondene. Både resultatene fra vannprøvene og sonden kan være feil. Vannprøvene kan bli kontaminert med luftbobler og kan gi for høye verdier, men det kan også være at sonden gir for lave verdier. Sea-Bird sonden gir i gjennomsnitt lavere måleusikkerhet enn det som oppgis på akkreditert metode.



Figur 3. Sammenligning av to forskjellige metoder for å måle oksygenkonsentrasjon. Resultater målt med sonden som er brukt i denne rapporten er vist på x-aksen. Vannprøver analysert med Winklers metode er vist på y-aksen. Det er benyttet data fra stasjon VT3 i 2017, og fra stasjonene BC-1 i Frierfjorden og Ep1 i Bunnefjorden i indre Oslofjord fra 2019. Den svarte linjen er 1:1 linjen.

Beregning av middelerdi for dybdeintervallene 0-10 m

Det tas vannprøver på 0, 5, 10, 20 og 30 m. For å beregne middelerdi av en konsentrasjon for dybdeintervallet 0-10 m, C_{0-10} , har denne formelen blitt brukt

$$C_{0-10} = \frac{1}{3}C_0 + \frac{1}{3}C_5 + \frac{1}{3}C_{10} \quad (1)$$

hvor C_z , er konsentrasjonen i dypet z . Dette betyr at de tre øverste målepunktene får like stor vekt, og representerer like deler av vannsøylen. En kan dermed si at målingen i 0 m representerer vannsøylen fra 0 til 3,33 m, målingen i 5 m fra 3,33 til 6,66 m og målingen i 10 m fra 6,67 til 10 m. Denne formelen er enklere å implementere på data lagret i et regneark, enn om målingen i 5 m skulle få dobbel vekt, selv om dette er mer konsistent hvis en skal anta lineær interpolasjon mellom målepunktene 0, 5 og 10 m. Da ville formelen sett slik ut

$$C_{0-10} = \frac{1}{4}C_0 + \frac{2}{4}C_5 + \frac{1}{4}C_{10} \quad (2)$$

Disse to ligningene er likeverdige, men det antas at formel (1) vil være den som er mest brukt, siden den er enklest. Formel (1) er brukt for å beregne middelerdi for støtteparameterne i denne rapporten.

Tabell 6. Metodikk og parametere som inngår for hydrografiundersøkelser og støtteparametere i ØKOKYST Skagerrak.

Kvalitetselement	Parameter	Enhet	Metodikk prøvetaking	Metodikk analyser	Frekvens (per år)	Måletidspunkt	Matriks
Temperaturforhold	Temperatur	°C	In situ	NS 9425-3	12	Månedlig	Vannmasser: ICES standarddyp (se kapittel 6)
Salinitet	Salinitet	PSU	In situ	NS 9425-3	12	Månedlig	
Oksygenforhold	Oppløst oksygen	ml O ₂ /l	In situ	NS-ISO 5813/sonde	12	Månedlig	
Næringssaltforhold	Total fosfor (Tot-P)	µg P/l	OSPAR 1997-2 (JAMP guidelines)	Skalar autoanalytator, Intern metode basert på NS 4725	12	Månedlig	
	Fosfat (PO ₄ -P)	µg P/l		Skalar autoanalytator, Intern metode basert på NS 4724	12	Månedlig	
	Total nitrogen (Tot-N)	µg N/l	NS-ISO 5667-9:1992	Skalar autoanalytator, automatisert NS 4743	12	Månedlig	
	Nitrat + Nitritt (NO ₃ +NO ₂ -N)	µg N/l		Skalar autoanalytator, Intern metode basert på NS 4745	12	Månedlig	
	Ammonium (NH ₄ -N)	µg N/l		Skalar autoanalytator, Intern metode	12	Månedlig	
	Silikat (SiO ₃ -Si)	µg Si/l		Skalar autoanalytator, Intern metode basert på NS-EN ISO 16264	12	Månedlig	
Siktdyp	Siktdyp	Meter	Secchi-skive		12	Månedlig	
Lys	Svekningskoeffisient	m ⁻¹	Lysmåling	Måling med TriOS RAMSES lyssensorer	12	Månedlig	
Turbiditet	TSM	mg/l	NS-ISO 5667-9:1992	Intern metode basert på NS 4733	12	Månedlig	
Partikulært CNP	Partikulært organisk karbon	µg C/l	NS-ISO 5667-9:1992	Intern metode	12	Månedlig	
	Partikulært nitrogen	µg N/l		Skalar autoanalytator, Intern metode basert på NS 4725			
	Partikulært fosfor	µg P/l					
Planktonalger	Klorofyll a	µg/l	NS-4767	Spektrofotometer, NS 4767	12	Månedlig	5 dyp (0, 5, 10, 20,30 m)
Planktonalger	Artssammensetning	Taxa, antall celler/l	NS-EN 15972:2011	NS-EN 15972:2011	12	Månedlig	1 dyp (5 m) Vertikalt håvtrekk (20-0 m)

Planteplankton

Prøver samles på fem dyp (0, 5, 10, 20, og 30 m) og mengden_klorofyll a bestemmes spektrofotometrisk (NS 4767) og er en indirekte metode for angivelse av algebiomasse. Klorofyll a mengden i algecellene påvirkes av miljøfaktorer som lysmengde, tilgang på næringssalter samt temperatur og saltholdighet (f.eks Sakshaug 1977) og kan variere med en faktor på 10 innen en art. Mengden klorofyll a i cellen varierer også mellom arter (0,1- 9,7 % av våtvekt, Boyer et al 2009).

For klorofyll a skal 90 persentilen beregnes for klassifisering av kvalitetselementet planteplankton. Det vil si den verdien hvor 10 % av målingene er høyere og 90 % av målingene er lavere. I Veileder 02:2018 står det at data fra 0, 5 og 10 m skal benyttes. En kan tenke seg flere metoder som kan brukes på disse dataene når 90 persentilen skal beregnes:

1. Bruke målinger fra et dyp (tidligere har det vært målinger fra 5 m som skal brukes)
2. Beregne middelveien (ved bruk av formel 1) av målingene fra 0, 5 og 10 m fra hver prøvetakning.
3. Bruke den høyeste målingen fra 0, 5 og 10 m for hver prøvetakning.
4. Bruke alle målingene fra 0, 5 og 10 m, slik at det er tre måleverdier fra hver prøvetakning.

Her er det hovedsakelig valgt å benytte metode 3, altså at den høyeste målingen av de tre målepunktene 0, 5 og 10 m benyttes. Dette vil gi det høyeste resultatet, mens middelveien (metode 2) vil gi den laveste verdien. For stasjon VT68 og VT4 finnes det kun målepunkter i hhv. 5 og 4 m, og her har metode 1 blitt benyttet, siden det ikke er tilgjengelig målinger i 0 og 10 m. I tidligere versjoner av veilederen var hovedregelen at målinger fra 5 m skulle benyttes og på enkelte stasjoner, bl.a. annet på alle FerryBox stasjoner, benyttes fremdeles kun målinger av klorofyll a fra 5 m dyp. Foreløpige studier (Sørensen m. fl. 2018) konkluderer med at 5 m dyp er representativt for de øvre 0-10 m langs det meste av FerryBox transektene.

Planteplanktonanalysene har blitt gjort på prøver fra vertikale håvtrekk (maskevidde 10 µm) og vannprøver fiksert i Lugols løsning. Vannprøvene er samlet på 5 m dyp og håvtrekket er et vertikalt trekk fra 30 til 0 m. Artene har blitt identifisert i lysmikroskop og kvantifisert i henhold til Utermöhls metode, som beskrevet i NS-EN 15972:2011. Vi bruker www.algaebase.org som taksonomisk referanse. Undersøkelsene gjøres i henhold til beste praksis (NS-EN 15972:2011), mye av planteplanktonet kan identifiseres til slekt og art i lysmikroskop, men det har begrensninger: Mange morfologiske detaljer som er viktige for artsbestemmelse kan ikke observeres fordi lysmikroskopet har for dårlig oppløsning; noen arter har få morfologiske karakter og krever molekylærbiologiske metoder for å kunne identifiseres; nye undersøkelser av etablerte arter påvirker identifikasjon og artsavgrensninger; det oppdages og beskrives nye mikroalger hele tiden og den overordnede taksonomien endrer seg. Erfaringen til den som gjør mikroskopanalysene kan også gi utslag på resultatene og til sammen gjør dette artsidentifikasjon komplisert og iblant usikkert.

Siktdyp

Siktdyp ble målt ved å senke en hvit Secchi-skive ned i vannet på skyggesiden av båten. Det blir gjort ved hjelp av et forhåndsoppmerket snøre. Secchi-skiven blir senket sakte rett ned, mens den blir observert nøye. Når denne ikke lenger kan sees blir dyp notert. Den blir deretter sakte dratt opp til den blir synlig igjen, og dyp blir notert. Midlere siktdypsverdi rapporteres. Fargen på vannet mot Secchi-skiven ved ½ siktdyp blir også notert.

Med unntak av én analyseparameter (totalt nitrogen fra og med november 2017, analysert ved Eurofins), er alle analyseparametere på alle vannprøver analysert ved NIVAs laboratorium i Oslo, som er akkreditert i henhold til NS-EN ISO/IEC 17025 (TEST 009).

Fordeling mellom fraksjoner av karbon, nitrogen og fosfor

Total mengde karbon (TC), nitrogen (TN) og fosfor (TP) kan deles inn i mengde med oppløst organisk stoff (DOC , DON og DOP), mengde oppløst uorganisk stoff (DIC , DIN og DIP) og partikulært stoff ($PC = POC + PIC$, PN og PP). DIN består hovedsakelig av konsentrasjon av nitrat (NO_3), nitritt (NO_2), og ammonium (NH_4). DIP består hovedsakelig av konsentrasjon av fosfat (PO_4). Dette kan settes opp i tre ligninger:

$$TC = DOC + DIC + POC + PIC \quad (3)$$

$$TN = DON + \frac{DIN}{NO_3 + NO_2 + NH_4} + PN \quad (4)$$

$$TP = DOP + \frac{DIP}{PO_4} + PP \quad (5)$$

I ØKOKYST delprogram Skagerrak måles alle leddene som er merket rødt i ligningene. Når det analyseres for partikulært karbon så syrebehandles filtrene slik at PIC ikke er med i analysen.

Konsentrasjon av nitrat og nitritt måles samlet, og enkelte steder i rapporten har det for enkelhets skyld blitt brukt betegnelsen «nitrat», selv om det strengt tatt skulle stått «nitrat+nitritt». Alle parameterne måles på 0, 5, 10, 20 og 30 m dyp på alle stasjoner, bortsett fra stasjon VT68 og VT4 hvor det måles på hhv. 5 og 4 m. Oppløst organisk og uorganisk karbon, som er merket grønne i den øverste ligningen, inngår ikke i programmet, men DOC tas på FerryBox stasjonen VT4 og er tatt som en utvidelse på VT3 i NIVAs strategiske program. Som de to nederste ligningene viser, så kan man ved å måle den partikulære fraksjonen beregne mengde oppløst organisk nitrogen og fosfor. Dette er beskrevet i Hansell & Carlson (2002, side 154). Disse tre ligningene ovenfor benyttes når målinger av partikulært karbon, nitrogen og fosfor presenteres.

Lysmålinger

Lysmålinger er gjort ved hver prøvetakingsrunde med Trios Ramses over- og undervannsensorer som måler hele lysspekteret fra 350-900 nm. Undervannsensoren var montert på en ramme som ble senket i sjøen 4-5 meter fra akterenden av skipet for ikke å få skyggeeffekter. Det ble målt kontinuerlig gjennom vannsøylen eller minimum ved 0, 2, 5, 10, 15, 20, 25 og 30 m dyp. En dekkensensor var montert i masten for å måle variasjonen i overvanns lysforhold under profileringen. Dette blir brukt for å normalisere lysprofilen til lik innstråling. Begge sensorer har vært kalibrert mot en NIST-standard ved NIVA's radiometriske kalibreringslaboratorium.

Lysspektere har blitt integrert mellom 400 og 700 nm for å få verdien for «Photosyntetic Active Radiation»-PAR i mikromol fotoner/m²/s som da er den mengden lys som er tilgjengelig for fotosyntese hos planteplankton og makroalger.

Fra den normaliserte lysprofilen for PAR så er den vertikale svekningskoeffisienten til diffust lys beregnet for hele vannsøylen ned til 30 m (Kd_PAR) og ned til siktdypet (Kd_PAR_S). Kd_PAR_S for overflaten er den optiske størrelse som vil være mest påvirket av endringer i avrenninger av partikler, planteplankton og DOC i overflaten. Andre bølgelengder av spekteret kan også beregnes, men er ikke med i denne rapporten om lys. I tillegg er eufotisk dyp (Z_{eu}) beregnet og definert som 1% lysmengde av maksimum ved overflaten.

Ferrybox

Ferrybox-systemet er montert på flere skip langs kysten og måler som standard hvert minutt temperatur, salinitet, oksygen, klorofyll a fluorescens og turbiditet på om lag fire meters dyp langs skipets faste rute.

Dette inngår i det nasjonale infrastruktur prosjektet NorSOOP (www.niva.no/norsoop). Systemet har også muligheter for automatisk prøvetaking av vannprøver for videre analyse i laboratoriet. Dette gjøres i ØKOKYST- FerryBox prosjektet som en del av Miljødirektoratets havforsuringsprogram og gjøres tilgjengelig for alle ØKOKYST Delprogrammene.

Stasjon VT4 er en Ferrybox-stasjon som inngår i ØKOKYST Ferrybox-programmet. Vannprøvene tas fra overflatelaget ved hjelp av det automatiske prøvetakingssystemet montert på Color Lines ferge «MS Color Fantasy».

Vannprøver for løst organisk karbon (DOC) ble GF/F filtrert og analysert med høy-temperatur katalytisk forbrenning, med en måleusikkerhet på 20% (akkreditert; NS-EN 1484:1997).

Ferrybox systemet inkluderer sensorer for klorofyll a fluorescens og gulstoff fluorescens (oppløst organisk materiale, fDOM) fra TriOS GmbH MicroFlu. Klorofyll a sensoren er grunnkalibrert med en algekultur typisk for planktonet under våroppblomstringen. Sensoren er periodemessig kontrollert med «solid state» standarder og det foretas en biofouling korreksjon basert på en kurve-linear regresjon og en årlig kalibrering basert på vannprøver igjennom året.

For fDOM sensoren benyttes foreløpig en kalibrering fra leverandøren som er basert på bruk av quinine sulfat og kontrolleres regelmessig med «solid state» standarder. Verdiene oppgis som relative verdier. For å øke kunnskapsgrunnlaget om effekter av klimaendringer i norske kyst- og fjordområder, har NIVA utvidet prøvetakingen ved tre ØKOKYST-stasjoner. Prosjektet finansieres gjennom NIVAs strategiske instituttsatsing (SIS) på land-hav interaksjoner. De tre stasjonene er Torbjørnskjær (VT3 - DP Skagerrak), Skinnbrokleia (VT71 -DP Norskehavet Sør I) og Straumsfjorden (VR54 - DP Norskehavet Nord I). Siden sommeren 2017 har NIVA ved disse stasjonene hatt månedlig overvåking av løst organisk karbon (DOC) og uorganisk karbon/alkalinitet (DIC og Alk). Sett i sammenheng med standardparameterne overvåket gjennom ØKOKYST, vil disse dataene brukes til å undersøke effekter av økt avrenning fra land og havforsuring i de norske kystområdene.

5. Biologiske kvalitetselementer (BKE)

Vannforskriftens klassifiseringssystem for vann er beskrevet i Veileder 02:2018. Hovedprinsippet er at økologisk tilstand i vann skal klassifiseres på grunnlag av biologiske kvalitetselement (BKE). For marint miljø er de biologiske kvalitetselementene planteplankton, bunndyr, makroalger og ålegress. Fysisk-kjemiske parametere skal benyttes som støtteparametere. For hvert kvalitetselement er det utviklet metoder som angir i hvor stor grad den økologiske tilstanden avviker fra naturtilstanden, og klassifiseringen gjøres på grunnlag av graden av avvik. I delprogram Skagerrak er det også inkludert undersøkelser av fastsittende og lite mobile dyr (evertebrater) som sammen med makroalgene utgjør hardbunnsamfunnet. Artslister med oversikt over forekomst og voksedyp for alger og dyr på de undersøkte hardbunnstasjonene er gitt i Tabell 25 i Vedlegg. I Skagerrak innhentes i tillegg data om partikulære forhold (C, N, P) og TSM (totalt suspendert materiale) i vannmassene og det foretas lysmålinger. Sedimentdekke på bunnen undersøkes som støtte til tolkningen av makroalgedataene (Tabell 26 Vedlegg).

5.1 Makroalger

Makroalger er synlige, fastsittende alger som vokser på fast substrat eller på andre alger eller dyr. De har ikke mulighet for å forflytte seg dersom tilstanden skulle bli dårligere og er derfor gode indikatorer på forholdene de lever under. Fastsittende alger vokser på steder hvor miljøforholdene tillater det og der de klarer seg i konkurranse med andre arter. De finnes i soner fra øvre del av fjæresonen og ned til nederste voksedyp. Artssammensetning og sonering varierer med forhold som lys, temperatur, saltholdighet, bølgeeksponering, strøm og næringstilgang. Økning i konsentrasjonen av næringssaltene nitrogen og fosfor påvirker algeveksten og artssammensetning i fjordens algesamfunn. En situasjon med overgjødning kan dermed føre til at hurtigvoksende trådformede alger, som raskt kan ta opp og utnytte næringssalter til vekst, får større utbredelse på bekostning av flerårige alger (Moy & Christie 2012). Økt mengde partikler i vannet gjør dessuten lysforholdene dårligere slik at alger ikke kan vokse like dypt som i klart vann. Høy tilførsel av organisk materiale og partikler som sedimenterer på bunnen vil hindre alger i å bunnslå og spire. Miljøforholdene ligger til grunn for beregningen av indekser og for å klassifisere økologisk tilstand (Veileder 02:2018).

For makroalger har vi per i dag to indekser (Fjæresamfunn - RSLA/RSL og Nedre voksegrenseindeksen - MSMDI) som benyttes i forskjellige regioner og vanntyper (Veileder 02:2018). Nedre voksegrenseindeksen er godkjent for økoregion Skagerrak for vanntype S1-S3 (Tabell 5) og er benyttet for vurdering av økologisk tilstand i dette delprogrammet. Vi har beregnet indeksverdier og stasjonsvis sammenlignet disse med tidligere år.

5.1.1 Klassegrenser og EQR-verdier

Økologisk status basert på nedre voksegrense for utvalgte makroalger kan beregnes når tre eller flere av de ni artene som inngår i indeksen er registrert på en lokalitet/stasjon. Det er anbefalt minimum to lokaliteter/stasjoner i hver vannforekomst. I beregningen av MSMDI gis hver art poeng fra 0 til 5 i henhold til artsspesifikke dybdegrenser. Dybdegrensene er ulike for de tre vanntypene (Tabell 24). Tilstanden for lokaliteten beregnes som middelverdi av tilstandsklassene for artene som er registrert.

Det er utviklet spesifikke artslistene og klassegrenser for indeksene alt etter hvilken vanntype en undersøker. For Skagerrak er det interkalibrerte EQR-verdier (Ecological Quality Ratio) for vanntypene:

- S1 Åpen eksponert kyst - MSMDI 1
- S2 Moderat eksponert kyst/fjord - MSMDI 2
- S3 Beskyttet kyst/fjord - MSMDI 3

Nedre voksegrense for en art er det største dyp en art forekommer som minst spredt eller med en dekningsgrad større enn ca. 5 %. De ni artene som inngår i klassifiseringen er:

Krusflik (*Chondrus crispus*)
 Svartkluft (*Furcellaria lumbricalis*)
 Skolmetang (*Halidrys siliquosa*)
 Sukkertare (*Saccharina latissima*)
 Krusblekke (*Phyllophora pseudoceranooides*) eller Hummerblekke (*Coccotylus truncatus*)
 Teinebusk (*Rhodomela confervoides*)
 Fagerving (*Delesseria sanguinea*)
 Eikeving (*Phycodrys rubens*)

Artenes nedre voksegrense må ikke begrenses av mangel på substrat eller at dykkeren ikke kommer dypt nok, og algene som registreres må være voksne individer som er i stand til å formere seg (Veileder 02:2018).

Artene som registreres på stasjonen tildeles en poengverdi iht. klassegrenser som er satt for MSMDI for respektive vanntyper. Den samlede poengsummen for stasjonen benyttes deretter til å kalkulere en normalisert EQR (nEQR-verdi) som referer til en av fem gitte tilstandsklasser fra «svært dårlig» til «svært god» tilstand (Tabell 24).

5.1.2 Klassifiserte resultater

Det nedre voksedypet for makroalger (MSMDI) har en klar sammenheng med lysgjennomtrengelighet og mengden partikler i vannet. Flerårige makroalger integrerer miljøforholdene over tid og miljøendringer vil dermed gi utslag for beregninger av MSMDI ved ulike år. Forhold som ikke er direkte knyttet til miljøtilstanden på stasjonen vil også i noen grad kunne påvirke undersøkelsesresultatene og være med på å forklare årlig variasjoner i resultatene. nEQR-verdier og tilstandsklasser fra MSMDI, basert på 2019-undersøkelser av de sju hardbunnstasjonene i delprogram Skagerrak er gitt i Tabell 5. Der det foreligger data fra tidligere år er indeksverdiene for disse årene presentert. Tilstandsvurdering for stasjon HT192 Lyngholmene som overvåkes gjennom programmet «Lange tidsserier» er også inkludert i tabellen.

Tidligere år har det vært inkonsekvent poenggivning med bruk av 0-verdier ved beregning av MSMDI (se kap. 4 for nærmere beskrivelse). Tilstandsforringelse, som resultat av at indeksarter forsvinner fra en stasjon over tid, er dermed ikke fanget opp. I foreliggende rapport er klassifiseringen derfor justert med 0-verdier for forsvunne arter på stasjonene i tilfeller der intervallet mellom to påfølgende undersøkelser utgjør mindre enn fire år. Beregningene baserer seg på 2009/2010 som første undersøkelses år (Tabell 7).

På tross av mellomårlig variasjon på hardbunnstasjonene, har det samlet vært en negativ trend i voksedyp og forekomst av makroalgene som inngår i MSMDI gjennom undersøkelsesperioden 2009-2019. I første halvdel av perioden (2009-2013) varierte tilstanden hovedsakelig mellom «svært god» og «god» tilstand på stasjonene, mens tilstanden i siste halvdel av undersøkelsesperioden (2014-2019) har variert mellom «dårlig» og «god» tilstand. Fem av åtte undersøkte stasjoner oppnår ikke miljømålet om «god» økologisk tilstand i 2019.

MSMDI varierer fra «dårlig» til «god» tilstand mellom de undersøkte stasjonene i 2019 (Figur 1).

Stasjonene HT177 Store Arøya og HT178 Risøyodden, lokalisert i Grenlandsområdet oppnår begge «god» tilstand i 2019. Tilstanden ved HT177 Store Arøya ble klassifisert til «svært god» tilstand ved forrige undersøkelse i 2018 og tilstandsreduksjonen skyldes fravær av sukkertare på stasjonen ved undersøkelsen i 2019. Tilstanden ved HT178 Risøyodden har stort sett vært «god» fra undersøkelsene startet i 2009. I 2018 ble imidlertid tilstanden redusert til «dårlig». Gjenfunn av indikatorartene svartkluft, sukkertare og krusblekke forklarer tilstandsforbedringen tilbake til «god» tilstand i 2019.

Stasjonene som er lokalisert i ytre del av Oslofjordssystemet ved Hvaler (HT176 Brattholmen, HT5 Åkerø), Færder (HT4 Færder) og Sandefjord (HT192 Lyngholmene), oppnår «dårlig» eller «moderat» tilstand i 2019. Resultatene er knyttet til redusert voksedyp for algene som inngår i indeksen samt at enkelte arter, som tidligere fantes på stasjonene, ikke ble observert i 2019. Eksempelvis er voksedypet til rødalgen fagerving mer enn halvert i løpet av en tiårsperiode ved stasjon HT4 Færder. Fagerving, som ble observert ved 26 m dyp i 2009 ble først observert ved 12 m dyp i 2018 og 2019. Videre har rødalgen eikeving forsvunnet både fra stasjon HT176 Brattholmen, HT5 Åkerø og HT4 Færder gjennom undersøkelsesperioden. Også ved HT192 Lyngholmene ble det registrert bortfall av arten i 2017. Eikeving dukket imidlertid opp igjen ved HT192 Lyngholmene påfølgende år og var også til stede i 2019. Voksedypet til eikeving er imidlertid redusert fra 28 m til 14 m siden arten første gang ble registrert på HT192 Lyngholmene tidlig på nittitallet. I perioden 2014 - 2019 har tilstanden på HT192 Lyngholmene vært «moderat» eller «dårlig». Stasjon HT192 prøvetas i programmet «Lange tidsserier» og her foregår datainnsamlingen i juni. Beregningen av MSMDI ved HT192 Lyngholmene er dermed foretatt på et tidligere prøvetidspunkt enn ved de øvrige hardbunnstasjonene i programmet og det som anbefales i Veileder 02:2018. Artsdiversitet og forekomst av organismer endrer seg gjennom vekstsesongen og arter som ikke er til stede tidlig på året kan potensielt etablere seg i større forekomster gjennom sommeren.

Fra stasjon HT194 Gullholmen, lokalisert lengre inn i Oslofjorden (ved Jeløya) strekker tidsserien for MSMDI seg tilbake til 2016. Tilstanden ved stasjonen har vist en negativ utvikling gjennom den fireårige undersøkelsesperioden; fra «god» tilstand i 2016 til «moderat» tilstand i 2017 og 2018. I 2019 ble tilstanden ytterligere nedgradert til «dårlig». Den negative utviklingen skyldes bortfall av to av de syv indikatorartene som var til stede på stasjonen ved undersøkelsenes start i 2016 (hhv. rødalgene eikeving og teinebusk) og redusert voksedyp for sukkertare og krusflik. Eksempelvis ble sukkertare registrert på 10 m dyp i 2018, mens den i 2019 først ble observert på 6 m dyp.

Tilstanden ved stasjon HT3 Veslakalven (ved Rauer) har vært uendret «god» siden 2015.

Tabell 7. MSMDI for makroalger i perioden 2009-2019*. Indeksen er basert på nedre voksegrense for ni arter makroalger.

Stasjonsnummer og navn	HT3	HT4	HT5	HT194	HT192**	HT177	HT178	HT176	Tilstands-klasser
	Veslekalven	Færder	Åkerø	Gullholmen	Lyngholmene	Store Arøya	Risøyodden	Brattholmen	
EQR-verdi 2019	0,750	0,400	0,543	0,370	0,510	0,700	0,775	0,540	I. Svært god
EQR-verdi 2018	0,650	0,330	0,600	0,490	0,490	0,850	0,400	0,630	II. God
EQR-verdi 2017	0,650	0,367	0,370	0,570	0,370	-	-	-	III. Moderat
EQR-verdi 2016	0,750	0,560	0,690	0,640	0,600	0,730	-	0,510	IV. Dårlig
EQR-verdi 2015	0,625***	-	-	-	0,570	0,700	0,680	0,600	V. Svært dårlig
EQR-verdi 2014	0,475	-	-	-	0,510	0,800	0,730	0,800	
EQR-verdi 2013	0,850	-	-	-	0,740	0,900	0,700	0,660	
EQR-verdi 2012	0,900	-	-	-	-	0,880	0,750***	0,710	
EQR-verdi 2011	0,800	-	-	-	-	0,830	0,800	0,660	
EQR-verdi 2010	0,675	0,567	0,680	-	0,730	0,800	0,580	0,690	
EQR-verdi 2009	0,825	0,640	-	-	0,740	0,950	0,780	0,630	

* EQR-verdier er revidert fra tidligere rapporter. Det er benyttet 0-verdi i de tilfeller hvor arter som tidligere er registrert på stasjonen ikke blir gjenfunnet ved senere registreringsår (vi har satt grense på 4 år, tilsvarende en overvåkingsyklus. Dersom det er mer enn 4 år mellom to påfølgende undersøkelser er det ikke satt 0-verdi der hvor tidligere registrerte arter ikke er gjenfunnet

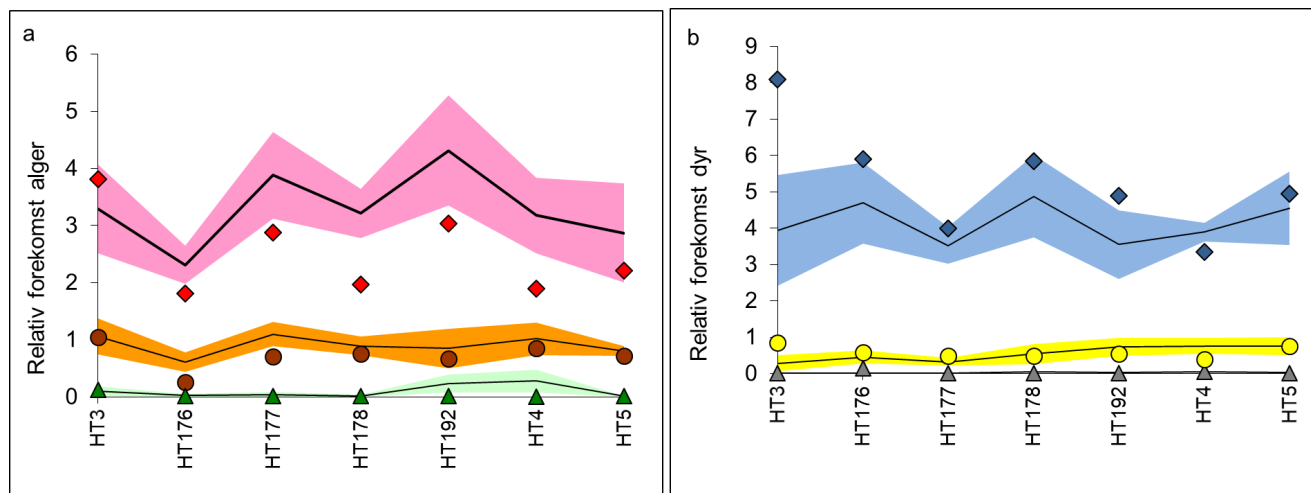
**Stasjonen prøvetas i programmet «Lange tidsserier»

*** Stasjonen har tidligere vært feilaktig klassifisert som «svært god» tilstand, men plasseres i en dårligere tilstandsklasse etter nye nEQR beregninger.

5.1.3 Forekomst av alger og dyr

Med unntak av to stasjoner (HT3 Veslekalven og HT5 Åkerø), hvor forekomsten av rødalger var innenfor normalen i 2019, var forekomsten av rødalger mindre enn normalt ved de fem stasjonene (HB2 Brattholmen, HB3 Arøy, HB4 Risøyodden, HT192 Lyngholmene og HT4 Færder) vist i Figur 4a. Forekomsten av brunalger var også under snittet på disse samme fem stasjonene. Den relative forekomst av grønnalger har vært lav i undersøkelsesområdet gjennom hele tidsperioden og viser heller ikke noen økning som respons på lavere forekomst av de to andre algegruppene (Figur 4a). Forekomsten av vannfiltrerende dyr og rovdyr var derimot høy på stasjonene i 2019 (Figur 4b). Filtrerende dyr, som sekkedyr, hydroider og mosdyr, har vært tallrike gjennom hele overvåkingsperioden og forekomsten har økt over tid (se Figur 5). En tendens til økning i denne dyregruppen har også forekommet ved overvåkingsstasjoner i Skagerrak som ikke inngår i dette delprogrammet (se Moy m. fl. 2017). Redusert voksedyr og forekomst av makroalger på bekostning av økte forekomster av vannfiltrerende dyr kan tyde på redusert lysdybde og mye partikler i vannet (jf. Tabell 7). Med unntak av stasjon HT4 Færder, som er lokalisert i vanntype S1 Åpen eksponert kyst, i et område med stor bølgepåvirkning, viser ruteundersøkelser ved syv meters dyp en høy dekningsgrad av sediment på sjøbunnen på makroalgestasjonene (Tabell 26 Vedlegg). Økende partikkeltilførsel fra elvevann, fra produksjon i vannmassene og i bunnsamfunnet kan være mulig årsak til et økt sedimentdekke på bunnen.

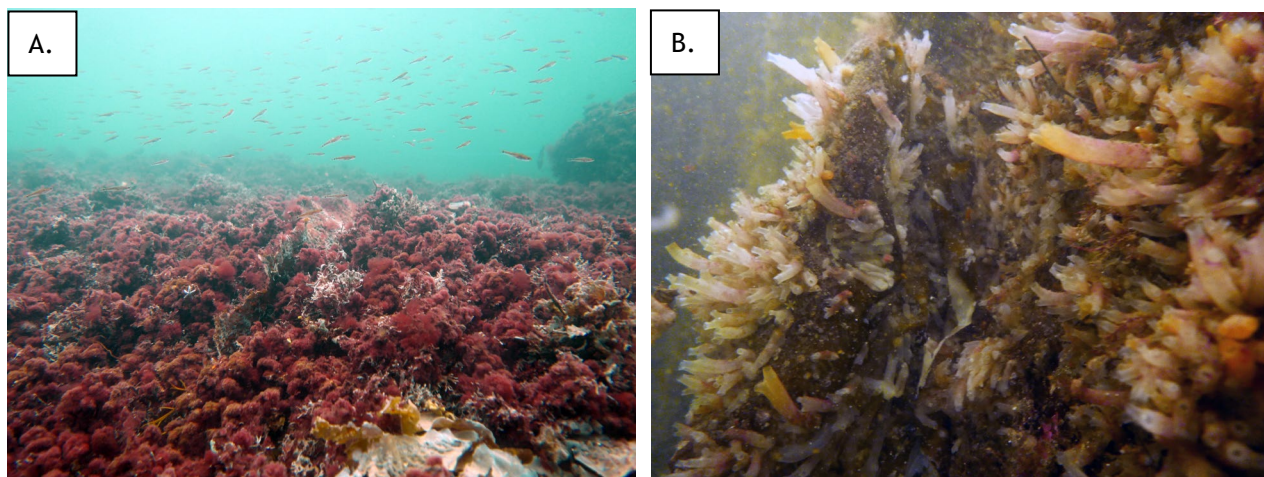
Stasjon HT194 Gullholmen er utelatt fra Figur 4 da det kun er foretatt registreringer av alge- og dyresamfunn de to seneste årene (2018 og 2019) ved denne stasjonen. Ved tidligere undersøkelser (2016 og 2017) er kun nedre voksegrense for utvalgte makroalger undersøkt.



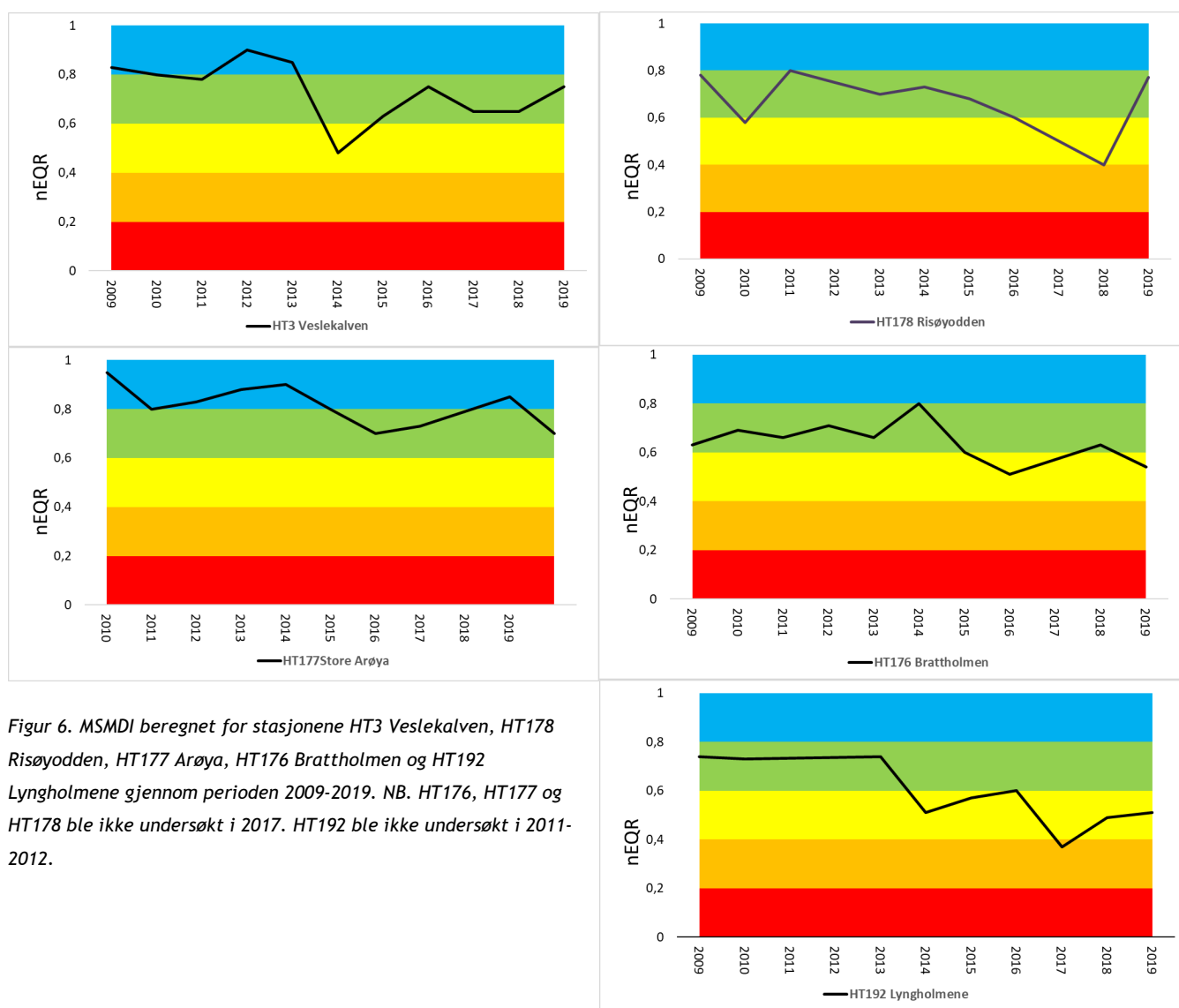
Figur 4. Relativ forekomst av makroalger (a) og bentiske dyr (b) på hardbunn summert over dypintervallet 4 til 22 m. Makroalgene er delt opp i rødalger (rosa), brunalger (oransje) og grønnalger (grønn). Dyrene er vist for vannfiltrerende dyr (blå), rovdyr (gul) og plantebeitere (grå). Punktene er årets registreringer, linje er snittet fra 2009-2018, skraverte områder er snitt +/- stdev. Relativ forekomst er beregnet som summen av forekomsten pr. stasjon, pr år/ 100

5.1.4 Utvikling over tid

Stasjon HT3 Veslekalven, HT176 Brattholmen, HT177 Store Arøya og HT178 Risøyodden har vært overvåket siden 2009 (gjennom programmene «Eutrofiovervåking i Ytre Oslofjord» og ØKOKYST - delprogram Skagerrak). Stasjon HT192 Lyngholmene har vært overvåket siden 1990 (Kystovervåkingsprogrammet). MSMDI har blitt benyttet for tilstandsklassifisering av stasjonene siden 2009 og har variert gjennom overvåkingsperioden (fra «dårlig» til «svært god» tilstand, Figur 6). Siden 2009 har det vært en negativ trend i nEQR-verdier for fire av stasjonene (HT3 Veslekalven, HT177 Store Arøya, HT176 Brattholmen og HT192 Lyngholmene). Ved HT176 Brattholmen har tilstandsklassen i økende grad blitt funnet «moderat» gjennom siste del av overvåkingsperioden (2015-2019) mens resultatene viste «god» tilstand i første del av undersøkelsesperioden (2009-2014). Den samme negative trenden finner vi også for stasjon HT192 Lyngholmene. Ved HT178 Risøyodden har MSMDI vist «god» tilstand ved syv av ni undersøkelser og nEQR verdien beregnet i 2019 tilsvarer den nEQR verdien som ble beregnet for stasjonen i 2009 (nEQR = 0,78 innenfor tilstandsklasse «god»). HT178 Risøyodden ble nedgradert fra «god» til «dårlig» tilstandsklasse i 2018 men igjen vurdert som «god» etter 2019 undersøkelser. Forbedringen skyldes at sukkertare, svartkluff og krusblekke, som ikke ble registrert i 2018, ble gjenfunnet i 2019.



Figur 5. Foto tatt under registrering av hardbunnsfauna- og flora under ØKOKYST Skagerrak 2019. A) Dominerende forekomst av rødalger på stasjon HT3 Veslekalven ved 4 m dyp. B) Sekkedyret (*Ciona intestinalis*) vokste i høye tettheter på sukkertarebladene og på fjellbunnen på 6 m dyp på stasjon HT178 Risøyodden. Foto: Camilla W. Fagerli



Figur 6. MSMDI beregnet for stasjonene HT3 Veslekalven, HT178 Risøyodden, HT177 Arøya, HT176 Brattholmen og HT192 Lyngholmene gjennom perioden 2009-2019. NB. HT176, HT177 og HT178 ble ikke undersøkt i 2017. HT192 ble ikke undersøkt i 2011-2012.

5.2 Bløtbunnsfauna

Bløtbunnsfauna lever på, eller graver i leire-, mudder- og sandbunn (Figur 7). De fleste artene er relativt stasjonære og må være tilpasset miljøforholdene på stedet hvor de lever. Artssammensetningen vil derfor i stor grad reflektere miljøforholdene. Overvåking av bløtbunn er en viktig metode for å dokumentere miljøtilstanden og påvise mulige endringer over tid.

Bløtbunnsfaunaundersøkelser gjøres på lokaliteter med sedimentbunn, fortrinnsvis der det er flat bunn med finkornet sediment (høy andel av leire og silt). Undersøkelsen baserer seg på virvelløse dyr større enn 1 mm.

Bløtbunnsfauna påvirkes av flere typer miljøbelastninger. Organisk anrikning fra for eksempel avløpsvann, akvakultur og avrenning fra land eller annen forurensning kan medføre at arter som er tolerante for forurensningen øker samtidig som artsmangfoldet avtar ved at ømfintlige arter blir borte. For å klassifisere bløtbunnsfaunaen, brukes ulike indekser, hvorav noen er basert på artsmangfold, mens andre også tar i betraktning graden av ømfintlighet hos artene som er tilstede.



Figur 7. Bløtbunns sediment (Foto: NIVA)

5.2.1 Klassegrenser og EQR-verdier

På grunnlag av artslister og individtall beregnes følgende indekser for bløtbunnsfaunaens artsmangfold og ømfintlighet:

- artsmangfold ved indeksene H' (Shannons diversitetsindeks) og ES_{100} (Hurlberts diversitetsindeks)
- ømfintlighet ved indeksene ISI_{2012} (Indicator Species Index) og NSI (Norwegian Sensitivity Index)
- den sammensatte indeksen $NQI1$ (Norwegian Quality Index), som kombinerer både artsmangfold (ved parameteren SN) og ømfintlighet (ved $AMBI$ -indeksen)

Faunatilstanden klassifiseres ut fra indeksene etter vannforskriftens system med fem tilstandsklasser fra svært god (klasse I) til svært dårlig tilstand (klasse V), ut fra Veileder 02:2018. Det benyttes klassegrenser som er differensiert mellom vanntyper. I dette tilfellet er stasjonene plassert i vanntypene S1 (stasjon BT137, BT40 og BT41), S2 (BT80) og S3 (BT71 og BT128) (se Tabell 4), som alle har de samme grenseverdier (gitt i Tabell 27 i Vedlegg). Ut fra de enkelte indeksene beregnes så normaliserte EQR-verdier, som gir en samlet tilstand basert på alle de fem indeksene (iht. Veileder 02:2018).

Totalt organisk karbon (TOC) er en støtteparameter som kan gi informasjon om graden av organisk belastning, men den inngår ikke i den endelige klassifiseringen av stasjonen (Veileder 02:2018). Vi har valgt å inkludere totalt nitrogen (TN) i analysene ettersom forholdet mellom TOC og TN kan brukes til å få informasjon om opphavet til det organiske materialet. Det foreligger ingen klassifisering av TN. Til klassifisering av TOC benyttes SFT-veileder 97:03 som er inkludert i Veileder 02:2018 og vist i Tabell 28 i Vedlegg.

Til beregning av normalisert TOC inngår informasjon om sedimentets kornstørrelse, og denne informasjonen er også til hjelp for tolkning av artssammensetning ettersom sedimentets fysiske struktur har stor betydning

for faunaens artssammensetning. Sedimentets finfraksjon ($\% < 0,063 \text{ mm}$) ble bestemt ved våtsikting. Også fraksjoner grovere enn $63 \mu\text{m}$ ble beregnet, se angivelse i Tabell 30 i Vedlegg.

5.2.2 Klassifiserte resultater

Faunaindeksene med tilhørende klassifisering og beregnet normalisert EQR (nEQR) er vist i Tabell 8. Grabbvise data er gitt i Tabell 29 i Vedlegg, hvor også tre års tidligere data er inkludert. En oversikt over de ti mest dominerende artene pr. stasjon er vist i Tabell 9. Innholdet av sedimentets finstoff ($\% < 0,063 \text{ mm}$), totalt nitrogen (TN), totalt organisk karbon (TOC) og normalisert organisk karbon er vist i Tabell 10. Fullstendige kornstørrelsesdata er presentert i Tabell 30 i Vedlegg.

Stasjon BT71 på 214 m dyp ved Hvitsten i Ytre Oslofjord hadde normalt artsantall og individantall. Indeksene viste «god» tilstand, med unntak av ISI_{2012} som viste «svært god» tilstand (Tabell 8). Samlet tilstand ble «god», og i øvre del av klassen. Det var noe innslag av tolerante arter (for eksempel børstemarkene *Caulerietta serrata* og *Paramphinome jeffreysii* og muslingen *Thyasira equalis*, se Tabell 9), men tetthetene var såpass beskjedne at tilstanden ikke ble trukket vesentlig ned. Sedimentet var svært finkornet, med finfraksjon på hele 97% (Tabell 10). Innholdet av normalisert, organisk karbon tilsvarte tilstandsklasse «god», som samsvarer svært godt med faunatilstanden.

Stasjon BT80 på 305 m dyp ved Bastøy i Ytre Oslofjord hadde normalt til høyt artsantall, og noe høyt individtall. Indeksene NQ11 og NSI viste «god» tilstand, mens de andre viste «svært god» tilstand (Tabell 8). Samlet tilstand ble «svært god», men helt i nedre sjikt av denne klassen. De samme tolerante artene som ble registrert på stasjon BT71 ble observert også her (Tabell 9), men høyt artsmangfold og tilstedeværelsen av mer sensitive arter trakk tilstanden opp. Sedimentet var igjen svært finkornet, med finfraksjon på 95%. Også innholdet av normalisert, organisk karbon ga tilstandsklasse «svært god», og i nedre sjikt av klassen (Tabell 10).

Stasjon BT137 på 452 m dyp ved Torbjørnskjær hadde ganske lavt artsantall og normalt individtall. Tilstanden ble kun moderat ut fra indeksene H' og ES_{100} , men «god» for NQ11 og NSI, og «svært god» for ISI_{2012} (Tabell 8). Samlet tilstand ble «god». Artssammensetningen viste noe innslag av tolerante arter, som for eksempel muslingene *Thyasira equalis* og *Thyasira sarsii* og børstemarken *Tharyx killariensis* (Tabell 9). Sedimentets finfraksjon var på nesten 99 %. Mengden normalisert, organisk karbon ga tilstandsklasse «god» (Tabell 10), på linje med faunaklassifiseringen.

Stasjon BT40 Færder på 57 m dyp i Ytre Oslofjord hadde et relativt lavt artsantall og lavt individantall. Individtallet var under 100 for tre av grabbprøvene, slik at indeksen ES_{100} kun ble beregnet for én av disse, som da viste «svært god» tilstand. De øvrige indeksene viste «god» og «svært god» tilstand (Tabell 8). Samlet tilstand ble «svært god», men helt i nedre sjikt av denne klassen. Det var ikke noen vesentlig forekomst av typisk forurensningstolerante arter (Tabell 9). Her er det viktig å være klar over at indeksapparatet er utarbeidet mht. å fange opp uønskede effekter av næringssalter og derav økning i individantallet og opportunistiske arter, mer enn tilfeller hvor faunaen bærer preg av å være fattig, som i dette tilfellet. Videre vil en parallell reduksjon i antall arter og antall individ ikke nødvendigvis gi utslag på indeksen H' . Sedimentets finfraksjon var på 56,6 %, og innholdet av normalisert, organisk karbon var det lavest målte og tilsvarte «svært god» tilstand (Tabell 10). Også innholdet av totalt nitrogen var det lavest målte, og under deteksjonsgrensen på 1 mg/g . Bunnsamfunnet på denne stasjonen synes derfor å være næringsbegrenset. Et faglig skjønn tilsier derfor at tilstanden på denne stasjonen er dårligere enn «svært god» for faunaen.

Tabell 8. Økologisk tilstand for det biologiske kvalitetselementet bløtbunnsfauna for stasjonene i ØKOKYST Skagerrak, 2019. Antall arter (S) og antall individ (N) er også vist. Indeksene med tilhørende nEQR-verdi er beregnet for snittet av de fire grabbvise prøvene (0,1 m²). H'=Shannons diversitetsindeks; ES₁₀₀=Hurlberts diversitetsindeks; ISI₂₀₁₂=Indicator Species Index; NSI=Norwegian Sensitivity Index; NQI1=Norwegian Quality Index.

Økologisk tilstand for bløtbunnsfauna									
Stasjon	Grabb	S	N	NQI1	H'	ES ₁₀₀	NSI	ISI ₂₀₁₂	Gj.snitt nEQR
Hvitsten BT71	Grabbverdi	44	276	0,800	4,12	28,6	23,6	9,44	
	nEQR			0,779	0,783	0,790	0,743	0,840	0,787
Bastøy BT80	Grabbverdi	54	383	0,804	4,49	30,7	23,2	10,17	
	nEQR			0,783	0,828	0,812	0,726	0,871	0,804
Torbjørnsskjær BT137	Grabbverdi	28	245	0,675	3,21	18,5	21,6	8,79	
	nEQR			0,647	0,584	0,562	0,665	0,812	0,654
BT40 (A05)*	Grabbverdi	27	79	0,754	4,16	32,2**	25,5	9,37	
	nEQR			0,731	0,791	0,822	0,822	0,837	0,801
BT41 (HT1926)*	Grabbverdi	29	352	0,600	3,41	17,7	21,4	8,27	
	nEQR			0,55	0,625	0,544	0,658	0,748	0,625
Håøyfjord BT128	Grabbverdi	16	291	0,498	1,74	9,8	16,3	6,95	
	nEQR			0,387	0,334	0,326	0,453	0,500	0,400

* Stasjoner prøvetatt i programmet «Lange tidsserier»

** Kunne kun beregnes for én av prøvene pga. lavt individtall (dvs. basert på én prøve).

Stasjon BT41 på 355 m dyp i Ytre Oslofjord hadde også få arter, men var individrik. Her viste indeksene NQI1 og ES₁₀₀ kun «moderat» tilstand, mens de øvrige viste «god» tilstand (Tabell 8). Samlet tilstand ble «god». Artssammensetningen viser forekomst av flere tolerante arter (for eksempel børstemarkene *Aphelocheata* sp., *Heteromastus filiformis* og *Chaetozone setosa* og muslingen *Thyasira sarsii*) (Tabell 9). Dette viser at faunaen er lettere forstyrret, men likevel ikke mer enn at tilstanden ikke blir dårligere enn «god». Sedimentet hadde en finfraksjon på hele 99,6 %. Innholdet av normalisert, organisk karbon tilsvarte «god» tilstand (Tabell 10).

Stasjon BT128 på 203 m dyp Håøyfjorden hadde svært lavt artsantall; i snitt kun 16 arter pr. prøve (Tabell 8). Antall individ var normalt. Indeksene NSI og ISI₂₀₁₂ ga «moderat» tilstand, mens de øvrige ga «dårlig» tilstand. Samlet tilstand ble «dårlig», men helt på grensen til «moderat». «Dårlig» tilstand er rimelig også ut fra det lave artstallet og faunasammensetningen. Stasjonen var dominert av den tolerante børstemarken *Chaetozone setosa*, som utgjorde nesten 70 % av individmengden (Tabell 9). Slik dominans av enkeltarter er i seg selv en indikasjon på forstyrrelse. Også flere av de øvrige artene er typiske for forstyrrelse, og spesielt børstemarken *Heteromastus filiformis* og muslingen *Thyasira sarsii*. Finfraksjonen var på 90 %, og innholdet av både organisk karbon og totalt nitrogen det høyeste målte av stasjonene (Tabell 11). Innholdet av organisk karbon tilsvarte «svært dårlig» tilstand.

Tabell 9. Navn og antall individ av de ti mest dominerende artene pr. stasjon, ØKOKYST Skagerrak 2019 (gjennomsnitt av de fire grabbprøvene à 0,1 m²). Prosent av totalt antall individ er gitt i parentes etter antallet. Faunagruppe er gitt i parentes etter artsnavnet, hvor B=Børstemark, M=Musling, K=Krepsdyr, P=Pigghud, Pi=Pilorm, Sl=Slimorm S=Stjerneorm (Sipuncula).

Hvitsten BT71	Antall (%)	Bastøy BT80	Antall (%)	Torbjørnskjær BT137	Antall (%)
<i>Nucula tumidula</i> (M)	64 (23,1)	<i>Kelliella miliaris</i> (B)	55 (14,4)	<i>Thyasira equalis</i> (M)	60 (24,5)
<i>Caulleriella serrata</i> (B)	43 (15,5)	<i>Caulleriella serrata</i> (B)	55 (14,4)	<i>Abra nitida</i> (M)	54 (21,9)
<i>Kelliella miliaris</i> (M)	25 (9,0)	<i>Nephasoma</i> sp. (S)	42 (10,8)	<i>Ennucula tenuis</i> (M)	47 (19,0)
<i>Thyasira equalis</i> (M)	22 (7,9)	<i>Nucula tumidula</i> (M)	30 (7,9)	<i>Thyasira sarsii</i> (M)	20 (8,1)
<i>Sosane wahrbergi</i> (B)	13 (4,8)	<i>Galathowenia oculata</i> (B)	23 (6,1)	<i>Tharyx killariensis</i> (B)	8 (3,2)
<i>Adontorhina similis</i> (M)	13 (4,8)	<i>Thyasira equalis</i> (M)	19 (4,8)	<i>Paramphinome jeffreysii</i> (B)	5 (1,8)
<i>Yoldiella lucida</i> (M)	8 (2,7)	<i>Paramphinome jeffreysii</i> (B)	13 (3,3)	<i>Tellimya tenella</i> (M)	5 (1,8)
<i>Paramphinome jeffreysii</i> (B)	6 (2,2)	<i>Anobothrus laubieri</i> (B)	9 (2,3)	Chaetognatha indet	5 (1,8)
<i>Eriopisa elongata</i> (K)	6 (2,2)	<i>Onchnesoma steenstrupii</i> (S)	9 (2,3)	<i>Galathowenia oculata</i> (B)	4 (1,7)
<i>Neoleanira tetragona</i> (B)	5 (1,7)	<i>Eriopisa elongata</i> (K)	9 (2,3)	<i>Yoldiella lucida</i> (M)	4 (1,7)
BT40 (A05)	Antall (%)	BT41 (HT1926)	Antall (%)	Håøyfjord BT128	Antall (%)
<i>Magelona minuta</i> (B)	16 (19,7)	<i>Aphelochaeta</i> sp. (B)	77 (21,9)	<i>Chaetozone setosa</i> (B)	196 (67,5)
<i>Nephtys incisa</i> (B)	7 (8,3)	<i>Heteromastus filiformis</i> (B)	54 (15,3)	<i>Heteromastus filiformis</i> (B)	34 (11,7)
<i>Levinsenia gracilis</i> (B)	6 (7,0)	<i>Abra nitida</i> (M)	52 (14,9)	<i>Scalibregma inflatum</i> (B)	22 (7,6)
<i>Prionospio fallax</i> (B)	4 (5,1)	<i>Chaetozone setosa</i> (B)	35 (9,9)	<i>Thyasira equalis</i> (M)	14 (4,9)
<i>Polycirrus plumosus</i> (B)	4 (5,1)	<i>Thyasira equalis</i> (M)	32 (9,0)	<i>Sosane wahrbergi</i> (B)	5 (1,8)
<i>Abyssoninoe hibernica</i> (B)	4 (4,8)	<i>Paramphinome jeffreysii</i> (B)	29 (8,3)	<i>Thyasira sarsii</i> (M)	4 (1,4)
<i>Tharyx killariensis</i> (B)	4 (4,4)	<i>Thyasira sarsii</i> (M)	9 (2,5)	<i>Terebellides stroemii</i> (B)	3 (0,9)
<i>Ampharete lindstroemi</i> (B)	4 (4,4)	<i>Phylo norvegicus</i> (B)	8 (2,3)	<i>Microdeutopus anomalus</i> (K)	2 (0,5)
<i>Terebellides stroemii</i> (B)	3 (3,8)	<i>Ennucula tenuis</i> (M)	7 (2,0)	<i>Paramphinome jeffreysii</i> (B)	1 (0,3)
Nemertea indet. (Sl)	3 (3,5)	<i>Harpinia crenulata</i> (K)	5 (1,4)	<i>Prionospio cirrifera</i> (B)	1 (0,3)

Tabell 10. Innhold av finstoff, organisk karbon, normalisert organisk karbon, totalt nitrogen og C/N-forhold på stasjonene i ØKOKYST Skagerrak, 2019.

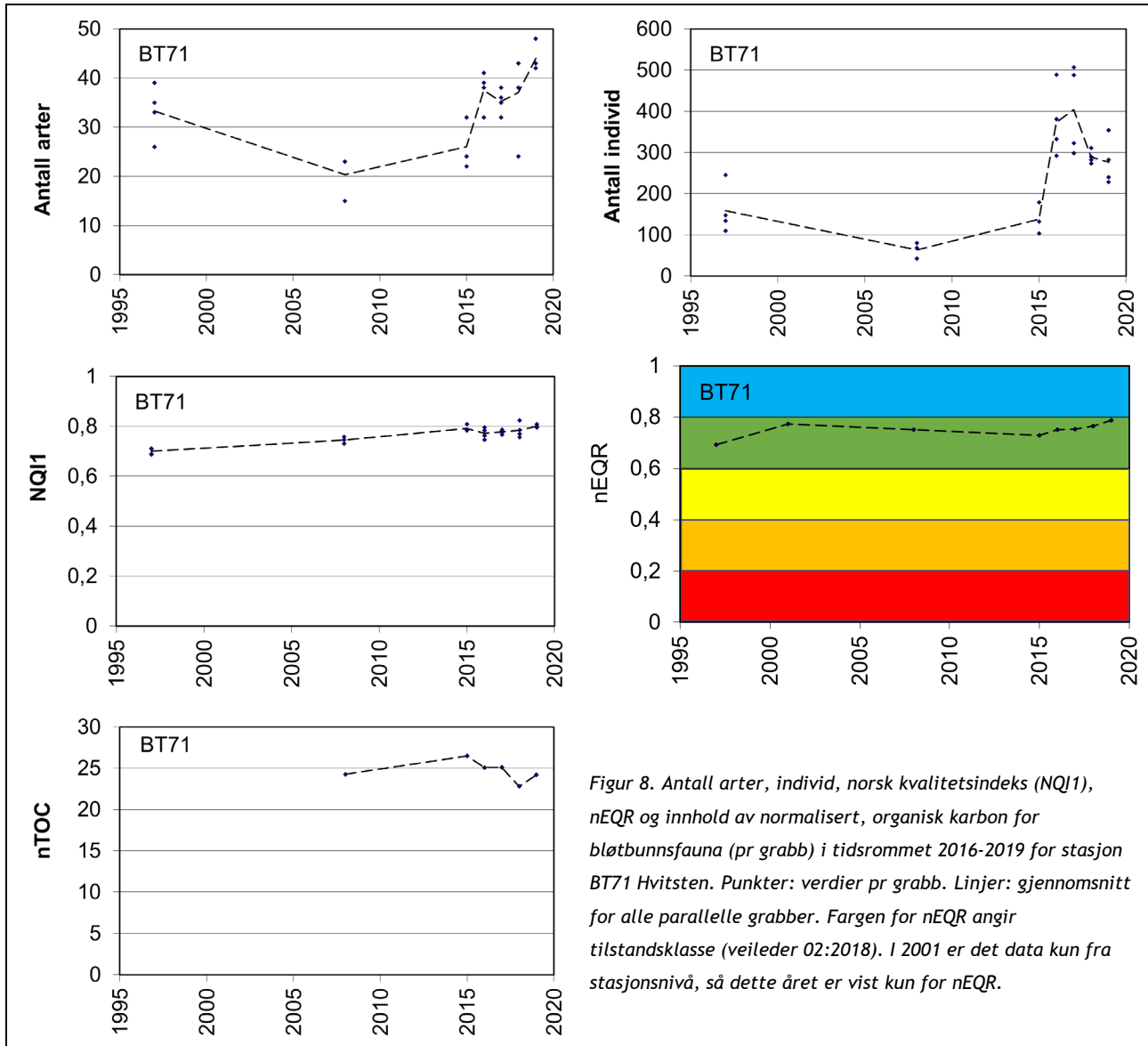
Stasjonsnummer og navn	BT71 Hvitsten	BT80 Bastøy	BT137 Torbjørnskjær	BT40 (A05) Færder	BT41 (HT1926)	BT128 Håøyfjord	Tilstandsklasser
Dyp	214	305	452	55	360	203	I. Svært god
%<0,063mm	96,6	94,6	93	56,5	99,4	90,1	II. God
TOC (mg/g)	23,6	18,4	23,8	5,94	21,4	47,3	III. Moderat
Norm. TOC (mg/g)	24,2	19,4	25,1	13,8	21,5	49,1	IV. Dårlig
TN (mg/g)	2,65	1,95	1,93	<1	1,38	4,42	V. Svært dårlig
C/N-forhold	8,9	9,4	12,3	-	15,5	10,7	

C/N-forholdet (forholdstallet mellom karbon og nitrogen) kan gi indikasjon på opprinnelsen til det organiske materialet i sedimentet ettersom ulike typer materiale har ulikt innhold av nitrogen. Generelt vil sedimenter hvor detritusmaterialet hovedsakelig har sin opprinnelse i planteplankton, gi et C/N-forhold på 6-8 fordi planteplankton er relativt rikt på nitrogen. Derimot har bentiske makroalger (tang og tare) et C/N-forhold på 10-60 og terrestrisk plantemateriale >100. Sedimenter med stor tilførsel av terrestrisk plantemateriale har derfor gjerne et C/N-forhold >10-12. Et interessant funn var her at C/N-forholdet på de tre stasjonene utover i Oslofjorden økte fra BT71 Hvitsten til BT80 Bastøy til BT137 Torbjørnskjær og dernest til stasjon BT41 utenfor Færder (Tabell 10). Dette kan indikere at innslaget av terrestrisk derivert materiale øker utover fjorden. Dette er i utgangspunktet det motsatte av det man generelt finner langs fjordgradienter, men her er det viktig å være klar over at Oslofjorden skiller seg fra flere andre fjorder ved at store elveutløp er lokalisert langt ute i fjorden. Det var også interessant at C/N-forholdet hadde økt vesentlig på stasjon BT41 utenfor Færder sammenliknet med fjoråret, hvor det var 10,1, mot 15,5 nå i 2019. Det viste også en ganske stor økning på stasjon BT137 Torbjørnskjær fra 8,8 i 2018 til 12,3 i 2019. På stasjon BT80 Bastøy økte det svakt, mens på BT71 Hvitsten sank det derimot noe (fra 9,8 til 8,9). De ytre stasjonene viste altså en vesentlig økning, i motsetning til de indre. Elvetilførselsdata for 2019 er ikke tilgjengelige enda, men generelt var 2018 et år med lite avrenning, og det er rimelig å anta av sedimentasjonen av partikler fra land har vært høyere i 2019 enn i 2018, og at dette kan forklare trenden i C/N-forholdet. På stasjon BT128 Håøyfjorden var C/N-forholdet på 10,7, som er svært normalt. C/N-forholdet kunne ikke beregnes på stasjon BT40 Færder fordi mengden totalt nitrogen her var lavere enn deteksjonsgrensen.

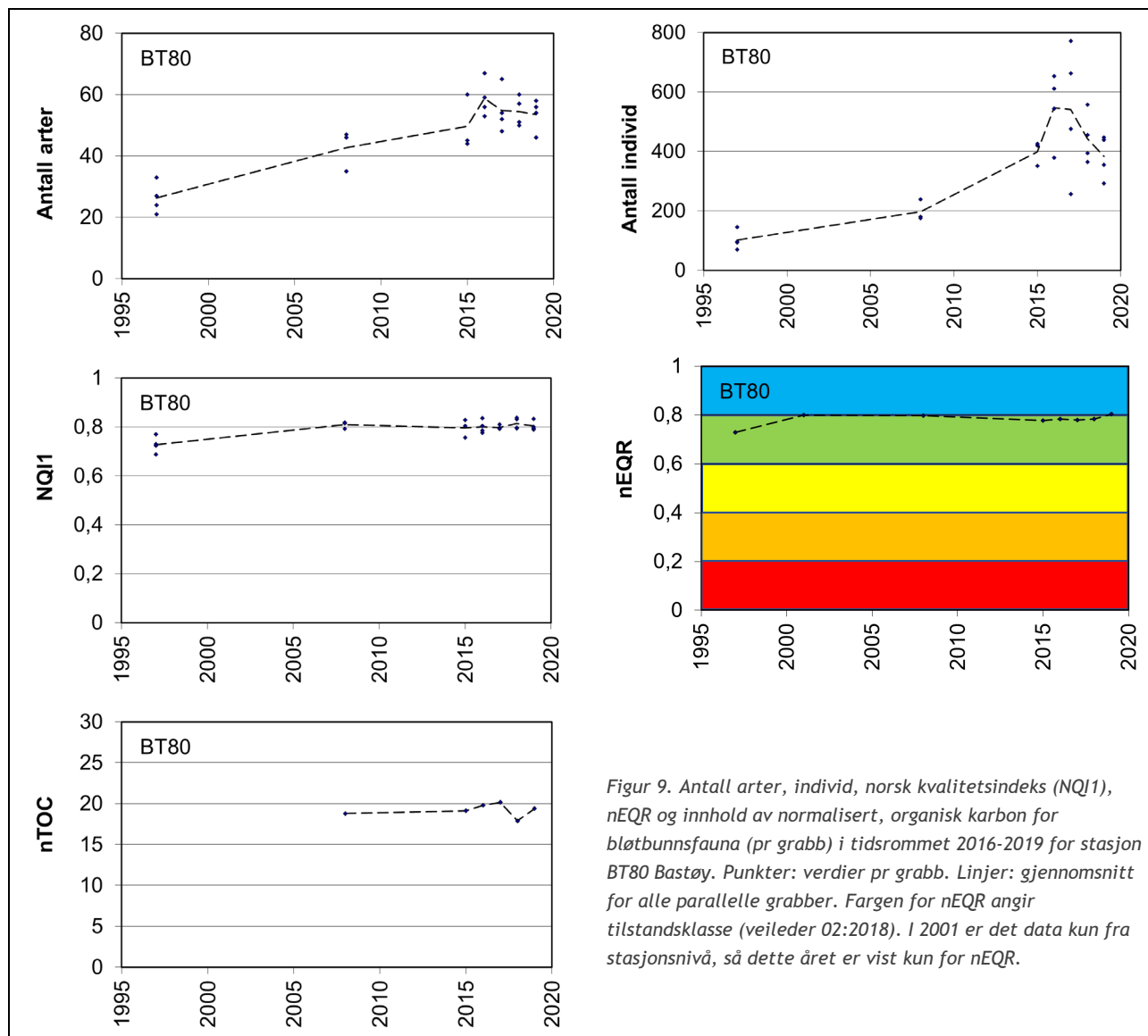
5.2.3 Utvikling over tid

Bløtbunnstasjonene i ØKOKYST Skagerrak har ulik historikk, gjennom prøvetaking i ØKOKYST og andre programmer. De lengste tidsseriene er helt fra 1990 (stasjonene BT40 og BT41). Andre stasjoner har langt mindre data, men alle stasjonene har blitt prøvetatt hvert år siden 2016. Nedenfor presenteres utvikling i miljøtilstanden på stasjonene. Et fellestrekk for alle stasjonene er at det var en svak forbedring i tilstand fra 2018 til 2019, hvilket er positivt.

Stasjon BT71 Hvitsten ble undersøkt i 1997, 2001 og 2008 i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord, og deretter årlig fra 2015. Fra 2016 ble stasjonen innlemmet i ØKOKYST-programmet. Tidsplokk er vist i Figur 8. Tilstanden har vært «god» i hele perioden. De siste fire årene var det en svak økning i NQI1 og nEQR, og tilstanden er nå på grensen til «svært god». Det var den også i 2001, hvorpå den sank noe. Antall arter og antall individ har variert adskillig mer enn indeksene. Antall individ har vært på et adskillig høyere nivå i årene 2016-2019 sammenliknet med tidligere, selv om det har sunket de to siste årene igjen. Kurven for antall arter har følger i noen grad kurven for antall individ, men her har antallet økt også de siste par årene. Det er denne økningen i antall arter og reduksjonen i antall individ som slår positivt ut på artsmangfoldet, og som gjør at tilstanden nå er helt i øvre del av klasse «god». Normalisert, organisk karbon (nTOC) har data fra 2008. Her synes det å være en svak økning fra 2008 til 2015, så en reduksjon fra 2015 til 2018, og dernest en svak økning fra 2018 til 2019. Svingningene har imidlertid vært små, og tilstanden basert på nTOC (ikke vist) har vært uendret gjennom perioden, tilsvarende «god» tilstand.

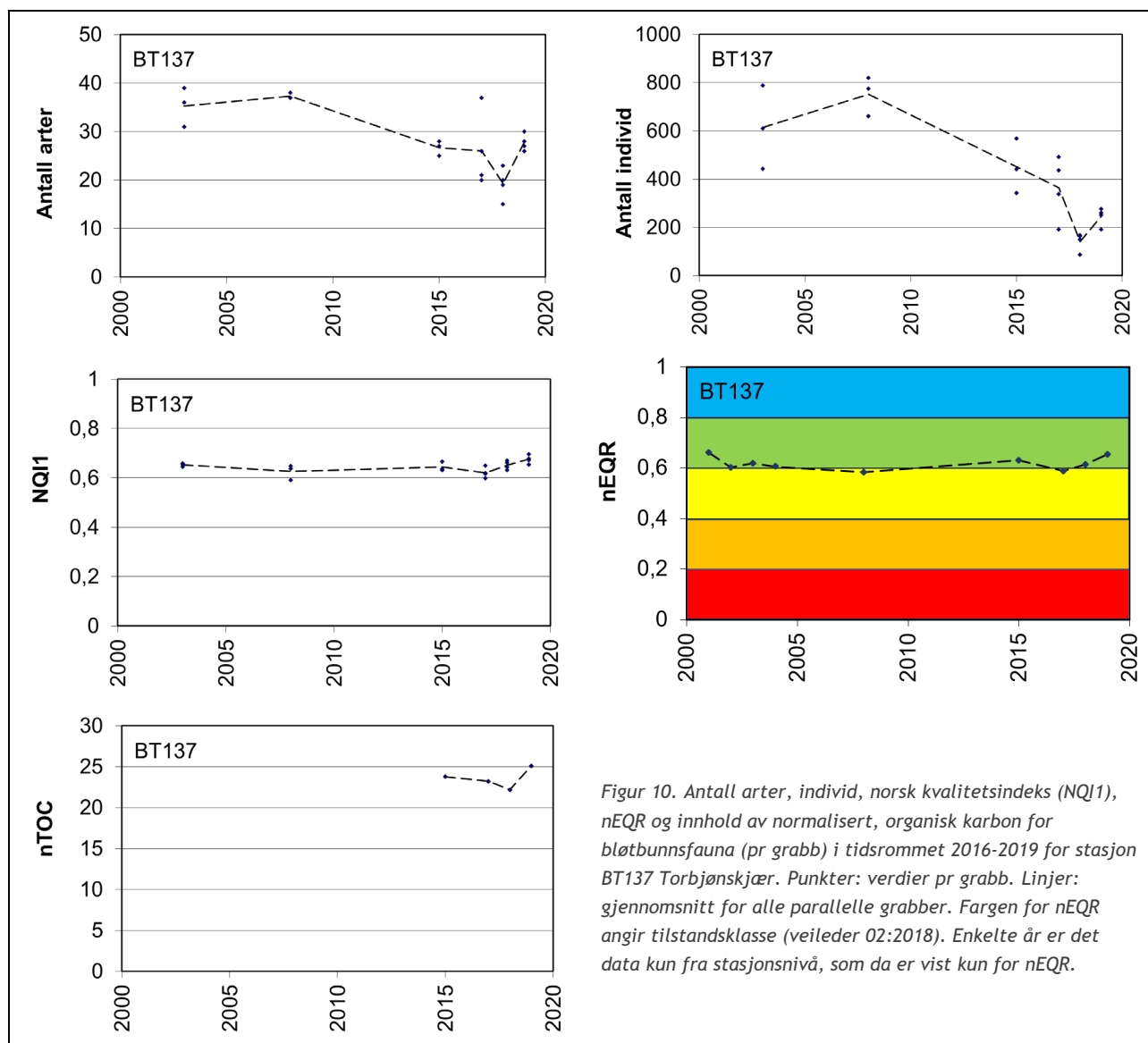


Også stasjon BT80 Bastøy ble i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord undersøkt i 1997, 2001 og 2008, og deretter årlig fra 2015. Fra 2016 ble stasjonen innlemmet i ØKOKYST-programmet. Tidsplott er gitt i Figur 9. Som på stasjon BT71 synes antall individ å ha vært på et høyere nivå de siste årene sammenliknet med tidligere i perioden, selv om antall er på vei ned. Også antall arter har vært på et høyere nivå i siste delen av perioden, og har vært stabilt de siste årene. Igjen var kurvene for NQ11 og nEQR vesentlig flatere enn kurvene for antall arter og antall individ. Både NQ11 og nEQR økte svakt i begynnelsen av perioden. Etter 2009 har tilstanden vært i øvre sjikt av klasse «god», men var i 2019 for første gang akkurat innenfor klasse «svært god». Data for normalisert, organisk karbon finnes fra 2008. Verdien har vært svært stabil gjennom perioden, men var noe lavere i 2018 sammenliknet med øvrige år. Tilstanden (ikke vist) basert på nTOC var «svært god» alle år, med unntak av 2017, hvor den var helt i nedre sjikt av «god» tilstand.



Figur 9. Antall arter, individ, norsk kvalitetsindeks (NQI1), nEQR og innhold av normalisert, organisk karbon for bløtbunnsfauna (pr grabb) i tidsrommet 2016-2019 for stasjon BT80 Bastøy. Punkter: verdier pr grabb. Linjer: gjennomsnitt for alle parallelle grabber. Fargen for nEQR angir tilstandsklasse (veileder 02:2018). I 2001 er det data kun fra stasjonsnivå, så dette året er vist kun for nEQR.

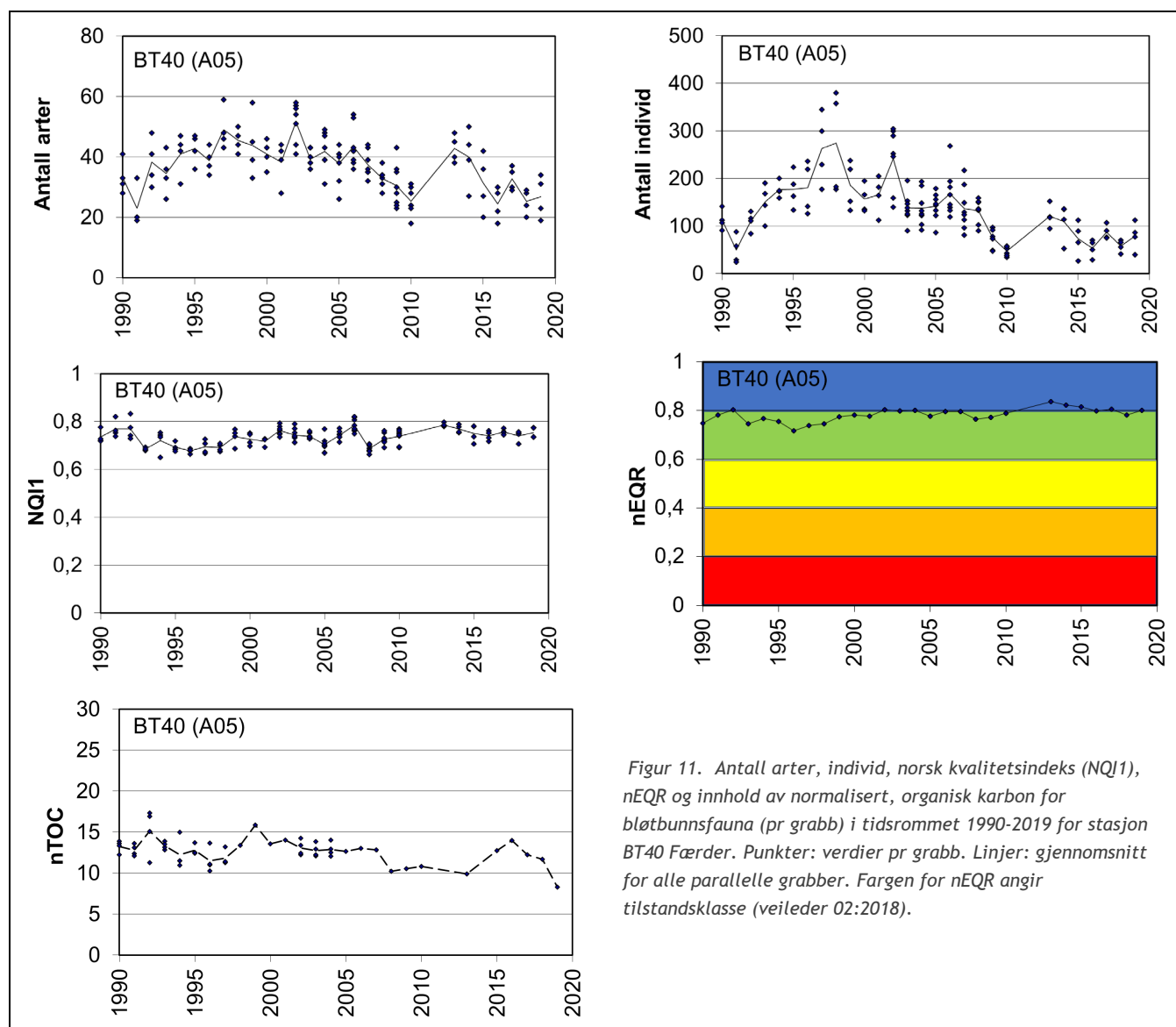
Stasjon BT137 Torbjørnskjær har overvåking tilbake til 2003, og har før den inngikk i ØKOKYST Skagerrak, blitt undersøkt i regi av Fagrådet for Ytre Oslofjord. TidsploTT er gitt i Figur 10. Her var det en parallell utvikling i antall arter og antall individ, som var flat eller økte noe fra 2003 til 2008, hvorpå mengden sank og var på et minimumsnivå i 2018. I 2019 økte verdiene igjen. Tilstanden var godt innenfor klasse «god» i 2001 og 2019, men har ellers vært på grensen mellom «god» og «moderat». Innholdet av normalisert, organisk karbon har kun blitt målt de siste årene. Verdien sank svakt fra 2015 til 2018, for så å øke i 2019. Minimumsverdien i 2018 stemmer også godt overens med hva som ble registrert på stasjonene BT71 og BT80. Kurven samsvarer videre rimelig godt med kurvene for antall arter og antall individ, som kan tyde på at mengden næring kan ha hatt noe innvirkning på faunaen. Stasjonen ligger i et rekefelt, og det er også mulig at tråling har påvirket stasjonen (<https://kart.fiskeridir.no/fiskeri>). Det ble registrert en økning i tråleaktiviteten fra perioden 2011-2012 til 2013-2017, som kan ha spilt inn på reduksjonen i antall arter og antall individ som ble registrert frem til 2018 (Walday m.fl., 2019). Endring i aktivitet, og hvorvidt dette har spilt inn på økningen i mengden dyr det siste året, er ikke kjent.



Figur 10. Antall arter, individ, norsk kvalitetsindeks (NQI1), nEQR og innhold av normalisert, organisk karbon for bløtbunnsfauna (pr grabb) i tidsrommet 2016-2019 for stasjon BT137 Torbjønskjær. Punkter: verdier pr grabb. Linjer: gjennomsnitt for alle parallelle grabber. Fargen for nEQR angir tilstandsklasse (veileder 02:2018). Enkelte år er det data kun fra stasjonsnivå, som da er vist kun for nEQR.

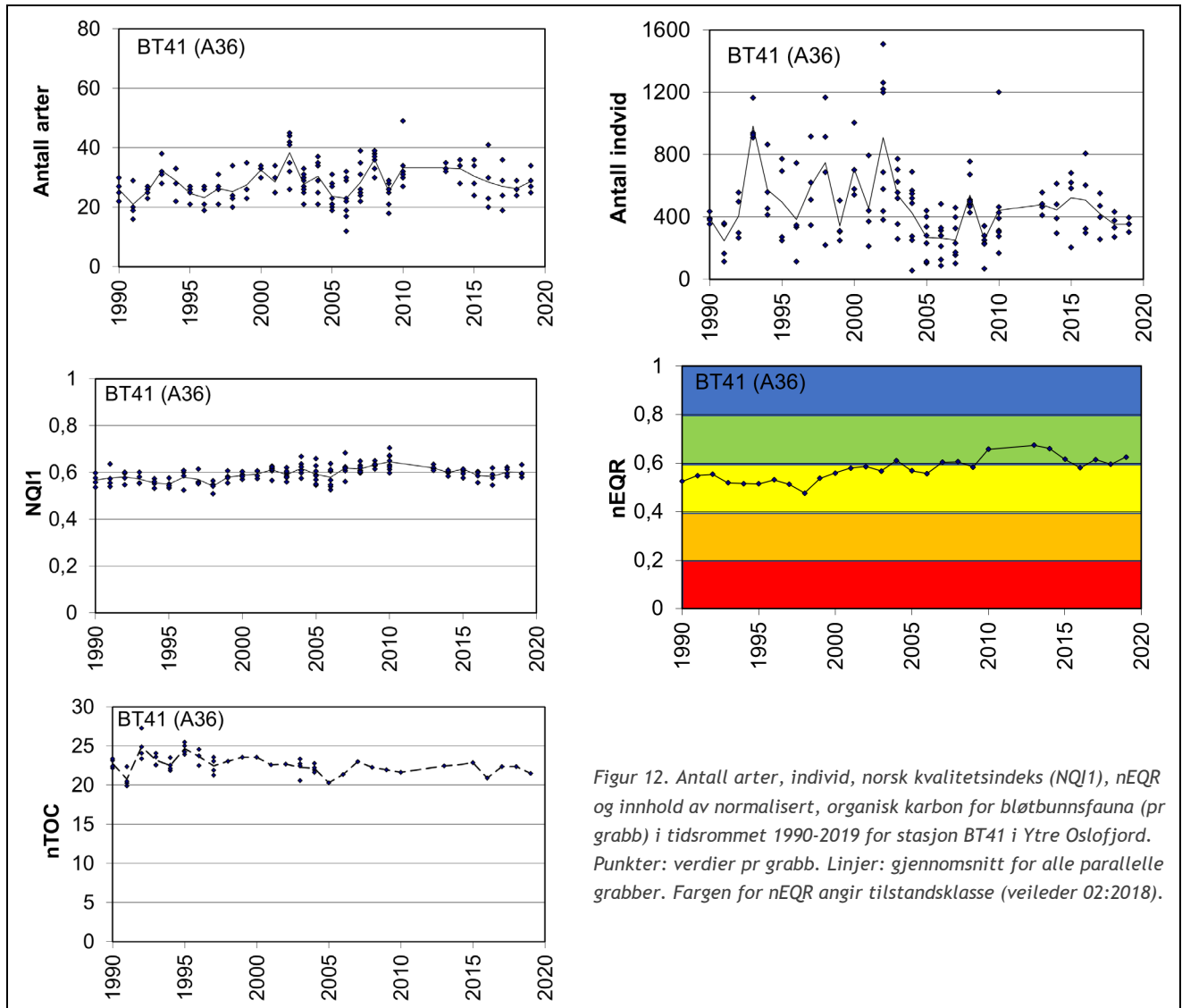
Stasjon BT40 (A05) Færder har en tidsserie helt tilbake til 1990, med unntak av årene 2011 og 2012, som er vist i Figur 11. Individmengden har aldri vært spesielt høy på denne stasjonen, og var høyest på slutten av 1990-tallet og begynnelsen av 2000-tallet. De siste årene har det i snitt vært under 100 individ på stasjonen, som regnes som lavt. Et liknende mønster sees for antallet arter, som de siste årene har vært det laveste målte gjennom hele overvåkingsperioden. NQI1 og nEQR har vært relativt stabil gjennom perioden, og nEQR har de siste årene vært på grensen mellom «god» og «svært god» tilstand. Som nevnt over, er det viktig å være klar over at indeksapparatet er langt bedre i stand til å fange opp uønskede effekter av næringsalter og derav økning i individantallet og oppblomstring av opportunistiske arter enn tilfeller hvor faunaen blir mer fattig som følge av næringsbegrensning. De siste årene har det vært indikasjoner på en svært utarmet fauna, hvor mange av artene som lever av organisk materiale, enten nede i sedimentet, på sedimentoverflaten eller fra vannsøylen har hatt svært lav tetthet. Årsaken til denne reduksjonen i viktige faunakomponenter er ikke kjent, men kan muligens skyldes næringsbegrensning eller tråling, eller en kombinasjon av de to (Waldy m.fl., 2019). Mengden næring i sedimentet har hele tiden vært på et lavt nivå, og var nå i 2019 det laveste målte. Det lave næringsinnholdet er i tråd med den fattige faunaen. Samtidig synes det ikke å være noen helt nøyaktig korrelasjon mellom innholdet næring og antall individ, hvilket kan indikere at også andre faktorer spiller inn. Stasjonen er plassert i periferien av et reketrålefelt,

hvor det de siste årene er registrert en økning i aktiviteten (<https://kart.fiskeridir.no/fiskeri>). Muligens kan derfor tråling ha påvirket faunaen, selv om slik påvirkning ofte fører til en økning i opportunistiske arter snarere enn utelukkende utarming. Det er også uklart hvorvidt det er trålingen eller andre faktorer som gjør at selve næringsinnholdet er såpass lavt. Uansett årsak kan i alle fall den fattige faunaen bety mindre næring blant annet for fisk som beiter på bløtbunnsfaunaen. I tillegg til kunnskap om hvor stort område denne trenden gjelder for, er videre overvåking, fortrinnsvis med fokus på både årsakssammenhenger, funksjonen til gruppene som blir borte og betydning for høyere trofiske nivåer, viktig.



Også stasjon BT41(HT1926) i Ytre Oslofjord har en tidsserie tilbake til 1990, og tidsplott er vist i Figur 12. Her har antall individ generelt vært høyt, men likevel på et lavere nivå siden ca. 2005 sammenliknet med tidligere i perioden. Denne trenden har vært antatt å henge sammen med en generell reduksjon i mengden langtransporterte næringsalter gjennom 90-tallet. Antall arter har ikke variert like mye, og har vært relativt lavt mesteparten av perioden, de siste årene på snaut 30 arter i snitt, som er omtrent i midtre del av hva som har vært registrert tidligere. Indeksen NQI1 og nEQR har vært svakt høyere den siste halvdel av perioden sammenliknet med den første, hvor tilstanden jevnt over var «moderat». Dette har sammenheng med reduksjonen i antallet individ i samme periode. Enkelte år etter 2010 var tilstanden godt opp i klasse «god», men de siste årene har den vært på grensen mellom «moderat» og «god». Dette korrelerer godt med

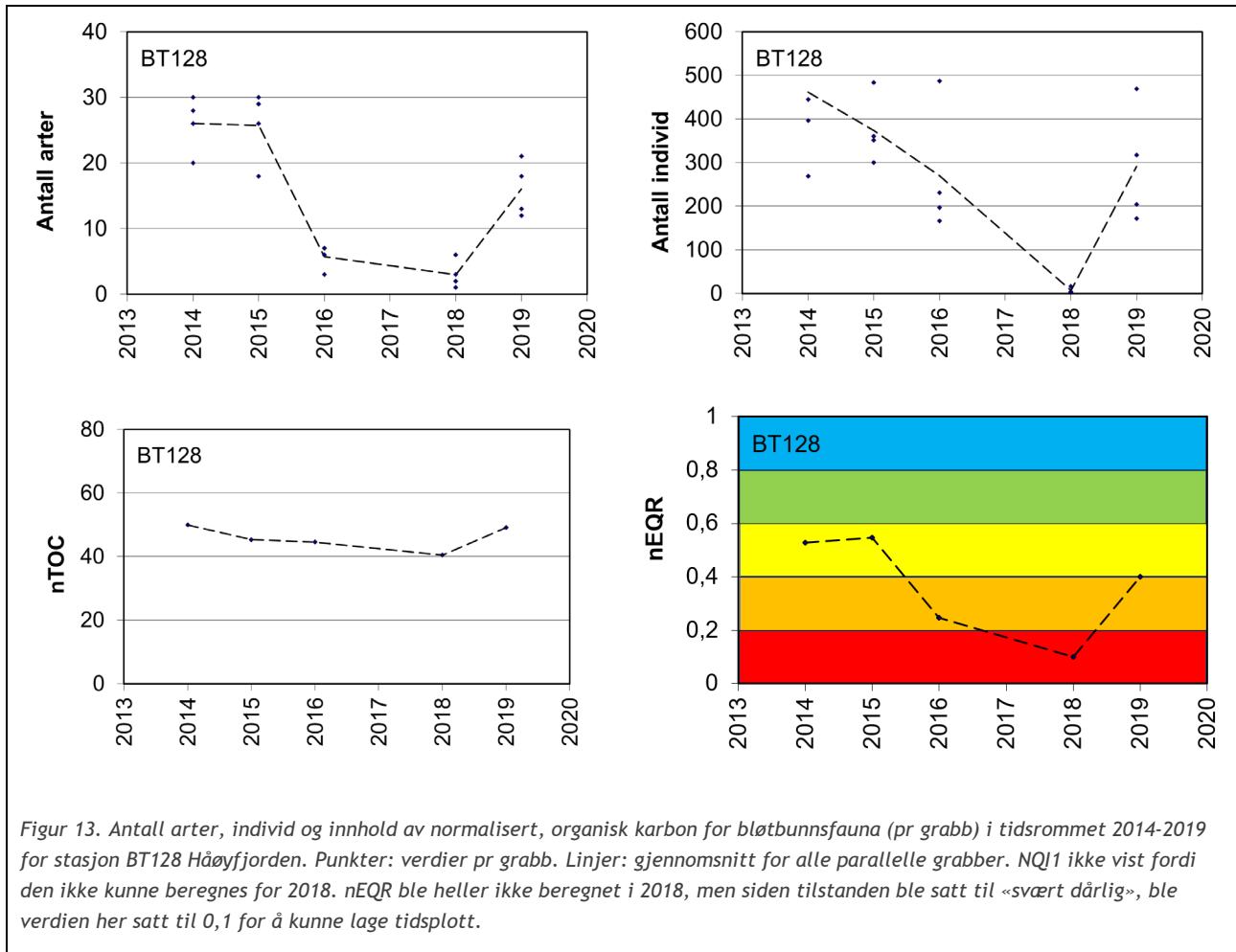
at artsantallet også var svakt lavere samme periode. Årsaken til at tilstanden generelt har vært på et lavt nivå på denne stasjonen, er ikke fullt ut forstått, men også denne stasjonen er plassert i et trålfelt (<https://kart.fiskeridir.no/fiskeri>). Her synes aktiviteten å ha vært på et generelt høyt nivå, i alle fall siden 2011, som er perioden det er data for. Videre synes responsen å være mer typisk for tråling ved at man har hatt en dominans av små, hurtigvoksende og tolerante arter (se ovenfor) i kombinasjon med et lavt individtall. Det er også registrert en økning i andelen dyr som lever på eller nær sedimentoverflaten (Walday m.fl., 2019), som bl.a. er satt i sammenheng med mulig tråling fordi en slik påvirkning kan gjøre at store og mer dyppgravende arter forsvinner (Olsgard m.fl., 2008).



Figur 12. Antall arter, individ, norsk kvalitetsindeks (NQI), nEQR og innhold av normalisert, organisk karbon for bløtbunnsfauna (pr grabb) i tidsrommet 1990-2019 for stasjon BT41 i Ytre Oslofjord. Punkter: verdier pr grabb. Linjer: gjennomsnitt for alle parallelle grabber. Fargen for nEQR angir tilstandsklasse (veileder 02:2018).

Stasjon BT128 Håøyfjorden har også blitt prøvetatt flere år, fra 2014 til 2019, unntatt 2017. Tidstrend er vist i Figur 13. I tolkningen av tidstrenden for denne, er det viktig å være klar over at den i 2018 ble flyttet om lag 500 m for å treffe dypålen. Tidstrenden kan derfor ikke tillegges altfor mye vekt, men er likevel vist. Antall arter ble vesentlig redusert fra 2015 til 2016, og også antall individ gikk ned, selv om variasjonen mellom de enkeltvis grabbene da var stor. Artene som var tilstede i 2016, var typisk forurensningstolerante. I 2018 var det så godt som ingen dyr tilstede, og det var det lave oksygeninnholdet som var årsaken til dette. I 2019 økte både antallet arter og antallet individ igjen. Antallet individ var på linje med 2016, mens antallet arter var på et nivå mellom 2015 og 2016. Innholdet av næring har generelt vært høyt. Det økte noe fra

2018 til 2019, men siden det våren 2018 fant det sted en dypvannsfornyelse, forklarer dette hvorfor dyrelivet nå har tatt seg opp igjen til tross for denne økningen (se kapittel 6.4.1).



5.3 Planteplankton

Planteplankton er encellede frittsvevende mikroskopiske organismer. Veksten til planteplankton er styrt av en rekke faktorer. En av de viktigste faktorene er tilgang på næringssaltene nitrogen og fosfor, samt silikat for gruppen kiselalger. I tillegg vil fysiske forhold som temperatur, lys, sjiktning i vannmassen og annen biologisk aktivitet, primært beiting, kunne påvirke vekst, sammensetning og økning av biomasse. Siden planteplankton responderer relativt hurtig på endringer i vekstforholdene vil økning i næringssaltkonsentrasjon (eutrofiering) kunne føre til en økning i biomasse dersom øvrige faktorer tilsier det. Eutrofiering kan resultere i at enkelte arter danner masseoppblomstringer utenom de vanlige blomstringsperiodene og føre til endret artsmangfold.

I Veileder 02:2018 benyttes parameteren klorofyll a for kvalitetselementet planteplankton, og det er spesifisert at det skal måles klorofyll a på 0, 5 og 10 m dyp gjennom hele vekstsesongen. Her er det valgt å benytte den høyeste målingen av disse tre målepunktene. For stasjon VT68 og VT4 har kun målepunktet i hhv. 5 og 4 m blitt benyttet, siden det ikke er tilgjengelig målinger i 0 og 10 m. Klorofyll a er et indirekte mål for algebiomassen, og mengden klorofyll a i algecellene vil variere med miljøforholdene. I veilederen er det krav om at målefrekvensen for klorofyll a skal være to uker i de første to månedene av vekstsesongen, og det kreves at det skal samles inn data over minst tre vekstsesonger for at vannmassen skal kunne klassifiseres. I ØKOKYST er målefrekvensen i hovedsak hver fjerde uke gjennom hele året. Dette øker faren for at overvåkingsprogrammet ikke fanger opp maksimumsverdien i planktonoppblomstringen. Datasettet innsamlet i ØKOKYST vil likevel bli benyttet til å klassifisere vannforekomsten, men kravet til å samle inn data over minst tre vekstsesonger blir desto viktigere. Om måleprogrammet faktisk fanger opp den maksimale oppblomstringen vil diskuteres for hver enkelt stasjon. Ferrybox måler klorofyll a-fluorescens, som gir et anslag på mengde klorofyll a i algene, med høyere målefrekvens enn i det ordinære ØKOKYST programmet. Disse dataene kan klargjøre om måleprogram med færre innsamlinger fanger opp algeoppblomstringer.

Tabell 11 viser resultatet av klassifisering for planteplankton, hvor den høyeste klorofyll a-verdien mellom 0 og 10 m er benyttet. For stasjon VT68 er det kun data fra 2018 og 2019. Resultatene for denne stasjonen i er derfor skravert.

Stasjon VT10 Breiangen skiller seg ut ved å havne i «moderat» tilstand for planteplankton, og stasjon VT3 får «svært god» tilstand, mens de andre stasjonene havner i klassen «god». Det er viktig å huske at dette ikke er den endelige klassifiseringen siden det ikke enda er tatt hensyn til støtteparameterne. Hvis støtteparameterne er «moderat» så kan den endelig klassifiseringen trekkes ned en klasse.

Tabell 11. Klassifisering av miljøtilstand for biologisk kvalitetselement planteplankton (klorofyll a) og normalisert EQR-verdi basert på data for hele vekstsesongen (sør for Stadt: februar-oktober). Klorofyll a verdiene ($\mu\text{g/l}$) er 90-persentiler beregnet over hele vekstperioden. Skravur betyr at det ikke er tilstrekkelig datagrunnlag for tilstandsklassifisering og dette gjelder stasjon VT68 hvor klassifiseringen kun baserer seg på to års datainnsamling (2018-2019).

Stasjonsnummer og navn	90- persentil hele vekstsesongen			Tilstands-klasser
	År	Chl a ($\mu\text{g/L}$)	nEQR	
VT10 Breiangen	2017-2019	6,2	0,58	I. Svært god
VT2 Bastø	2017-2019	4,0	0,70	II. God
VT65 Missingen	2017-2019	4,4	0,67	III. Moderat
VT3 Torbjørnskjær	2017-2019	3,0	0,86	IV. Dårlig
VT67 Langesundsfjorden	2017-2019	3,2	0,78	V. Svært dårlig
VT66 Håøyfjorden	2017-2019	3,3	0,76	
VT4 Hvitsten	2017-2019	3,3	0,77	
VT68 Jomfrulandsrenna	2018-2019	3,1	0,79	

Utvikling av klorofyll over tid

Tabell 12. viser 90 persentilen i vekstsesongen for alle stasjoner for hvert år det fins data i Vannmiljø. Det er stor variasjon fra år til år. Dette kan henge sammen med hvor godt prøvetakningen for hvert enkelt år har truffet algeoppblomstringene. I Veileder 02:2018 er det derfor påpekt at det skal midles over minst tre år for å kunne klassifisere en vannforekomst.

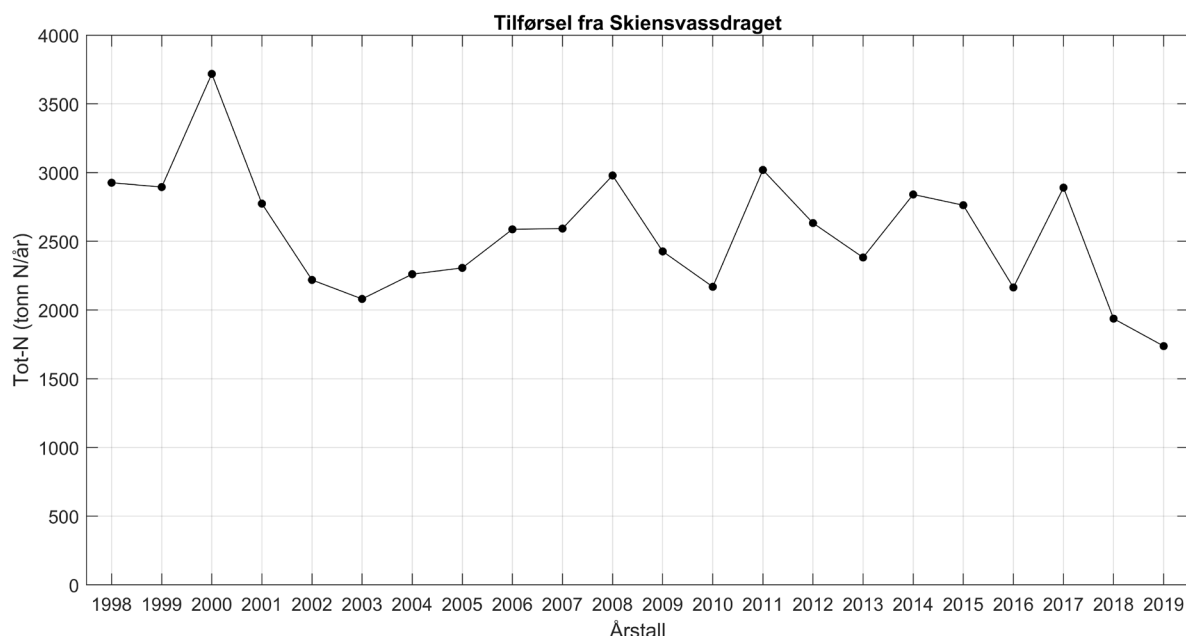
I Grenlandsfjordene var det lave konsentrasjoner av klorofyll a i perioden 2017-2019 i forhold til perioden 2012-2016, se Tabell 12. Forskjellen mellom de to periodene er stor. Mens det i den første perioden var verdier fra 4,8 til 10,7, var verdiene mellom 2,3 til 3,8 i perioden 2017-2019. I Jomfrulandsrenna var det også lave verdier av klorofyll a i 2018 og 2019. Ifølge nettstedet «Norske utslipp»⁴ var tilførsel av nitrogen og fosfor ganske konstant fra landbasert industri og avløpsrensaneanlegg fra Porsgrunn og Skien kommune de siste sju årene. Målinger av nitrogen fra elveovervåkningsprogrammet i Skienselva, viser at det har vært en nedgang i tilførselen fra vassdraget de siste årene (se Figur 14). Det var lav tilførsel av nitrogen i 2016, 2018 og 2019 (rundt 2000 tonn N/år), men relativt høyt i 2017 (rundt 2900 tonn/år). Dette kan kanskje være en del av forklaringen på nedgangen i klorofyll a på stasjon VT66 og VT67.

⁴ norskeutslipp.no

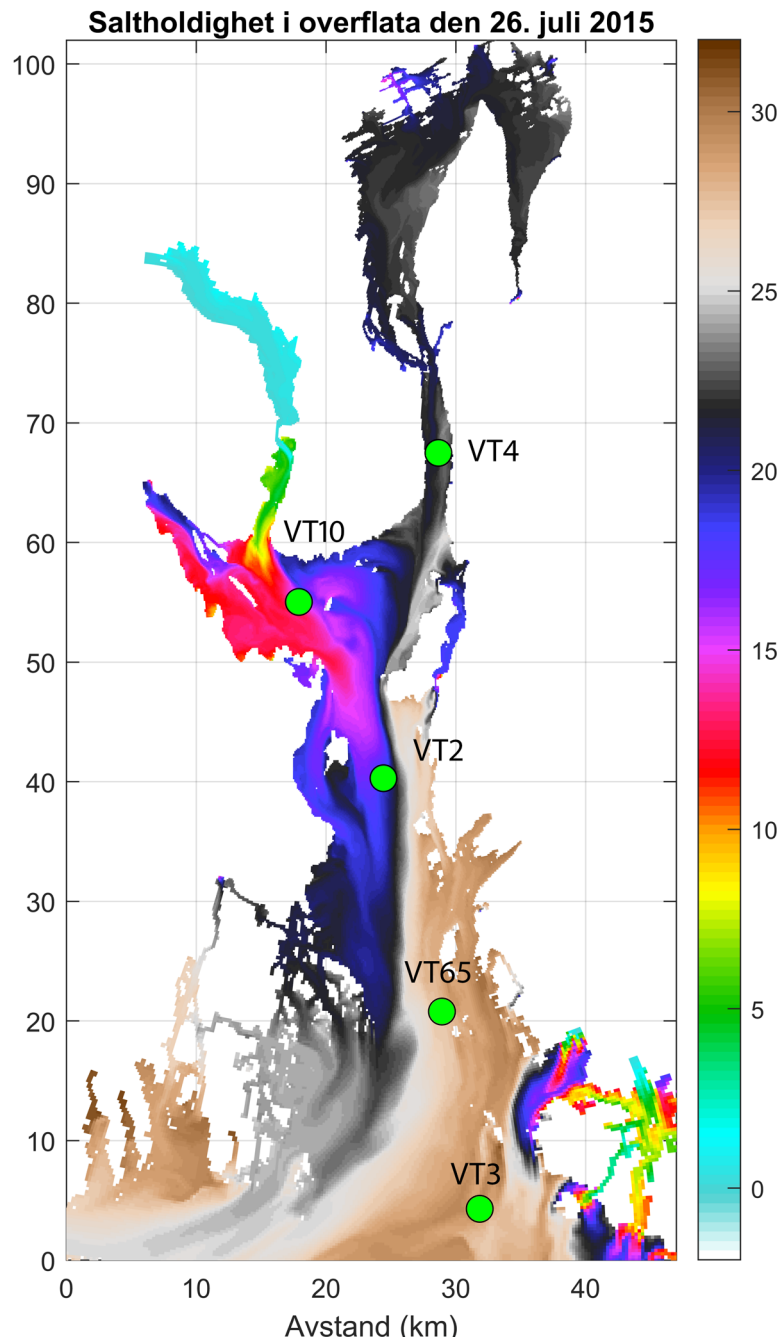
Tabell 12. 90 persentilen for klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) ved hver stasjon. Det er brukt data for et år for hvert tall som er presentert under. Data er fra 4-5 m.

Årstall	VT67 Langesunds- fjorden	VT66 Håøyfjorden	VT68 Jomfrulands- renna	VT10 Breiangen	VT2 Bastø	VT65 Missingen	VT3 Torbjørn- skjær	VT4 Hvitsten
2012	7,0	4,8						
2013	8,5	9,3		4,5			3,5	
2014	6,1	8,3		5,0		4,2	5,0	
2015	5,5			14,4		9,8	5,4	
2016	9,9	10,7		6,4		3,6	4,4	
2017	3,8	3,4		5,2	4,8	3,8	2,8	3,6
2018	2,4	2,9	2,8	7,4	7,8	6,2	6,8	3,7
2019	2,3	2,6	3,1	5,3	3,0	4,4	2,5	2,7

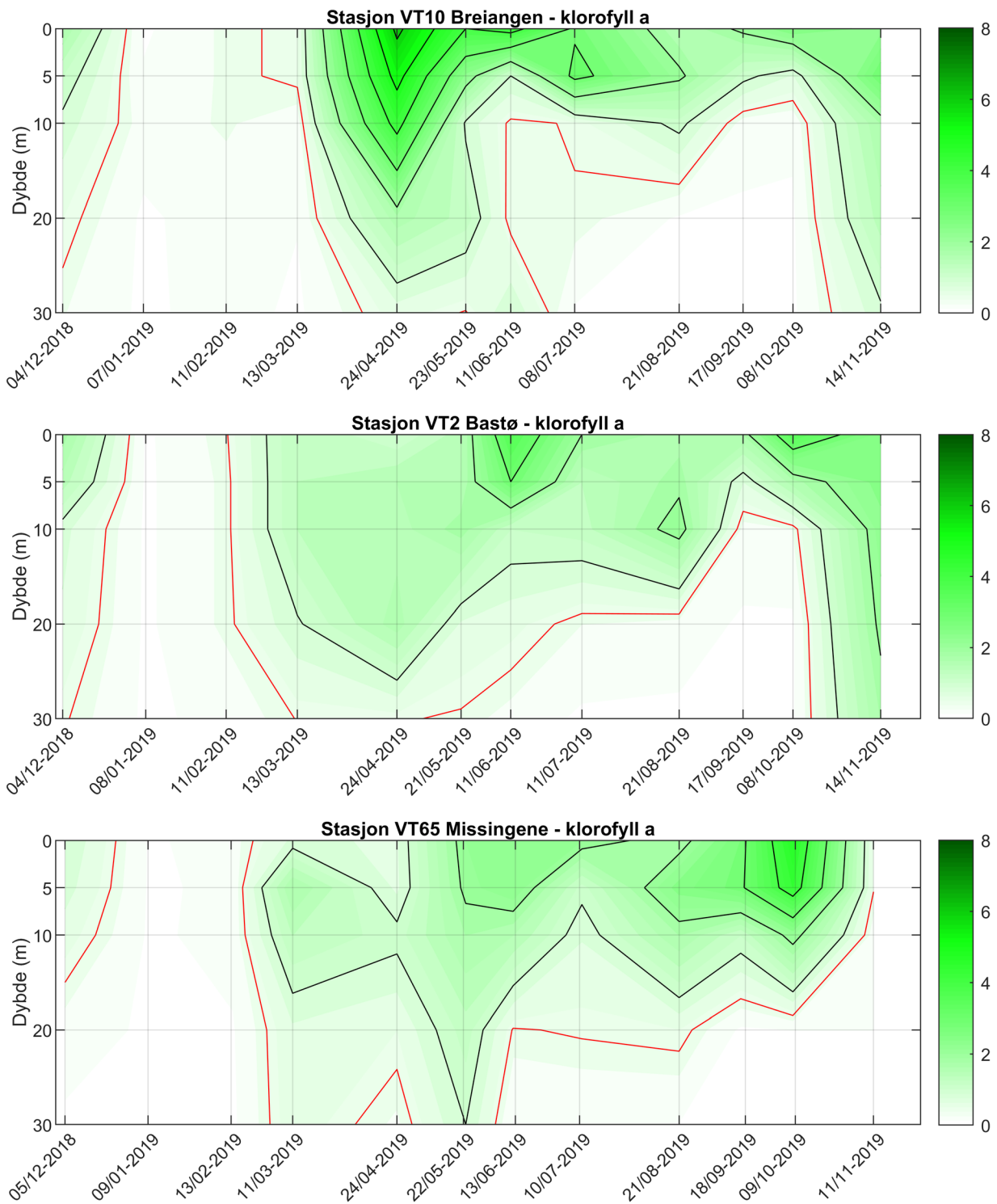
I Oslofjorden fra Breiangen til Torbjørn-skjær var det i 2019 lavere klorofyll a verdier enn i 2018. Merk at det på stasjon VT10 Breiangen er registrert en svært høy verdi i 2015 (21,8 $\mu\text{g/L}$ den 26. september) som påvirker 90 persentil verdien for det året. I denne perioden var det en kraftig diatome-oppløsting etter en nedbørperiode og som også ble observert i Ferrybox målinger fra både indre og Ytre Oslofjord programmene. Det var også registrert høye klorofyll a verdier på Missingen det året. Breiangen har med få unntak de høyeste klorofyll a verdiene i sentrale deler av Oslofjorden. Dette kan forklares med at VT10 ofte er den stasjonen som er mest påvirket av avrenning fra land siden den ligger rett utenfor Drammensfjorden. I Figur 15 vises en situasjon hvor det er stor avrenning fra Drammenselva, og stasjon VT10 har lavest saltholdighet, som viser at denne stasjonen i dette tilfellet er mest påvirket av elveavrenning. Konturplott av klorofyll a målingene for de seks stasjonene VT10, VT2, VT65, VT3, VT66 og VT67 er vist i Figur 16 og Figur 17.



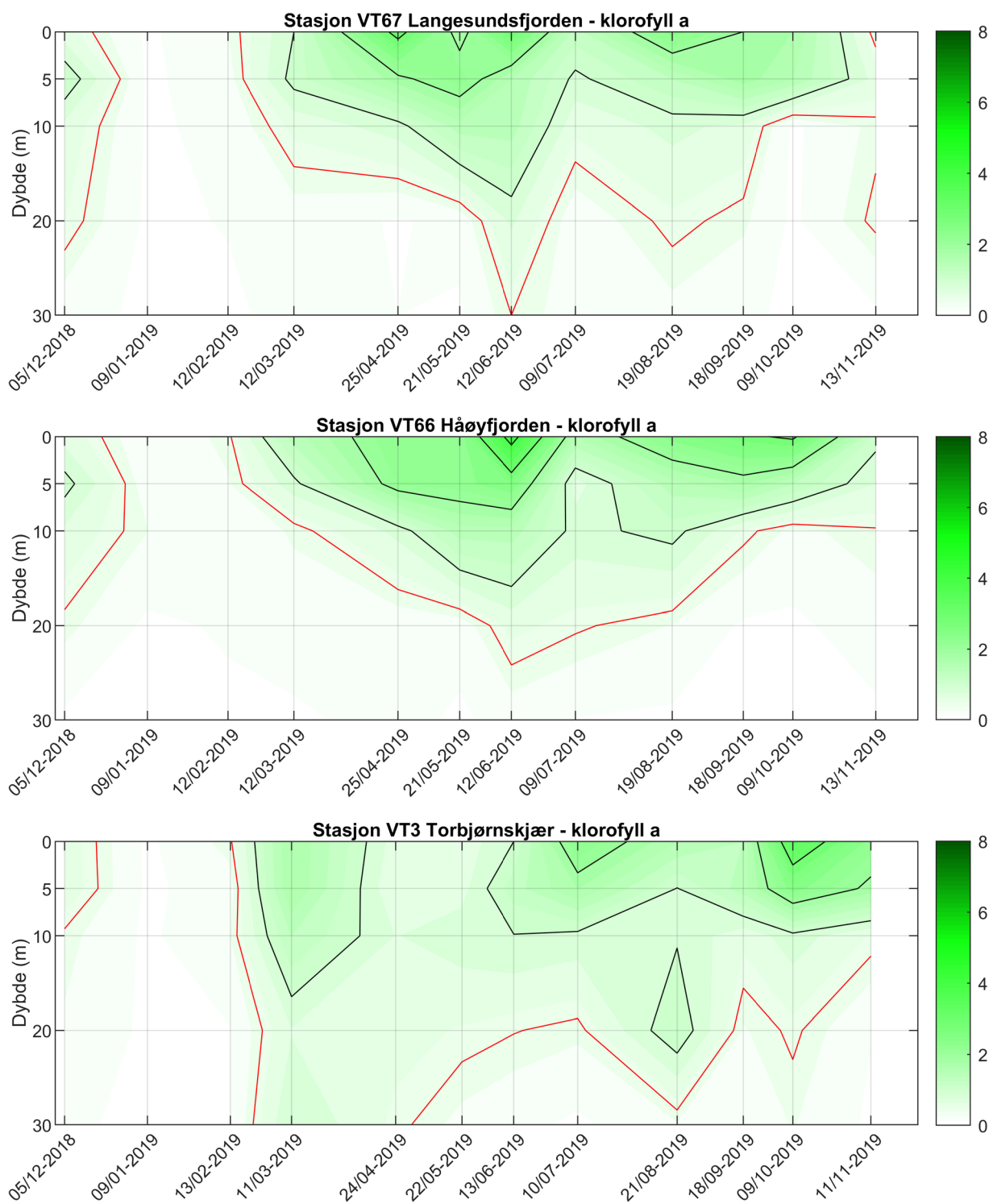
Figur 14. Beregnet tilførsel av nitrogen for Skiensvassdraget basert på vannprøver fra målestasjonen i Elveovervåkningsprogrammet, som ligger over fossen i Skien.



Figur 15. Overflatesaltholdigheten i Oslofjorden i juli 2015. Data er hentet fra havmodellen FjordOs (www.fjordos.no). De grønne prikkene viser hvor vannmassestasjonene i Oslofjorden ligger.



Figur 16. Konturplott av klorofyll a for stasjon VT10, VT2 og VT65. Den røde konturlinjen angir 0,5 $\mu\text{g/L}$. Avstanden mellom de svarte konturlinjene er 1 $\mu\text{g/L}$ som starter på 1 $\mu\text{g/L}$.



Figur 17. Konturplott av klorofyll a for stasjon VT67, VT66 og VT3. Den røde konturlinjen angir $0,5 \mu\text{g/L}$. Avstanden mellom de svarte konturlinjene er $1 \mu\text{g/L}$ som starter på $1 \mu\text{g/L}$.

5.3.1 Artssammensetning og biomasse av planteplankton

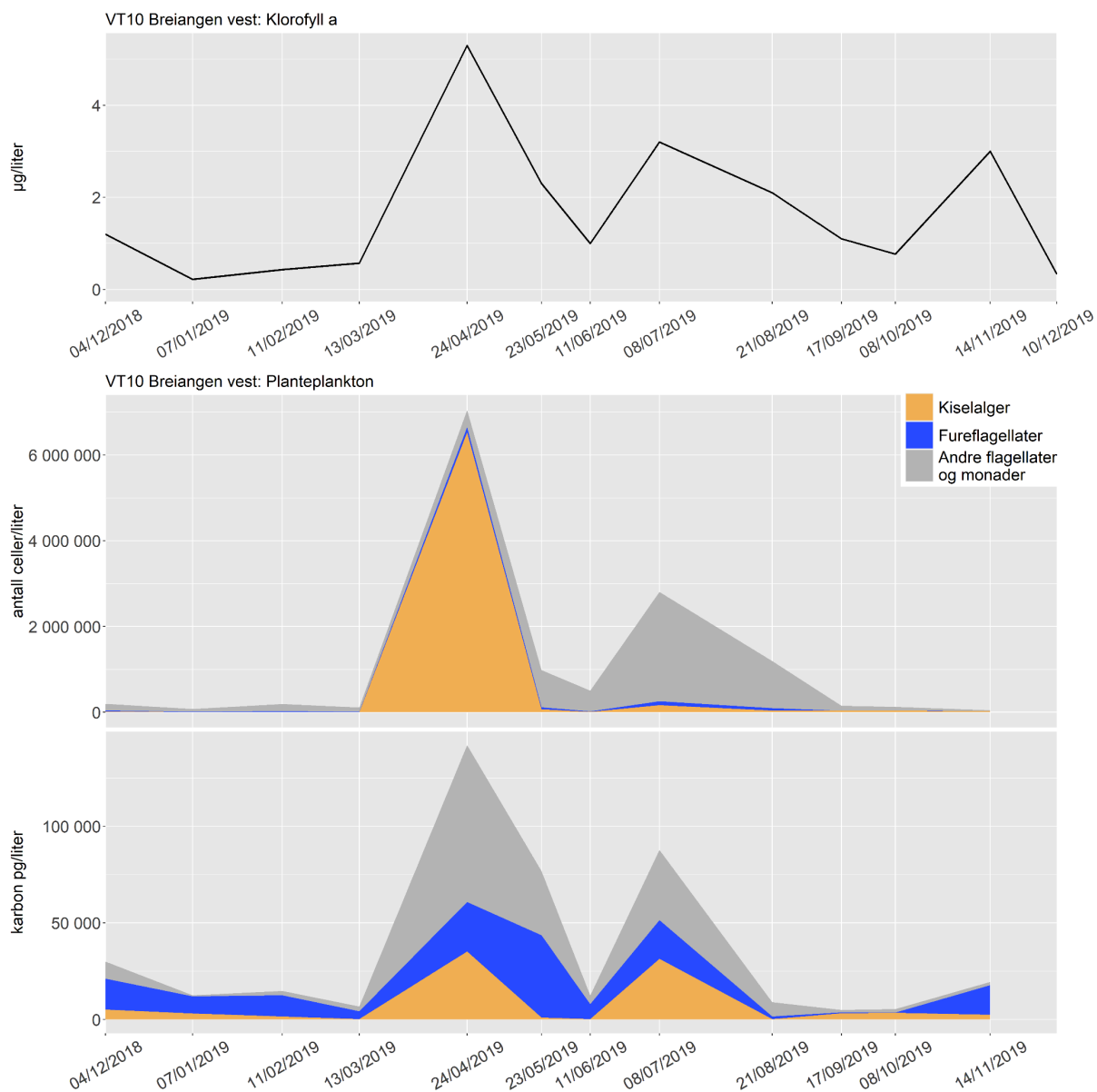
Om vinteren er det lite lys, ingen eller liten lagdeling og vanligvis lite planktonalger og lave klorofyll a verdier. I desember 2018 ble det målt forhøyede klorofyll a verdier på de fleste stasjonene i Skagerrak og på flere av dem var det like mye klorofyll a i desember som i enkelte av sommermånedene. Spesielt var det høyt i Breiangen og ved Bastø, hvor verdiene i desember 2018 var rundt seks ganger høyere enn året før. Det er mulig at denne delen av fjorden ble tilført relativt varmt og næringsrikt vann i forbindelse med dypvannsfornyelse i Indre Oslofjord. Temperaturen i overflatevannet var rundt 4-6 °C.

Det var et blandet samfunn av kiselalger, fureflagellater og andre flagellater og monader. I Oslofjorden og Skagerrak finner våroppblomstringen som regel sted mellom slutten av februar og mai. I 2019 var klorofyll a fluorescensverdiene høyest i perioden midten av april til slutten av juli og verdiene i Ytre Oslofjord økte i en gradient innover i fjorden. Det ble ikke registrert noen markant våroppblomstring i Ytre Oslofjord i 2019, bortsett fra på VT10 Breiangen vest der det var en klorofyll a topp (5 µg/L) i april samtidig med en kiselalge oppblomstring.

Gjennom året var det kiselalgene og gruppene andre flagellater og monader som var mest tallrike i Skagerrak. Mange av cellene i den sistnevnte gruppen kunne ikke identifiseres, de fleste av dem var små og bidrar som oftest lite i biomasse. Fureflagellatene var til stede hele året og selv om de ikke alltid var så tallrike kunne de i perioder bidra med mye biomasse (for detaljer se tekst og figurer under hver stasjon).

VT10 Breiangen vest

Det var en artsrik algeforekomst i desember 2018, mens det var litt færre alger og lavere klorofyll a verdier i årets første måneder. I april ble det målt høye klorofyll a fluorescens og klorofyll a verdier, samtidig med en stor forekomst av kiselalger dominert av *Chaetoceros socialis* og *Skeletonema* spp. I mai og juni var det færre alger mens det i juli var en økning i klorofyll a og klorofyll a fluorescens. Da var det også mange små representanter fra gruppen andre flagellater og monader som svelgflagellater og ubestemte monader. Kiselalgene utgjorde brorparten av karbon-biomassen og det var mye av *Cerataulina pelagica* og *Pseudo-nitzschia delicatissima*-gruppen og en del av fureflagellaten *Tripes muelleri*. Det ble registrert lite alger i høstmånedene, men i november var det en økning i klorofyll a samtidig med en forekomst av *Tripes*-arter (Figur 16, Figur 18 og Figur 24).

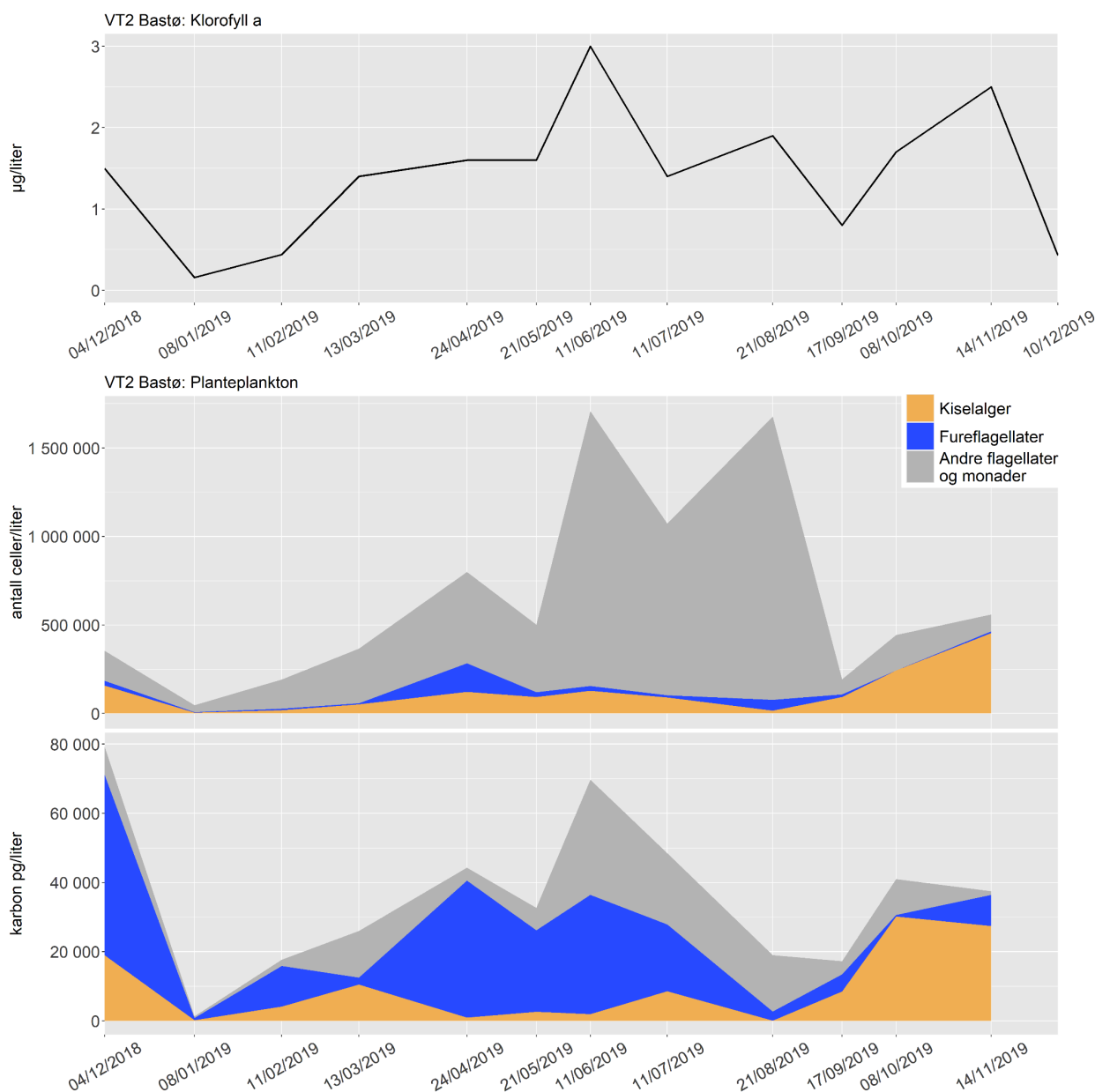


Figur 18. VT10 Breiangeren vest, 5 m dyp. Utvikling av klorofyll a over tid (øverst), antall celler (i midten) og beregnet mengde karbon (nederst). Planktonet er inndelt i tre hovedgrupper; kiselalger (oransje), fureflagellater (blå) og andre flagellater og monader (grå).

VT2 Bastø

Det var en blandet algeforekomst i desember 2018 med et innslag av de store fureflagellatene i *Tripos*-slekten som bidro med mye biomasse. Av kiselalger var det *Pseudo-nitzschia delicatissima*-gruppen som var vanlig sammen med kalk og svepeflagellater i gruppen andre flagellater og monader. Det var lite alger i januar, men i februar var det en liten økning i klorofyll a samtidig med en økning i antall små alger i gruppen andre flagellater og monader, men det var fureflagellatene og kiselalgene som dominerte biomassen. I mars var det en forekomst av kiselalgen *Guirnodia delicatula* og det var fremdeles mye av andre flagellater og monader som gullalgen *Ochromonas*, øyealgen *Eutreptiella* og olivengrønnalgen *Pyramimonas*. I april øker forekomsten av fureflagellater og *Tripos*-artene og særlig *T. muelleri* er viktig. I juni, juli og august dominerer gruppen andre flagellater og monader i antall og det er mye av små ubestemte monader, kalkflagellater og svelgflagellater. I juli er det fremdeles mye av *Tripos*-artene og da spesielt *T. macroceros*. Kiselalgene dominerte i prøvene fra september til november da det var en del *Pseudo-nitzschia* og

Chaetoceros-arter. Det ble målt relativt høye klorofyll a verdier i november og det sammenfalt med årets største forekomst av kiselalger. Samtidig var det en forekomst av fureflagellatene cf. *Karenia mikimotoi* og *Tripos*-arter (Figur 19). De høyeste klorofyll a fluorescensverdiene registreres i juni og juli (Figur 16, Figur 19 og Figur 24).

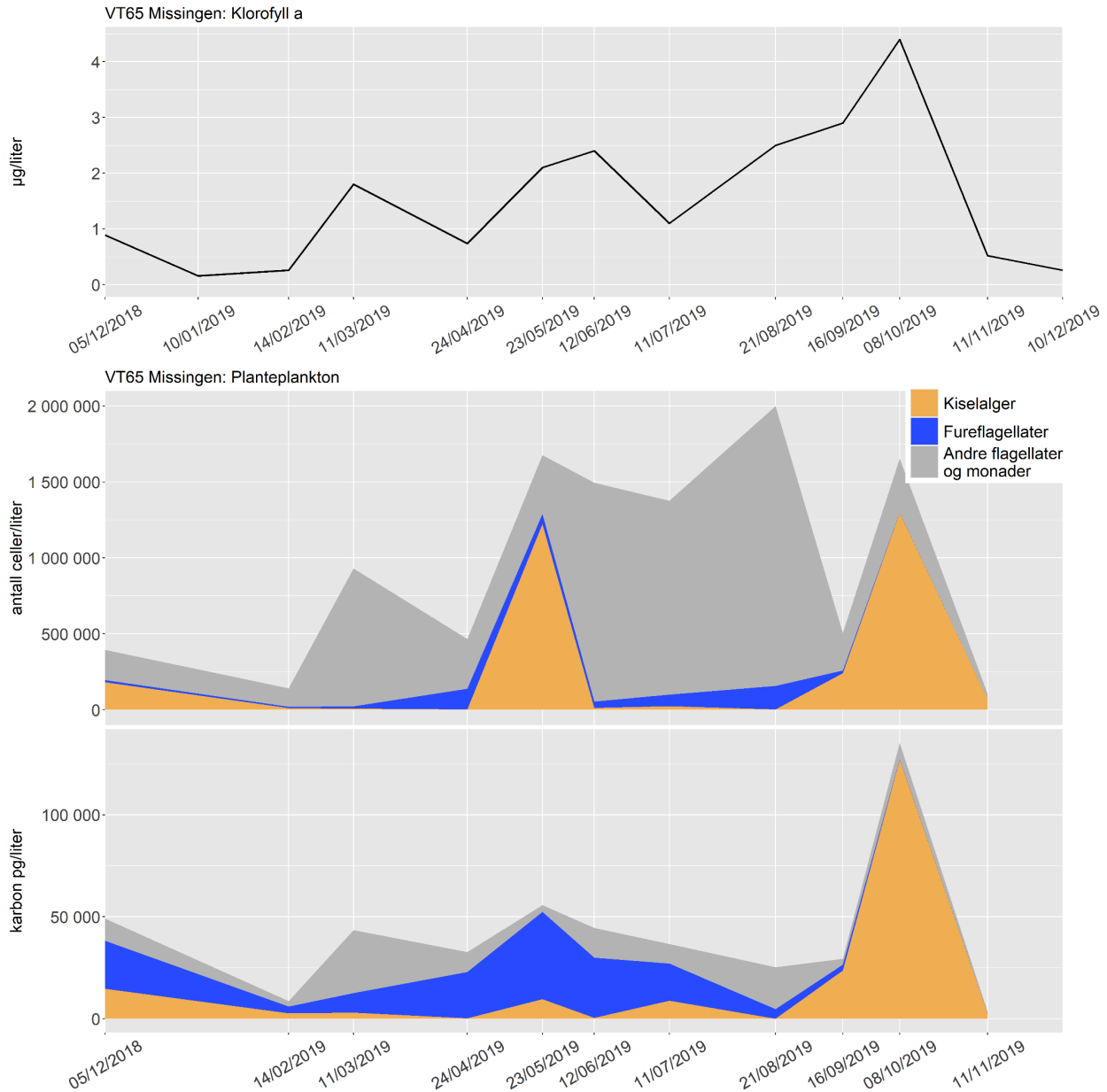


Figur 19. VT2 Bastø, 5 m dyp. Utvikling av klorofyll a over tid (øverst), antall celler (i midten) og beregnet mengde karbon (nederst). Planktonet er inndelt i tre hovedgrupper; kiselalger (oransje), fureflagellater (blå) og andre flagellater og monader (grå).

VT65 Missingen

Det var en blandet algeforekomst i desember 2018, med mye av kiselalgene i *Pseudo-nitzschia delicatissima*-gruppen og kalk og svepeflagellater i gruppen flagellater og monader. Av fureflagellatene var det en del av de store *Tripos*-artene. Det var lite alger i begynnelsen av året, men i mars økte klorofyll a verdiene noe og det var gruppen andre flagellater og monader som dominerte. Olivengrønnalgen *Pyramimonas* var vanlig sammen med ubestemte monader og en del atekate fureflagellater. Kiselalgene *Guirnodia delicatula* og

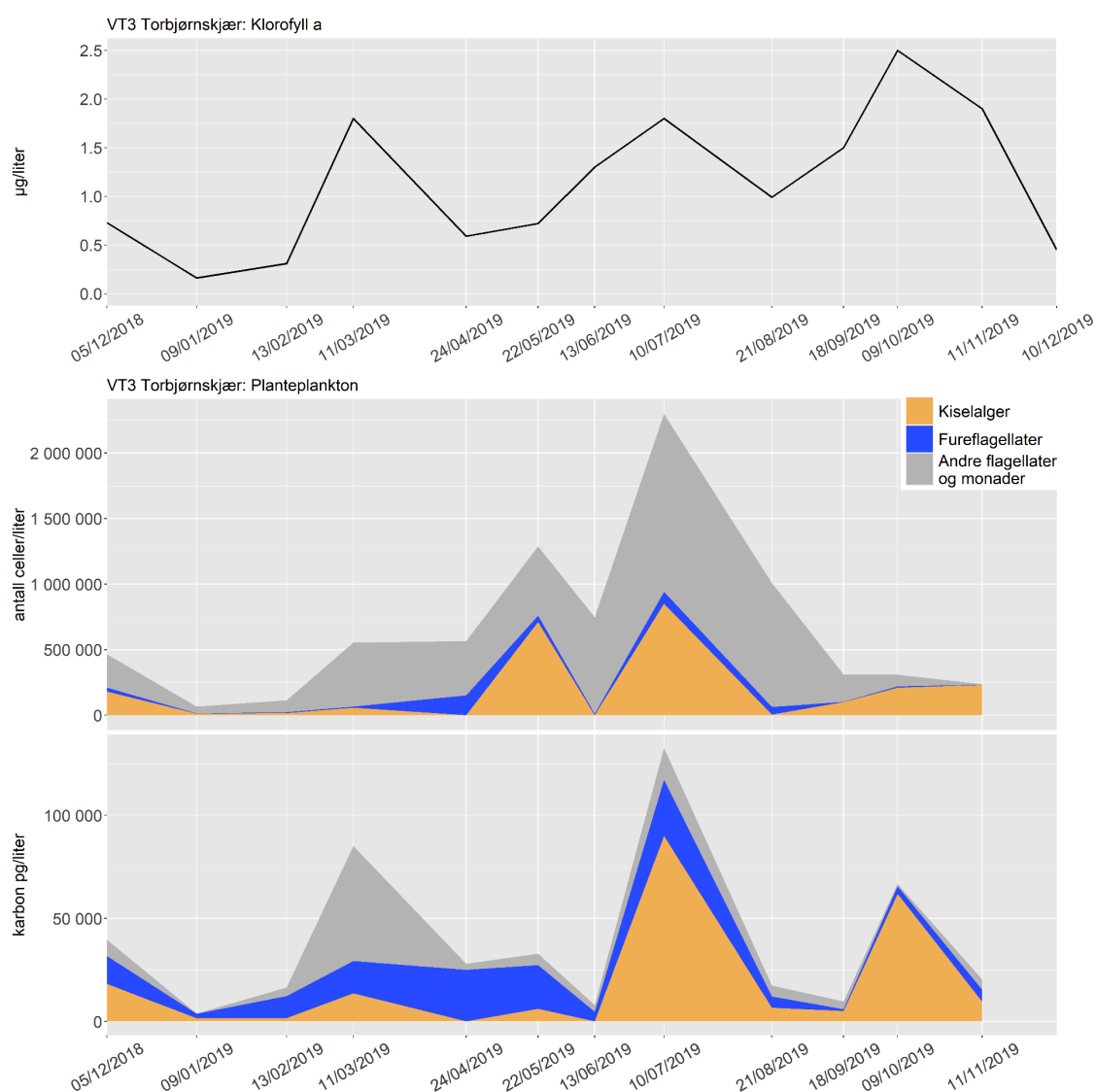
Skeletonema spp. var også til stede. I mai økte kiselalgene i antall dominert av små *Chaetoceros socialis* og *Skeletonema* spp. Samtidig var det forekomst av fureflagellater hvor de store *Tripes*-artene bidro med mye biomasse, trass i lave celletall, sammenlignet med de mindre kiselalgene. I juni, juli og august var det høye celletall i gruppen andre flagellater og monader bestående av et blandet samfunn av svelgflagellater, kalkflagellater og olivengrønnalger. Årets høyeste klorofyll a verdi ble registrert i august og var dominert av et blandet kiselalgesamfunn med *Chaetoceros curvisetus*, *C. subtilis*, *Skeletonema* spp. og *Pseudo-nitzschia delicatissima*-gruppen (Figur 16, Figur 20 og Figur 24).



Figur 20. VT65 Missingen 5 m dyp. Utvikling av klorofyll a over tid (øverst), antall celler (i midten) og beregnet mengde karbon (nederst). Planktonet er inndelt i tre hovedgrupper; kiselalger (oransje), fureflagellater (blå) og andre flagellater og monader (grå). Dårlig vær forhindret innsamling i januar 2019.

VT3 Torbjørnskjær

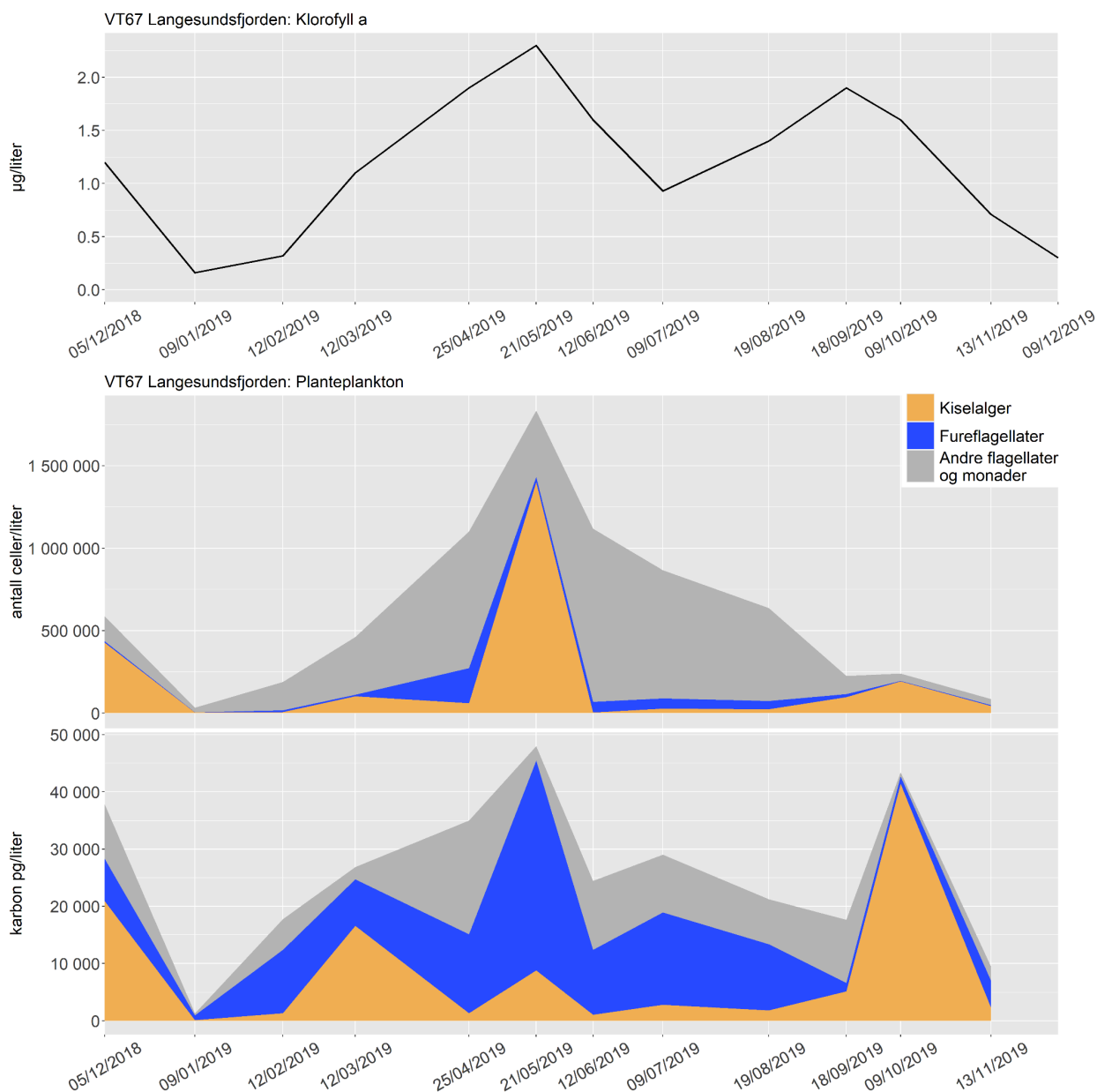
I desember 2018 var det en beskjeden forekomst av alger med innslag av kiselalger i *Pseudo-nitzschia delicatissima*-gruppen, fureflagellater som *Tripos*-artene, og andre flagellater og monader som svelgflagellater og kalk og svepeflagellater. Det var lite alger i januar og februar. I mars dominerte gruppen andre flagellater og monader og det var et artsrikt samfunn av øyealger, svelgflagellater, kalkflagellater og olivengrønnaalger sammen med en del ubestemte monader. Samtidig var det en forekomst av kiselalger som *Guinardia delicatula*, *Chaetoceros*-arter og *Thalassionema nitzschoides* samt noe fureflagellater. Små representanter fra gruppen andre flagellater og monader var tallrike fram til slutten av august, men bidro ikke så mye til karbon-biomassen. I mai var det en forekomst av små kiselalger som *Chaetoceros socialis* og *Skeletonema* spp. De høyeste klorofyll a fluorescens verdiene ble målt i juli (Figur 24) samtidig med en stor forekomst av et blandet kiselalgesamfunn med mye *Cerataulina pelagica* og alger fra *Pseudo-Nitzschia delicatissima*-gruppen. Årets høyeste klorofyll a verdi ble registrert i oktober (Figur 21) med et blandet samfunn kiselalger, mange av dem store slik som *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* og *Cerataulina pelagica* som bidro til høy biomasse (Figur 17, Figur 21 og Figur 24).



Figur 21. VT3 Torbjørnskjær, 5 m dyp. Utvikling av klorofyll a over tid (øverst), antall celler (i midten) og beregnet mengde karbon (nederst). Planktonet er inndelt i tre hovedgrupper; kiselalger (oransje), fureflagellater (blå) og andre flagellater og monader (grå).

VT67 Langesundsfjorden

I desember 2108 var det var en algeforekomst med en del kiselalger som *Pseudo-nitzschia delicatissima*-gruppen og andre flagellater og monader som kalk og svepeflagellater. Det var lite alger januar. I februar økte klorofyll a verdiene noe og det var en forekomst av ubestemte tekate fureflagellater og *Tripos lineatum* sammen med små svelgflagellater og svepeflagellater i gruppen andre flagellater og monader. Mengden alger øker i mars, april og mai. I mars er det en del kiselalger dominert av *Guinardia delicatula*, i gruppen andre flagellater og monader ble ubestemte monader og olivengrønnalgen *Pyramimonas* registrert samtidig med en del ubestemte fureflagellater og litt *Tripos*-arter. Gruppen andre flagellater og monader utgjør brorparten av planteplanktonet i april og det er mye ubestemte monader og en del svelgflagellater. I mai var det en forekomst av *Chaetoceros socialis* og *Skeletonema* sammen med et blandet fureflagellatsamfunn med innslag av *Tripos*-arter som bidro med mye biomasse. Det var høye celletall i gruppen andre flagellater og monader i juni, juli og august med en forekomst av svelgflagellater. I juni og juli var det et innslag av øyealgen *Eutreptiella*, kalkflagellater og olivengrønnalgen *Pyramimonas*, i august av pedinelliden *Pseudopedinella*. Fureflagellatene og da særlig de store *Tripos*-artene bidro med mye karbon-biomasse også i juni til august. I september var det mest av andre flagellater og monader samt *Chaetoceros*-arter. Kiselalgene økte igjen i november og *Chaetoceros affinis*, *C. debilis*, *Dactyliosolen fragilissimus* og *Pseudo-nitzschia delicatissima*-gruppen var vanlig (Figur 17 og Figur 22).

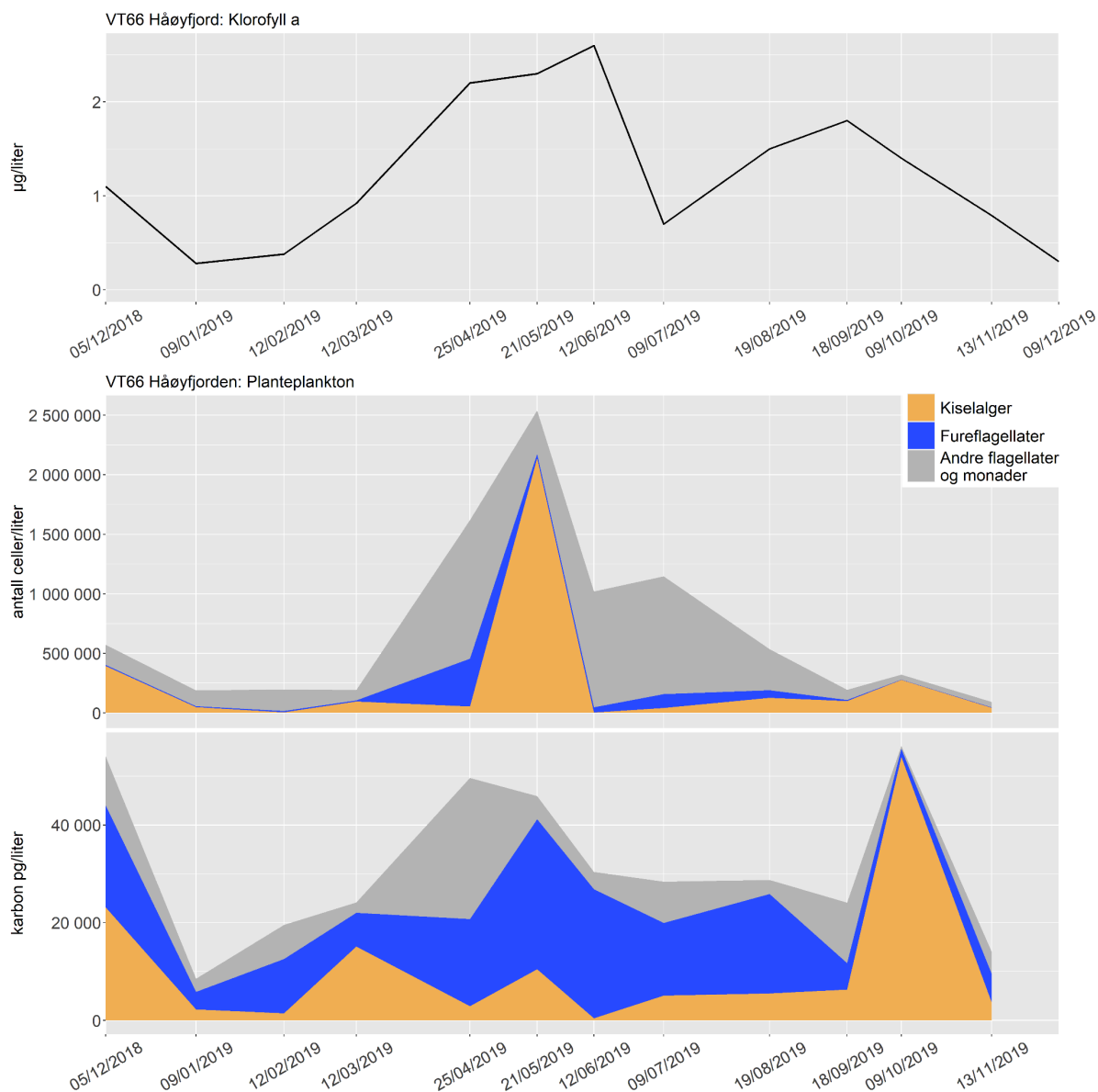


Figur 22. VT67 Langesundsfjorden, 5 m dyp. Utvikling av klorofyll a over tid (øverst), antall celler (i midten) og beregnet mengde karbon (nederst). Planktonet er inndelt i tre hovedgrupper; kiselalger (oransje), fureflagellater (blå) og andre flagellater og monader (grå).

VT66 Håøyfjorden

I desember 2018 var det en artsrik forekomst av kiselalger, flest *Skeletonema* spp., samtidig med et innslag av kalk og svepeflagellater i gruppen andre flagellater og monader og fureflagellater. Det var litt alger i januar og februar. I januar ble det registrert øyealger, svepeflagellater og ubestemte flagellater i gruppen andre flagellater og monader og i februar var det en del svelgflagellater, kalk og svepeflagellater og ubestemte flagellater. Både i januar og februar var det litt ubestemte fureflagellater og noe *Tripos*-arter. I mars var det en beskjeden økning i klorofyll a sammen med en forekomst av kiselalgen *Guinardia delicatula*. Andre flagellater og monader dominerer planteplanktonet i april og det er mest av ubestemte flagellater og monader med innslag av pedinellider, svelgflagellater og gullalgen *Dinobryon*. Det er også en del ubestemte fureflagellater og *Tripos*-arter samt noe kiselalger som *Chaetoceros wigami* og *Skeletonema*. I mai er det høye celletall av kiselalgene *Skeletonema*, *Chaetoceros socialis* og *C. lacinosus* samt *Pseudo-nitzschia*

delicatissima-gruppen. Samtidig var det et blandet og rikt fureflagellatsamfunn med mye *Protoperidinium*-arter og innslag av *Prorocentrum cordatum*, *Scrippsiella trochoidea* og *Heterocapsa triquetra* samt en del *Tripos*-arter. Utover sommeren er det høye celletall av gruppen andre flagellater og monader mens fureflagellatene og da særlig *Tripos*-arten står for mye av karbonbiomassen. I september, oktober og november er det lite fureflagellater og i november er det en forekomst av store kiselalger som *Gyrosigma*, *Dactyliosolen fragilissimus* og *Leptocylindrus danicus* (Figur 17, Figur 23).

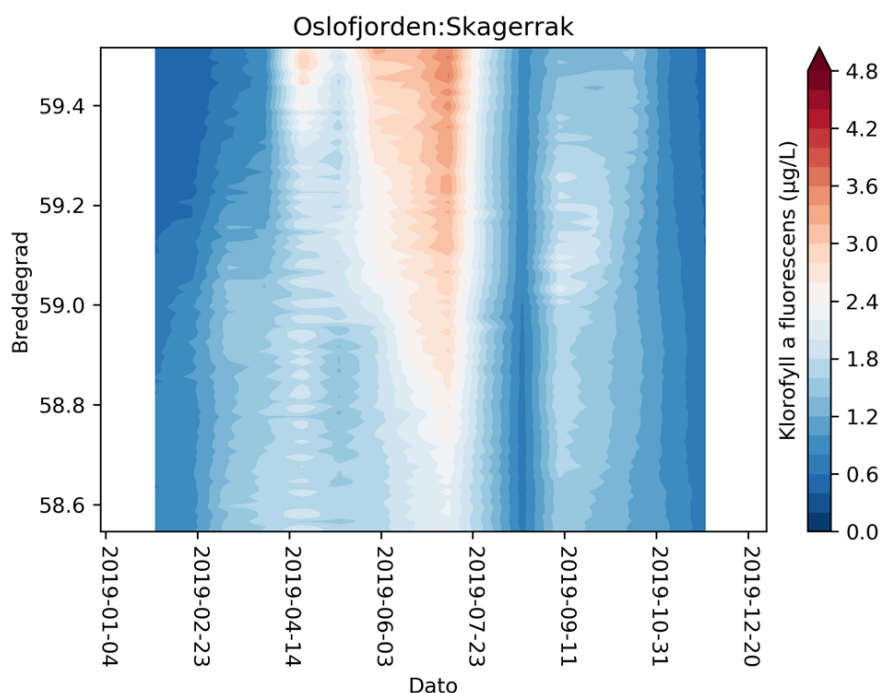


Figur 23. VT66 Håøyfjorden, 5 m dyp. Utvikling av klorofyll a over tid (øverst), antall celler (i midten) og beregnet mengde karbon (nederst). Planktonet er inndelt i tre hovedgrupper; kiselalger (oransje), fureflagellater (blå) og andre flagellater og monader (grå).

5.3.2 Ferrybox

Klorofyll a fluorescens måles kontinuerlig med Ferrybox systemet om bord på MS Color Fantasy som går annenhver dag mellom Kiel og Oslo. Mange av økokyststasjonene i Skagerrak-programmet ligger i nærheten

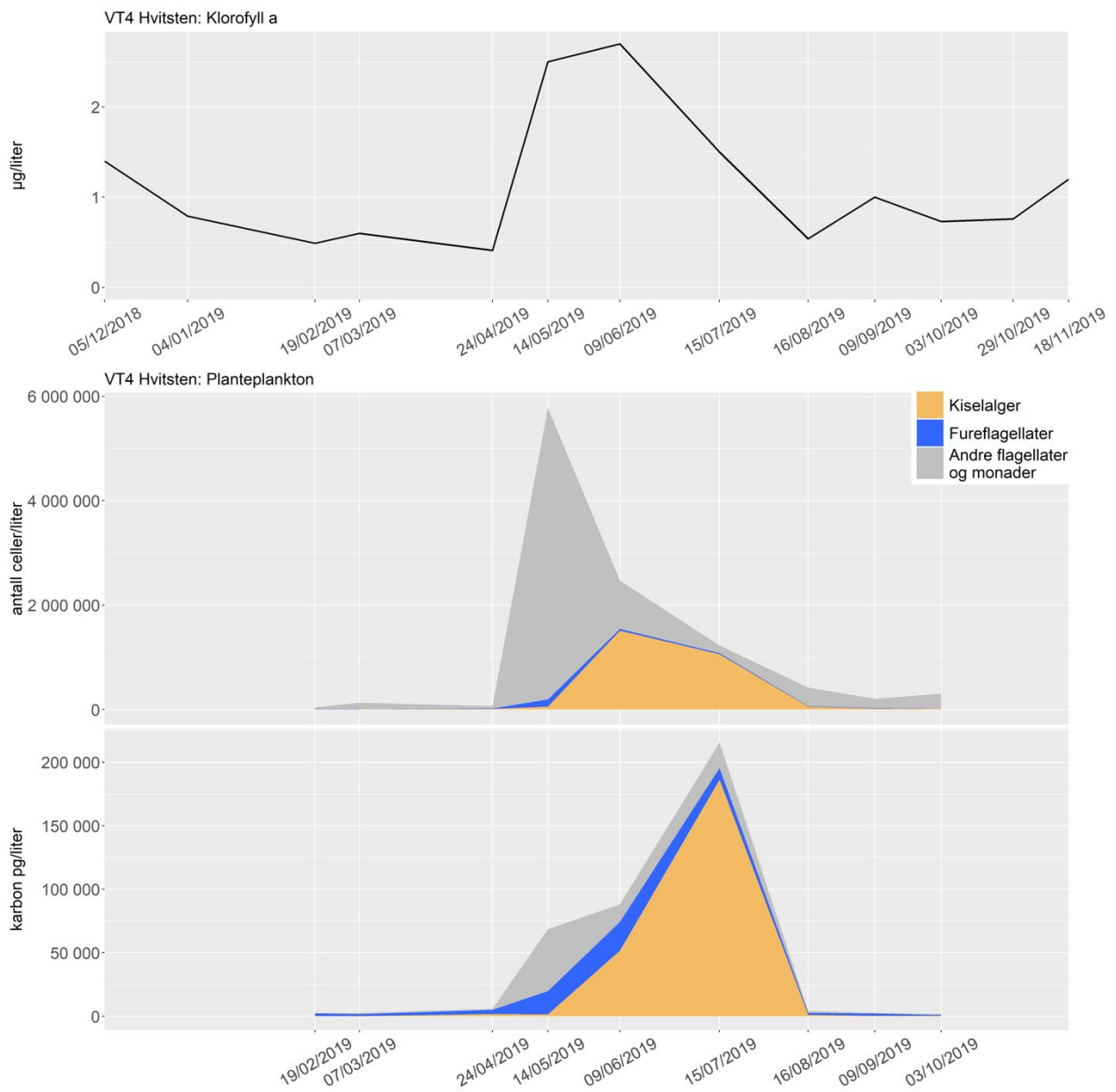
av ruta. Det gjelder Breiangen vest VT10, Bastø VT2, Missingen VT65 og VT2 Torbjørnskjær (Figur 24). Målingene er derimot lite relevante for stasjonen Langesundsfjorden VT67 og Håøyfjord VT66.



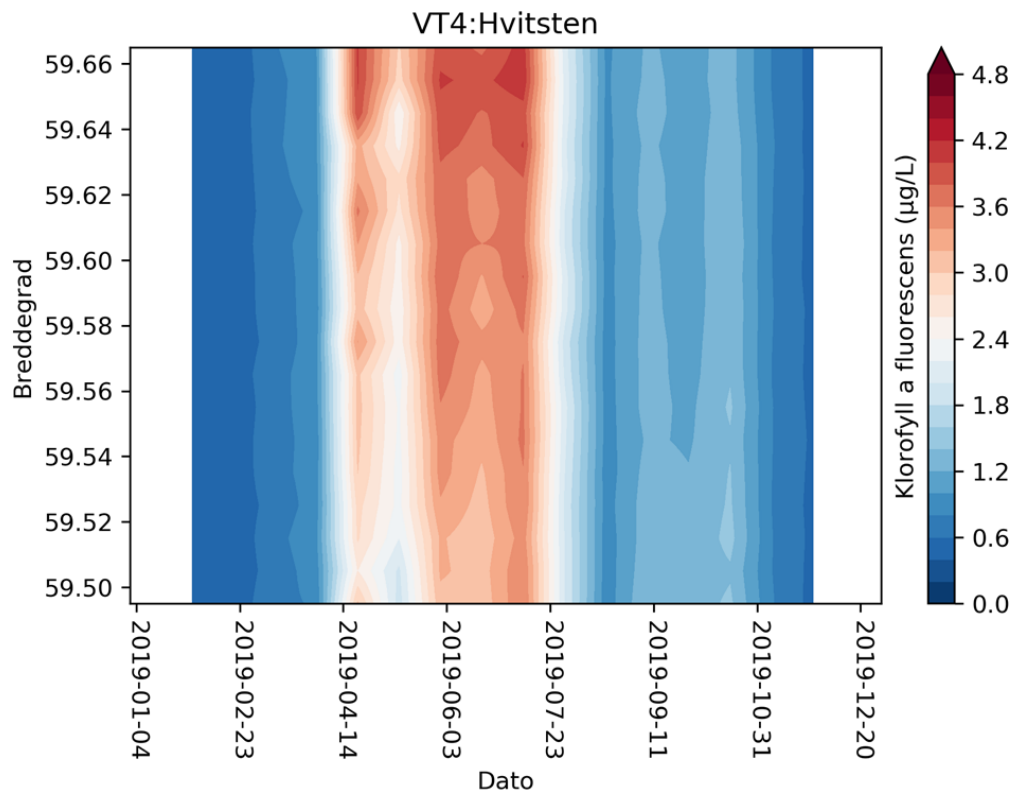
Figur 24. Klorofyll a fluorescens fra Ferrybox fra M/S Color Fantasy. Stasjonene VT10 Breiangen Vest (59,4867°N); (VT2 Bastø 59,3593°N); VT65 Missingen (59,1866°N); VT3 Torbjørnskjær (59,0407°N) er dekt av figuren.

VT4 Hvitsten

Det ble det registrert lave klorofyll a verdier og få alger (Figur 25) i prøver fra februar, mars og april. En økning i klorofyll a fluorescens i midten og siste halvdel av april ble kun fanget opp av Ferrybox, men ikke av det tradisjonelle ØKOKYST prøvetagningsprogrammet (Figur 26). I mai var det en oppblomstring av svepeflagellaten *Phaeocystis* spp. (andre flagellater og monader), dette er små celler som ikke bidrar så mye i karbon-biomasse til tross for høye celledetall. I juni og juli var det høye klorofyll a fluorescens verdier og årets høyeste klorofyll a verdi ble målt i juni da det var mye kiselalger som *Skeletonema* spp., *Chaetoceros*-arter og *Pseudo-nitzschia* spp. Det var fremdeles mye kiselalger i juli og i tillegg til små ubestemte kiselalger var det en del av de større kiselalgene *Cerataulina pelagica* og *Leptocylindrus danicus* som bidro til høy karbonverdi. Fra slutten av juni og ut året sank klorofyll a fluorescens og klorofyll a verdiene og det var lite alger (Figur 25 og Figur 26).



Figur 25. VT4 Hvitsten, 5 m dyp. Utvikling av klorofyll a over tid (øverst), antall celler (i midten) og beregnet mengde karbon (nederst). Planktonet er inndelt i tre hovedgrupper; kiselalger (oransje), fureflagellater (blå) og andre flagellater og monader (grå).



Figur 26. Klorofyll a fluorescens målt med FerryBox fra M/S Color Fantasy ved stasjon VT4 Hvitsten (59,58°N).

6. Støtteparametere

Kjemiske og fysiske parametere er i vanddirektivet støtteparametere som benyttes til å forklare eventuelle endringer i de biologiske overvåkningselementene, men også til å si noe konkret om mengden næringsalter og oksygenforhold i vannmassene. Kjemiske data innenfor tidsavgrensede perioder, det vil si vinter- og sommer perioden, kan si noe om eutrofitilstanden i et område. Oksygenkonsentrasjon i bunnvannet er også en støtteparameter. Den kan gi informasjon om organisk belastning og oksygenforbruk, men må tolkes sammen med topografisk informasjon, der grunne terskler og vannets oppholdstid vil ha stor betydning. Mengden TOC i sedimentene vil også ha betydning for oksygenforholdene, spesielt i lukkede basseng. Siktdyp er en parameter som gir informasjon om vannets klarhet, som påvirkes av en rekke faktorer slik som mengde planteplankton, oppløst organisk karbon (DOC), partikulære forhold i vannet og partikkelavrenning fra land. Redusert klarhet i vannet kan få betydning for organismer som er avhengig av lys for å vokse, som planteplankton og makroalger.

For stasjonene VT10, VT3 og VT67 gir støtteparameterne samlet tilstandsklasse «moderat» (Tabell 13) og det er oksygen som er den utslagsgivende parameteren. Stasjonene VT2, VT65 og VT68 får tilstandsklasse «god», også her er oksygen utslagsgivende parameter. Stasjon VT66 Håøyfjorden som er en terskelfjord, får tilstandsklasse «svært dårlig», siden det har vært anoksisk vann fra ca. 80 m dyp og ned til bunn de siste årene og helt fram til mars 2018. I løpet av perioden fra dypvannsfornyelsen og frem til november 2019, har oksygenivået i bunnvannet gått fra 3,1 ml/L og 32 % metning, til 0,8 ml/L og 9 % metning. Hvis en ser bort fra oksygenforholdene, ville støtteparameterne gitt «god» tilstand på stasjonen. Oksygenkonsentrasjonene i bunnvannet på stasjon VT66 trekker den samlede klassifiseringen for støtteparametere i perioden 2017-2019 ned fra «god» til «svært dårlig».

Tabell 13. Samlet tilstandsvurdering basert på støtteparametere innhentet i vinter-, sommer- og høstperioden. Dårligste parameter er utslagsgivende. Utslagsgivende parameter for de ulike vannforekomstene er gitt. Skravur betyr at det ikke er tilstrekkelig datagrunnlag for tilstandsklassifisering (< 3 år), og dette gjelder stasjon VT68 hvor kun data fra 2018 og 2019 er benyttet.

Stasjonsnummer og navn	År	Tilstands klasse	Utslagsgivende parameter	Tilstands-klasser
VT10 Breiangen	2017-2019	0,6	Oksygen	
VT2 Bastø	2017-2019	0,7	Oksygen	
VT65 Missingen	2017-2019	0,7	Oksygen	
VT3 Torbjørnskjær	2017-2019	0,6	Oksygen	
VT67 Langesundsfjorden	2017-2019	0,5	Oksygen, nitrat sommer	
VT66 Håøyfjorden	2017-2019	0,1	Oksygen	
VT4 Hvitsten	2017-2019	0,7	nitrat og Tot-P sommer	
VT68 Jomfrulandsrenna	2018-2019	0,7	Oksygen	

6.1 Næringsalter

6.1.1 Klassegrenser og EQR-verdier

Basert på klassifiseringssystem gitt i veileder 02:2018 er det foretatt en tilstandsvurdering basert på de kjemiske parameterne. Klassegrensene for de støtteparameterne som inngår i klassifisering er gitt i Tabell 34 og Tabell 35 i Vedlegg. For kjemiske data foretas en tilstandsvurdering basert på vinterkonsentrasjonen og en på sommerkonsentrasjonen av de ulike næringssaltene. Siktdyp inngår bare i parameterne på sommeren. Målinger og vurderinger for vinterperioden vil fange opp konsentrasjon av næringsalter i en vannforekomst før planteplanktonproduksjon har påvirket mengden. Vintermålinger vil vise eutrofieringsstatusen i en situasjon som er minst påvirket av planteplankton. Sommerklassifisering vil i bedre grad fange opp effekter og tilførsler som er knyttet til avrenning eller utslipp og vil i større grad gi informasjon om biologiske responser (planteplankton) på disse. Det tas en middelvei av alle nEQR-verdiene innen hver sesong. Det tas også middelvei nEQR for oksygen målt som volumkonsentrasjon (ml/L) og metning (%).

Av de tre nEQR-verdiene en da sitter igjen med, en for sommersesongen, en for vintersesongen og en for oksygenmålingene, er det den laveste som blir gjeldende i klassifiseringen. På denne måten, får lave oksygenverdier stor innflytelse på resultatet. Lave siktdyp vil ikke få samme innvirkning, siden nEQR verdien for siktdyp midles sammen med de andre sommerparameterne. I Veilederen er det gitt at vurderingen skal foretas på grunnlag av minimum 3 års samlede data for å kunne fange opp naturlig variasjon.

6.1.2 Klassifiserte resultater

I Tabell 14 og Tabell 15 vises resultatet for klassifisering av miljøtilstand for støtteparameterne næringsalter hhv. for vinterperioden (desember-februar) og sommerperioden (juni-august). Perioden 2017-2019 er brukt for klassifisering, bortsett fra stasjon VT68 hvor data fra 2018-2019 er benyttet.

Stasjon VT4 Hvitsten, som befinner seg i Drøbaksundet som er innløpet til indre Oslofjord, hadde høyeste konsentrasjoner av totalt fosfor og nitrat i vintersesongen (tilstandsklasse «moderat»). Stasjonen Im2 i overvåkingen fra Indre Oslofjord ligger 5 km lenger inn i Drøbaksundet. Her er tilstandsklassen for nitrat og totalt nitrogen også «moderat»⁵.

Stasjon VT67 i Grenland hadde den høyeste konsentrasjonen av nitrat på sommeren (tilstandsklasse «moderat»). Stasjon BC-9 som ligger i Frierfjorden lenger inn i Grenlands fjordsystem, har tilstandsklasse «moderat» for nitrat på både sommeren og vinter (Walday et al., 2018). Det er altså en gradient fra Frierfjorden og ut mot stasjon VT67, som mest sannsynlig skyldes tilførsel i indre del av fjordsystemet.

Tabell 44 til Tabell 55 i Vedlegg 10.4.3 viser midlet verdi for hvert år for næringsalter i overflatelaget (0 - 10 m) for alle stasjonene.

⁵ Se tabell i toktrappert fra Fagrådet fra indre Oslofjord (<http://www.indre-oslofjord.no/rapporter-toktrappert/-2>).

Tabell 14. Klassifisering av miljøtilstand for kjemiske støtteparametere basert på vinterverdier ($\mu\text{g/L}$). Skravur betyr at det ikke er tilstrekkelig datagrunnlag for tilstandsklassifisering. Data er midlet for dybdeintervallet 0-15 m.

Stasjonsnummer og navn	Klassifisering vinterverdier (des - feb) konsentrasjoner i $\mu\text{g/l}$							Tilstands-klasser
	År	Fosfat	Tot P	Nitrat	Ammonium	Tot N	Si	
VT10 Breiangen	2017-2019	16,2	23,1	119	10,5	241	613	I. Svært god
VT2 Bastø	2017-2019	15,4	23,5	109	13,8	240	240	II. God
VT65 Missingen	2017-2019	15,8	23,9	104	12,2	240	738	III. Moderat
VT3 Torbjørnskjær	2017-2019	15,4	23,2	87	12,4	232	558	IV. Dårlig
VT67 Langesundsfjorden	2017-2019	14,9	23	98	19,6	249	604	V. Svært dårlig
VT66 Håøyfjorden	2017-2019	14,6	22,7	92	16	236	517	
VT4 Hvitsten	2017-2019	20,5	29,3	154	17,8	291	877	
VT68 Jomfrulandsrenna	2018-2019	13,8	22,3	88	16,3	246	470	

Tabell 15. Klassifisering av miljøtilstand for kjemiske støtteparametere basert på sommerverdier ($\mu\text{g/L}$). Skravur betyr at det ikke er tilstrekkelig datagrunnlag for tilstandsklassifisering.

Stasjonsnummer og navn	Klassifisering sommerverdier (juni-august) konsentrasjoner i $\mu\text{g/l}$							Tilstands-klasser
	År	Fosfat	Tot P	Nitrat	Ammonium	Tot N	Si	
VT10 Breiangen	2017-2019	2,9	11,2	12,4	11,3	185	187	I. Svært god
VT2 Bastø	2017-2019	3,1	11,6	5,3	9	178	156	II. God
VT65 Missingen	2017-2019	3,1	12,6	5,9	7,8	175	142	III. Moderat
VT3 Torbjørnskjær	2017-2019	3,7	12,6	3,8	7,8	167	113	IV. Dårlig
VT67 Langesundsfjorden	2017-2019	4,5	13,9	24,8	13	193	249	V. Svært dårlig
VT66 Håøyfjorden	2017-2019	4,4	13,9	8,6	8,2	172	173	
VT4 Hvitsten	2017-2019	3,2	11,4	18,2	13,7	210	385	
VT68 Jomfrulandsrenna	2018-2019	2,3	13,8	4	6,2	167	114	

6.2 Siktdyp

6.2.1 Klassegrenser og EQR-verdier

Siktdyp er en parameter som gir informasjon om vannets klarhet. Denne vil påvirkes av en rekke faktorer slik som planktonproduksjon, oppløst organisk karbon og mengde partikler i vannet. Redusert klarhet i vannet kan få betydning for organismer som er avhengig av lys for å vokse, som for eksempel makroalger på bunnen. Klassegrenser for siktdyp basert på sommerdata foreligger i Veileder 02:2018 og er gitt i Tabell 34 og Tabell 35 i Vedlegg (Klassegrenser for støtteparametere). Som for alle støttestandarder skal man foreta en vurdering basert på minimum 3 sammenhengende års data for å kunne fange opp noe av den naturlige variasjonen i parameteren.

6.2.2 Klassifiserte resultater

Tabell 16 viser resultatene av tilstandsvurdering basert på siktdyp. Siktdypet på alle stasjoner bortsett fra VT3 og VT68 havner i klassen «moderat». På stasjon VT3 er tilstanden «god» og på VT68 «svært god». Dette er et tydelig tegn på at lysforholdene i store deler av Oslofjorden er dårlige, som kan skyldes både avrenning av partikler og organisk stoff fra land og planktonvekst.

Tabell 16. Tilstandsvurdering basert på siktdyp (m) på stasjonene VR31, VR52 og VT42. (sommerverdier: juni-august). Skravur betyr at det ikke er tilstrekkelig datagrunnlag for tilstandsklassifisering, og dette gjelder stasjon VT68.

Stasjonsnummer og navn	År	Sikt (m)	Tilstands-klasser
VT10 Breiangen	2017-2019	4,9	
VT2 Bastø	2017-2019	5,8	I. Svært god
VT65 Missingen	2017-2019	5,8	II. God
VT3 Torbjørnskjær	2017-2019	6,8	III. Moderat
VT67 Langesundsfjorden	2017-2019	5,3	IV. Dårlig
VT66 Håøyfjorden	2017-2019	5,2	V. Svært dårlig
VT68 Jomfrulandsrenna	2018-2019	7,6	

6.2.3 Utvikling over tid

Tabell 17 viser beregnet siktdyp i sommersesongen fra juni til august på alle stasjonene, bortsett fra VT4 Hvitsten som er en Ferrybox-stasjon, hvor det samles inn data på 4 m dyp. På stasjon VT66 og VT67 i Grenland er det data tilbake til 2012, men det er ingen trend i disse dataene. Det kan være betydelige forskjeller fra år til år. I 2018 var det svært lite avrenning fra land, og på stasjonene VT68 Jomfrulandsrenna og alle stasjonene i Ytre Oslofjord, er det høyeste midlede siktdypet fra dette året. Stasjonene i Grenland skiller seg ut, ved å ha et relativt lavt siktdyp i 2018. Denne situasjonen endret seg i 2019, hvor alle

stasjonene utenom Grenlandsfjordene hadde et lavere siktdyp enn året før. På VT66 og VT67 var siktdypet derimot høyere enn året før.

Tabell 17. Siktdyp ved hver stasjon, hvor det er vist beregnet middelvei for sommersesongen (juni til august) basert på data hentet fra Vannmiljø.

Årstall	VT67 Langesunds- fjorden	VT66 Håøyfjorden	VT68 Jomfrulands- renna	VT10 Breiangen	VT2 Bastø	VT65 Missingen	VT3 Torbjørn- skjær
2012	4.7	6.3					
2013	4.3	5.3	8,7				
2014		6.0	10,3				
2015	4.7		8,3				
2016	4.0	5.0	8,2	5.7			7.0
2017	6.6	7.2		5.7	6.8	6.9	7.4
2018	4.7	4.7	8.3	6.5	6.8	6.8	8.2
2019	5.2	5.4	7.2	3.7	5.0	5.0	5.7

6.3 Oksygen

6.3.1 Klassegrenser og EQR-verdier

Oksygenkonsentrasjonen er en støtteparameter som gir informasjon om organisk belastning og oksygenforbruk i bunnvannet. Disse dataene må tolkes sammen med kunnskap om området, for eksempel om terskler og vannets oppholdstid. Mengden TOC i sedimentene vil også ha betydning for oksygenforholdene, spesielt i lukkede dybbasseng. Klassifiseringen basert på oksygenkonsentrasjon i dypvannet skal bygge på data fra den perioden på året der man forventer lavest konsentrasjon. Hvilken periode dette er varierer fra område til område, da tidspunkt for bunnvannutskiftning er avhengig av topografi og terskler. Ifølge Veilederen skal vurderingen foretas på grunnlag av 3 års samlede data for å kunne fange opp naturlig variasjon. For terskelfjorder kan oppholdstiden til dypvannet være lenger enn 3 år, og en må da betrakte en lengre tidsperiode enn dette for å beskrive sirkulasjonen i slike fjorder. Klassegrenser for oksygen er gitt i Veilederen 02:2018 og gjengitt i Tabell 34 og Tabell 35 i Vedlegg (Klassifisering av støtteparametere).

6.3.2 Klassifiserte resultater og utvikling over tid

Tabell 18 og Tabell 19 viser minste oksygenmetning og oksygenkonsentrasjon i bunnvannet på hver stasjon, basert på data fra hvert år hentet fra Vannmiljø. På stasjon VT2, VT65, VT3 og VT68 var det fram til 2018 gode oksygenforhold. Dette endret seg i 2019 hvor alle disse stasjonene hadde lavere oksygenforhold, og stasjonene VT10 og VT3 fikk tilstandsklasse «moderat». Det er ikke funnet en forklaring på at oksygenforholdene var lavere i 2019 på mange av stasjonene, enn årene før, men forskjellene er ikke større enn at det kan være naturlig variasjon mellom år.

Tabell 20 viser resultatene av tilstandsvurdering basert på støtteparameteren oksygen. Stasjon VT10, VT3 og VT67 havner i tilstandsklasse «moderat». Stasjon VT2, VT65 og VT68 havner i tilstandsklasse «god».

Stasjon VT66 i terskelfjorden Håøyfjorden skiller seg ut ved at det er anoksiske forhold i bunnvannet, som gir tilstandsklasse «svært dårlig». Situasjonen i dypvannet i Håøyfjorden endret seg dramatisk i mars 2018, da det var en fullstendig dypvannsfornyelse. I perioden etter dypvannsfornyelsen og fram til november 2019 har oksygenet i bunnvannet blitt raskt brukt opp, og tilstanden hadde blitt klassifisert til «svært dårlig» uansett om kun data etter dypvannsfornyelsen hadde blitt benyttet.

På stasjon VT66 er det anoksiske forhold, hvor den forrige dypvannsfornyelsen som brakte oksygenrikt vann ned i dypet var i starten av 2013. Vannmassene i Håøyfjorden var altså stillestående i 5 år, fra 2013 til det kom en ny dypvannsfornyelse i starten av 2018. Oksygenet i dypvannet i Håøyfjorden brukes fort opp. Allerede året etter dypvannsfornyelsen i 2013 var oksygenmetningen nede på 19 %. Dette kan forklares av de høye nivåene av organisk stoff i sedimentene (se Tabell 11). Også etter dypvannsfornyelsen i 2018 har oksygenet blitt brukt opp raskt, og oksygenkonsentrasjonene var nede i 0,8 ml/L i dypvannet på stasjon VT66 i november 2019.

Tabell 18. Oksygenmetning (%) i bunnvannet ved hver stasjon, hvor den minste verdi for hvert år er funnet basert på data hentet fra Vannmiljø.

Årstall	VT67 Langesunds- fjorden	VT66 Håøyfjorden	VT68 Jomfrulands- renna	VT10 Breiangen	VT2 Bastø	VT65 Missingen	VT3 Torbjørn- skjær
2012							
2013	51	3					
2014	49	19					
2015	43						
2016	48	1		60			74
2017	41	0		57	68	57	74
2018	53	0	73	52	64	60	68
2019	44	8	63	41	54	52	49

Tabell 19. Oksygen volumkonsentrasjon (ml O₂/L) i bunnvannet ved hver stasjon, hvor den minste verdi for hvert år er funnet basert på data hentet fra Vannmiljø.

Årstall	VT67 Langesunds- fjorden	VT66 Håøyfjorden	VT68 Jomfrulands- renna	VT10 Breiangen	VT2 Bastø	VT65 Missingen	VT3 Torbjørn- skjær
2012	3.0	0.2					
2013	3.5	0.2		4.4			5.3
2014	3.2	1.3		4.3			4.7
2015	2.8			3.1			4.8
2016	3.1	0.1		4.1			5.0
2017	2.7	0.0		3.8	4.5	3.8	4.9
2018	3.5	0.0	4.4	3.5	4.3	4.0	4.5
2019	4.2	0.8	5.2	3.9	5.1	5.0	4.7

Tabell 20. Tilstandsvurdering basert på lavest målte oksygeninnhold i dypvann (ml/L og %-metning). Skravur betyr at det ikke er tilstrekkelig datagrunnlag for tilstandsklassifisering, som gjelder stasjonene VT2 og VT68.

Stasjonsnummer og navn	År	Oksygen (ml O ₂ /l)	%-metning O ₂
VT10 Breiangen	2017-2019	3,5	41
VT2 Bastø	2017-2019	4,3	54
VT65 Missingen	2017-2019	3,8	52
VT3 Torbjørnskjær	2017-2019	4,5	49
VT67 Langesundsfj.	2017-2019	2,7	41
VT66 Håøyfjorden	2017-2019	0	0
VT68 Jomfrulandsrenna	2018-2019	4,4	63

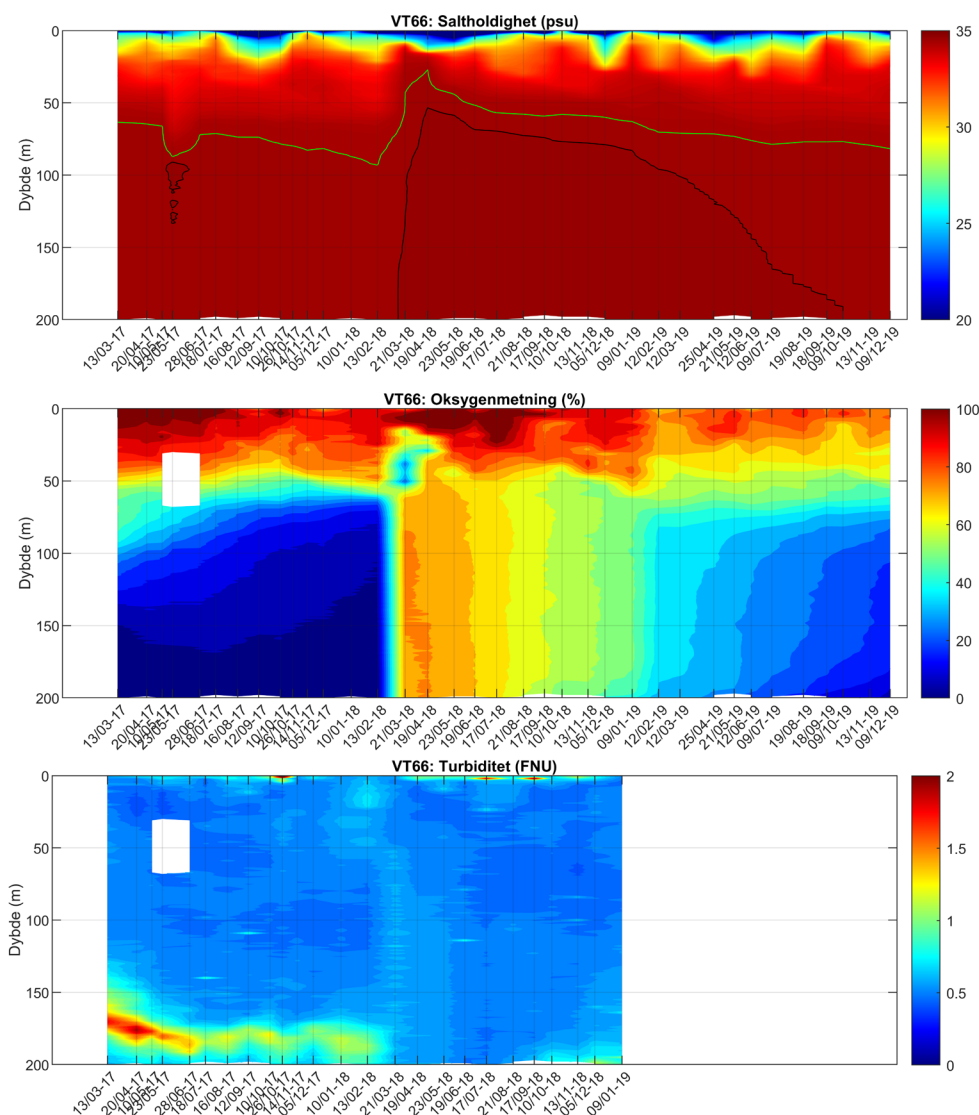
Tilstandsklasser
I. Svært god
II. God
III. Moderat
IV. Dårlig
V. Svært dårlig

6.4 Hydrografi/-kjemi

6.4.1 Oksygenet brukes opp i Håøyfjordens bunnvann

Håøyfjorden i Grenland er en terskelfjord. Terskeldypet ut mot Skagerrak er ca. 60 m. Volumet av vannmassen under 60 m dyp i Håøyfjorden er ca. 0,22 km³. I Figur 27 vises de hydrografiske forholdene i Håøyfjorden fra 2017-2019. Øverst i figuren vises saltholdigheten, i midten oksygenmetningen og nederst turbiditeten. Det var en dypvannsfornyelse i mars-april 2018. Dette vises ved at saltholdigheten øker brått, fordi saltere og tyngre vann strømmer inn. I figuren er konturlinjen for saltholdighet 34,5 psu tegnet inn som en grønn linje, og det er tydelig at det var fullstendige dypvannsfornyelser helt ned til bunn i starten i 2018. Det nye vannet som kommer inn i dypet er oksygenrikt, siden det har vært i kontakt med vannmassene i overflatelaget før det strømmet inn i dypet innenfor terskelen. I perioden etter dypvannsfornyelsen brukes oksygenet opp i vannmassen under 60-70 m, og i november 2019 var oksygenmetningen så lav som 8 %.

Turbiditet er et optisk mål på mengden partikler i vannmassen. På grenseflaten mellom oksygenrikt og oksygenfritt vann, vil forskjellige biologiske og kjemiske prosesser danne partikler. Siden det var et maksimum i turbiditet rundt 180 m dyp før dypvannsfornyelsen, så antyder dette at vannmassen under dette dypet var anoksisk slik som også oksygenmålingene antyder. Høye turbiditetsverdier langs bunn på slutten av 2018 antyder at det igjen dannes anoksiske forhold.



Figur 27. De hydrografiske forholdene på stasjon VT66 Håøyfjorden i Grenland. Øverst vises saltholdigheten, hvor konturlinjen for 34,5 psu er tegnet inn med en grønn strek. I midten vises oksygenmetningen og nederst vises turbiditet. De grå punktene viser tidspunkt og dyp hvor det er gjort målinger.

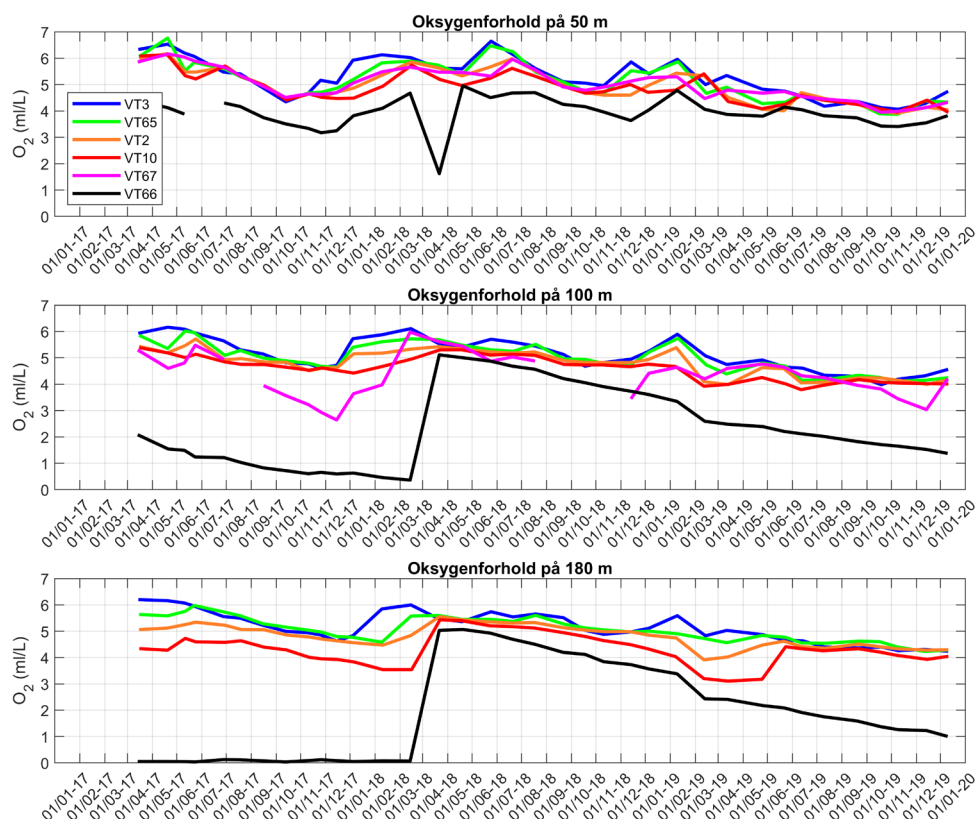
6.4.2 Oksygenforholdenes utvikling i hele fjordsystemet

Figur 28 viser utviklingen av oksygenforholdene på de seks stasjonene VT3, VT65, VT2, VT10, VT67 og VT66. Håøyfjorden (VT66) skiller seg ut ved at det før mars 2018 var anoksiske forhold i dypvannet som beskrevet over. Det er også tydelig at det var en midlertidig reduksjon i oksygenforholdene på 50 m på denne stasjonen under dypvannsfornyelsen, beskrevet i forrige delkapittel.

I starten av 2019 var det dypvannsfornyelse i de fleste av de viktigste terskelfjordene som ligger rundt sentrale deler av Ytre Oslofjord og Grenlandsfjordene. Observasjoner fra overvåkingsprogrammet til Ytre Oslofjord i januar 2019 viste at det hadde vært dypvannsfornyelse i Iddefjorden⁶. I februar 2019 ble det

⁶ <https://www.niva.no/nyheter/overvakning-av-ytre-oslofjord-forste-tokt>

observert at det hadde vært en fullstendig dypvannsfornyelse i Indre Oslofjord⁷. I løpet av våren hadde det også vært dypvannsfornyelse i Drammensfjorden⁸. Dette betydde at etter dypvannsfornyelsen i Drammensfjorden var den sjeldne situasjonen at det stort sett var fravær av anoksisk bunnvann fra svenskegrensa til Jomfruland⁹.



Figur 28. Oksygenforholdene på de seks stasjonene VT3, VT65, VT2, VT10, VT67 og VT66 de tre siste årene. På stasjon VT67 er det kun litt over 100 m dypt, så den er ikke med på nederste figur.

Alt dette oksygenfattige vannet fra terskelfjordene var nødt til å ende opp et sted, og dette kan være forklaringen på den brå nedgangen i oksygenkonsentrasjoner helt opp til 50 m i hele fjordsystemet fra januar til februar 2019. Alle disse dataene kommer fra kun en oksygensensor om bord på F/F Trygve Braarud. Det har blitt vurdert om det kan ha skjedd noe med sensoren som kan forklare denne brå nedgangen, men det ble ikke funnet noen tydelige tegn på det

Ved å ta middelverdien av oksygenkonsentrasjonene på de fire stasjonene VT3, VT65, VT2 og VT10 på de tre dypene 50, 100 og 180 m i perioden fra februar til desember, fremkommer det at det var en nedgang på 0,9 ml O₂/L fra 2018 til 2019. Volumet av vannmassene under 20 m dyp i Oslofjorden innenfor Missingen utgjør 40,7 km³, hvis volumet av Indre Oslofjord og Indre Drammensfjord trekkes fra. For å redusere oksygenkonsentrasjonen fra 5,2 til 4,3 ml/L i hele dette volumet kun ved å blande inn oksygenfattig vann, så behøves et volum på 11,4 km³ med en oksygenkonsentrasjon på 2 ml/L. I desember 2018 var oksygenkonsentrasjonen under 20 m dyp rundt denne verdien i Indre Oslofjord, men dette volumet utgjør

⁷ <https://www.niva.no/nyheter/dypvannsfornyelse-i-indre-oslofjord>

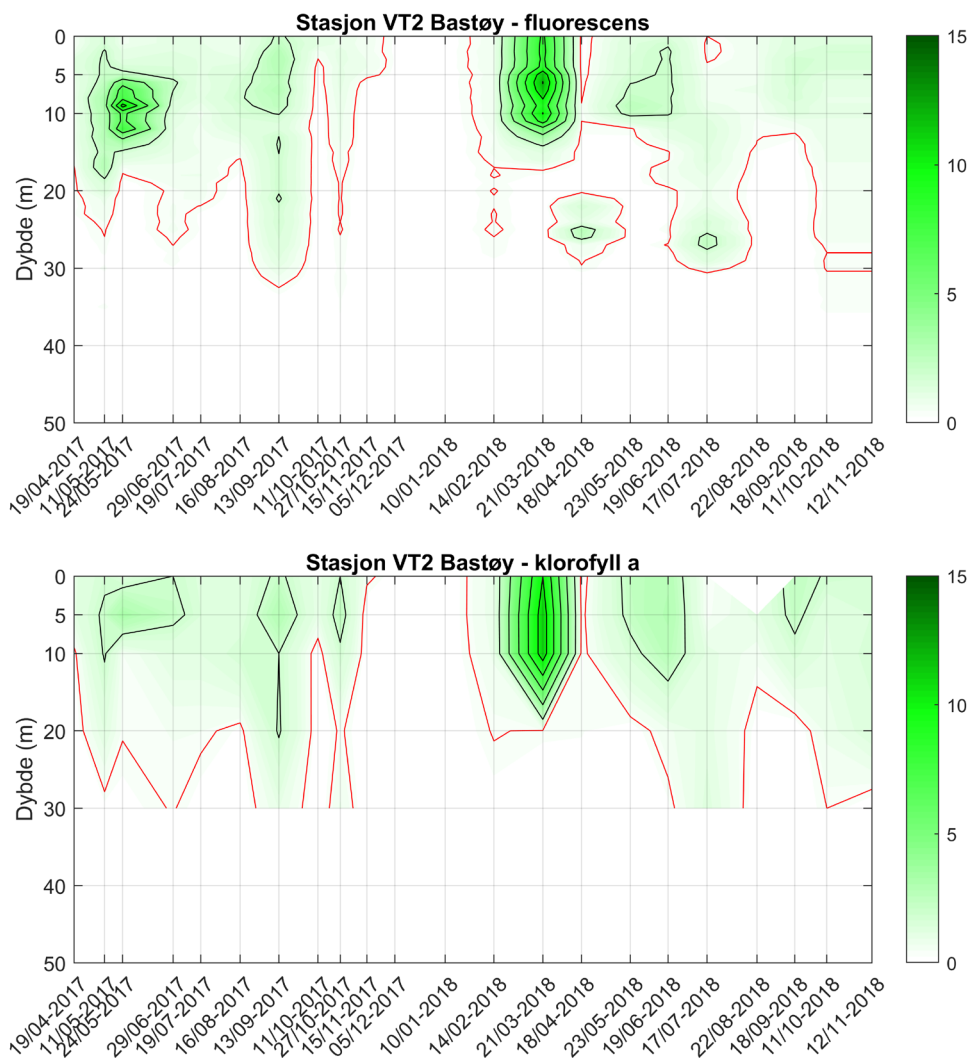
⁸ https://www.niva.no/nyheter/drammensfjorden_september_19

⁹ <https://www.niva.no/nyheter/sjelden-dypvannssituasjon-i-oslofjorden>

bare 5,8 km³. Dypvannsfornyelsen i Indre Oslofjord kan altså forklare halvparten av den observerte nedgangen i oksygenkonsentrasjonen helt ut til Missingen.

6.4.3 Vertikal utbredelse av alger basert på klorofyll a fluorescens

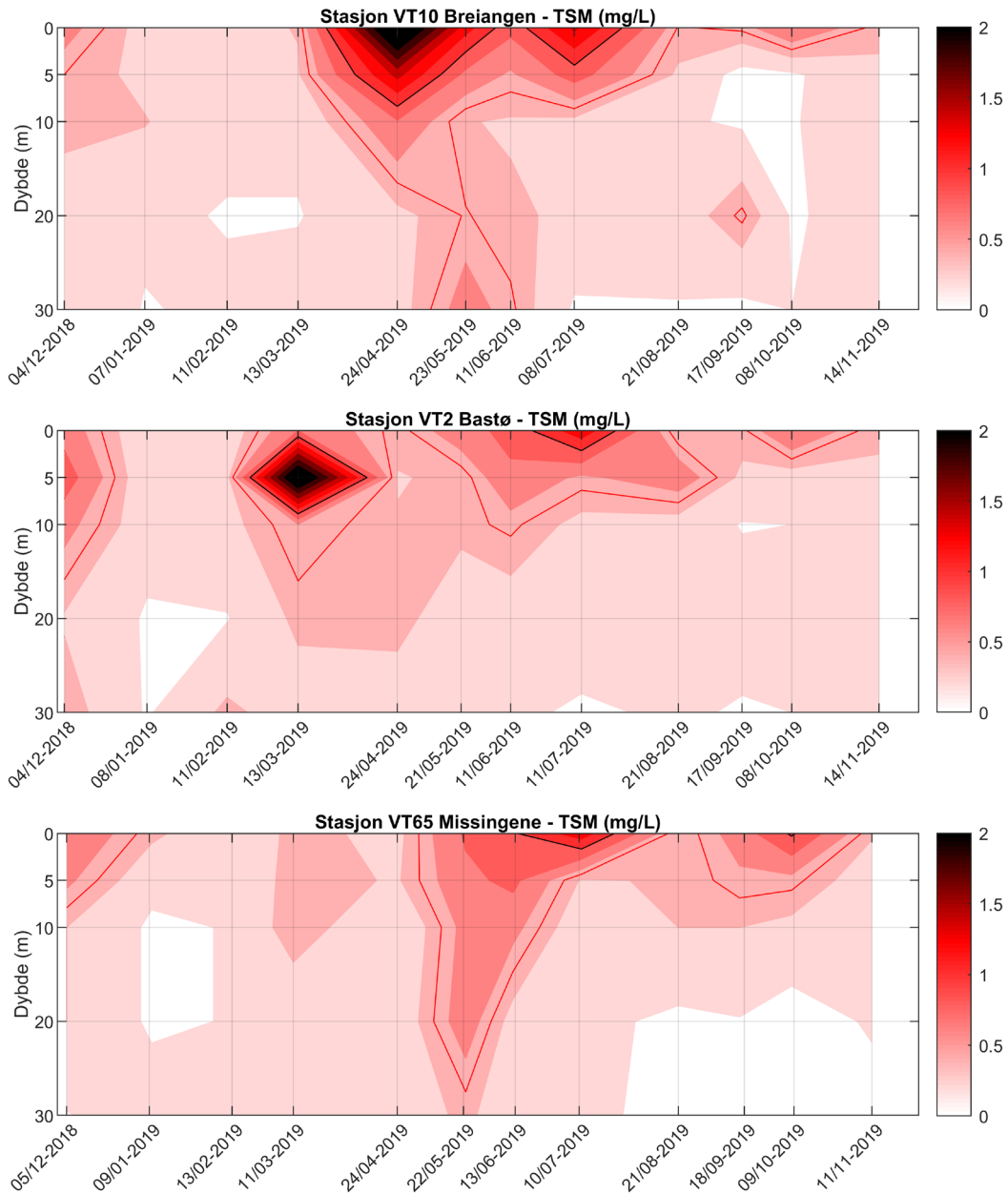
I Økokyst-programmet for 2017-2020 måles det klorofyll a på fem dyp fra 0 til 30 m. Dette gir mulighet til å se på den vertikale fordelingen av klorofyll a over tid. Mengden klorofyll a kan også måles som klorofyll a fluorescens. I Figur 29 er klorofyll a fluorescens-målingene vist sammen med vannprøver som er analysert for klorofyll a. På stasjon VT2 gir 0,5 µg/L konturen fra målinger av klorofyll a fluorescens et godt bilde av den vertikale utbredelsen av klorofyll a. Høye eller lave verdier av fluorescens sammenfaller derimot ikke alltid med tilsvarende høye og lave verdier av klorofyll a analysert fra vannprøver. Dette fordi klorofyll a fluorescensen er koblet til planktonets biologiske aktivitet (primærproduksjonen) og avtar med økningen i primærproduksjonen. I overflatelaget er det gjerne høy primærproduksjon, og forholdet mellom klorofyll a fluorescens og klorofyll a konsentrasjon vil være lavere enn dypere ned i vannsøylen.



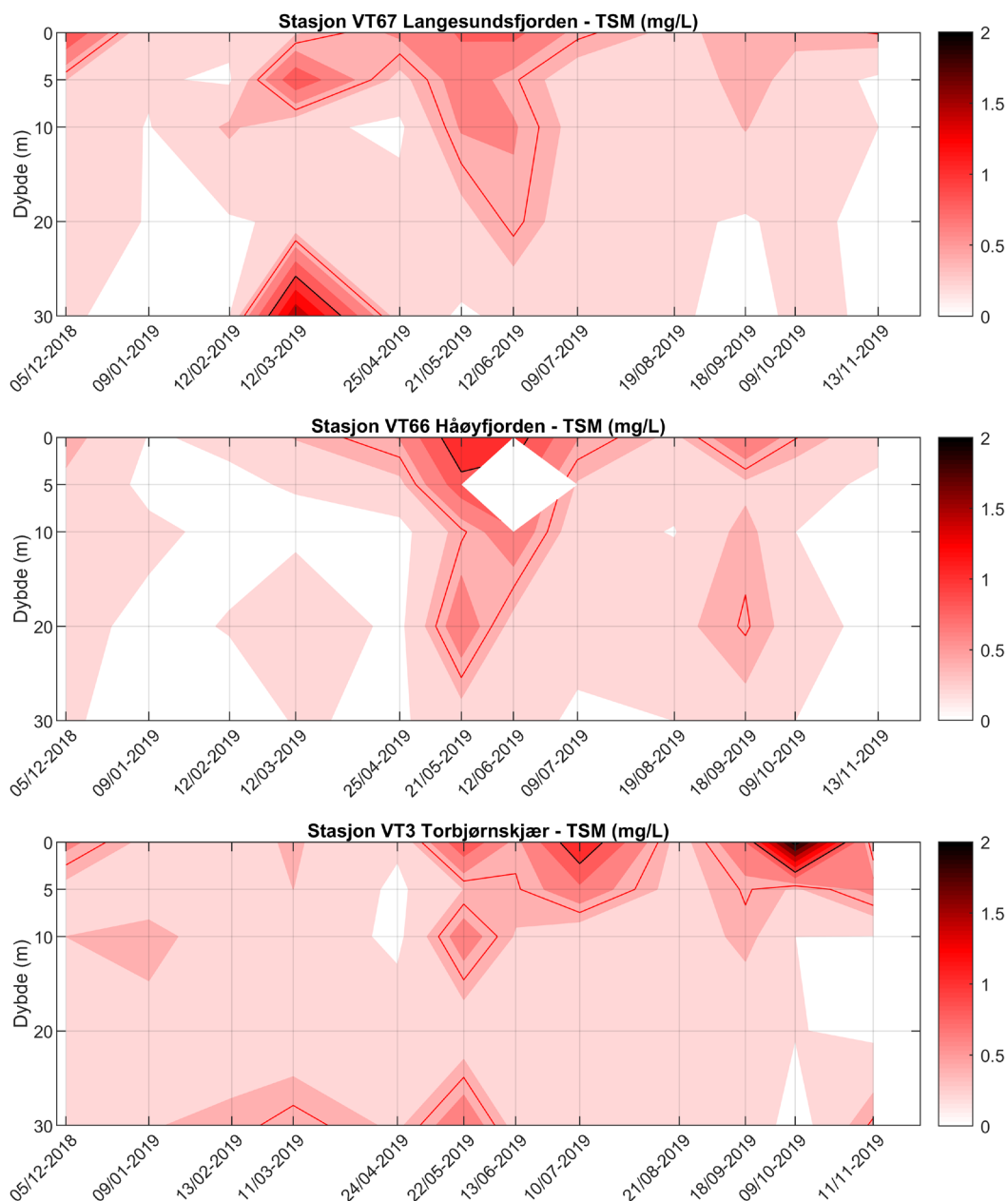
Figur 29. Konturplott av klorofyll a fluorescens (øverst) og klorofyll a fra vannprøver (nederst). Fargeskalaen viser verdier fra 0 til 15 µg/L. Den røde konturlinjen angir verdien 0,5 µg/L. De svarte konturlinjene er tegnet for hver 2. µg/L. Data er fra stasjon VT2.

6.5 Total suspendert materiale

I Figur 30 vises mengden partikler i vannsøylen på stasjon VT10, VT2 og VT65. I Figur 31 vises det samme for stasjon VT67, VT66 og VT3. På alle stasjonene er de høyeste verdiene i de øverste 10 meterne på sommeren. Et unntak er den relativt høye partikkelkonsentrasjonen målt på 30 m på stasjon VT67 i mars 2019. Det ble ikke målt noen uvanlig høye partikkelkonsentrasjoner på noen av stasjonene i 2019.



Figur 30. Mengde totalt suspendert materiale (TSM) på stasjon VT10, VT2 og VT. Den røde konturlinjen angir verdien 0,5 mg/L.

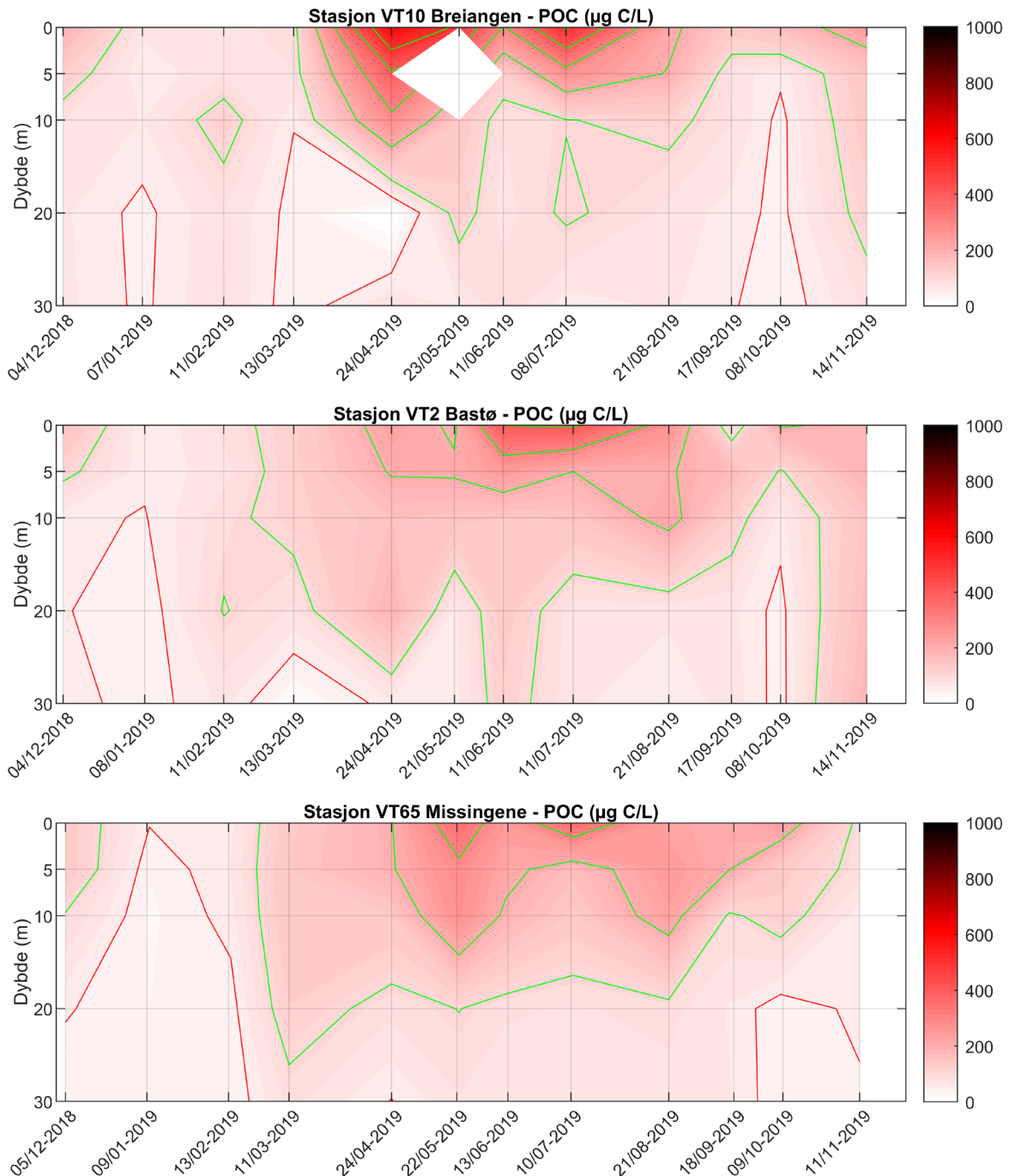


Figur 31. Mengde totalt suspendert materiale (TSM) på stasjon VT67, VT66 og VT3. Den røde konturlinjen angir verdien 0,5 mg/L.

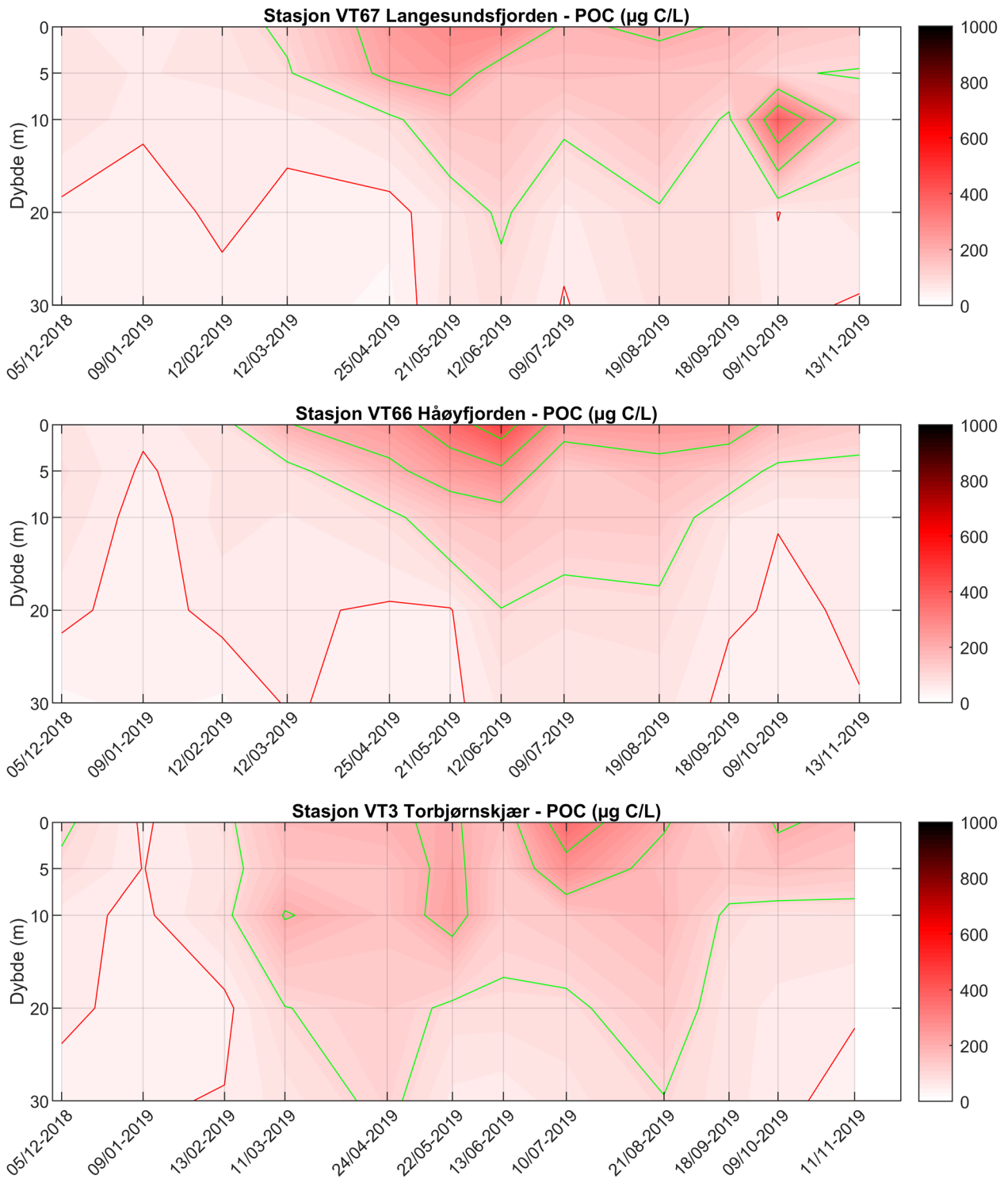
Partikler som bringes ut i fjorden med elvevann vil til slutt sedimentere på bunn, og dette kan påvirke bentisk flora og fauna. For å studere opphavet til partikkelkonsentrasjonene, burde dataene her vært analysert opp mot målestasjoner som ligger nærmere de store elveutløpene. Mellom utløpet av Drammenselva og stasjon VT10 ligger de to stasjonene D-2 og D-3 som inngår i overvåkningsprogrammet for Ytre Oslofjord (Waldy, et al. 2018). Mellom utløpet av Skiensvassdraget og stasjon VT67 ligger stasjonen BC-1. Og utenfor utløpene av Glomma ligger stasjonene Ø-1 og I-1. Det anbefales at data fra de forskjellige overvåkningsprogrammene analyseres sammen med observasjoner fra satellitt som kan levere TSM-produkter. Data fra elveovervåkningsprogrammet burde også inngå.

6.6 Partikulært karbon, nitrogen og fosfor

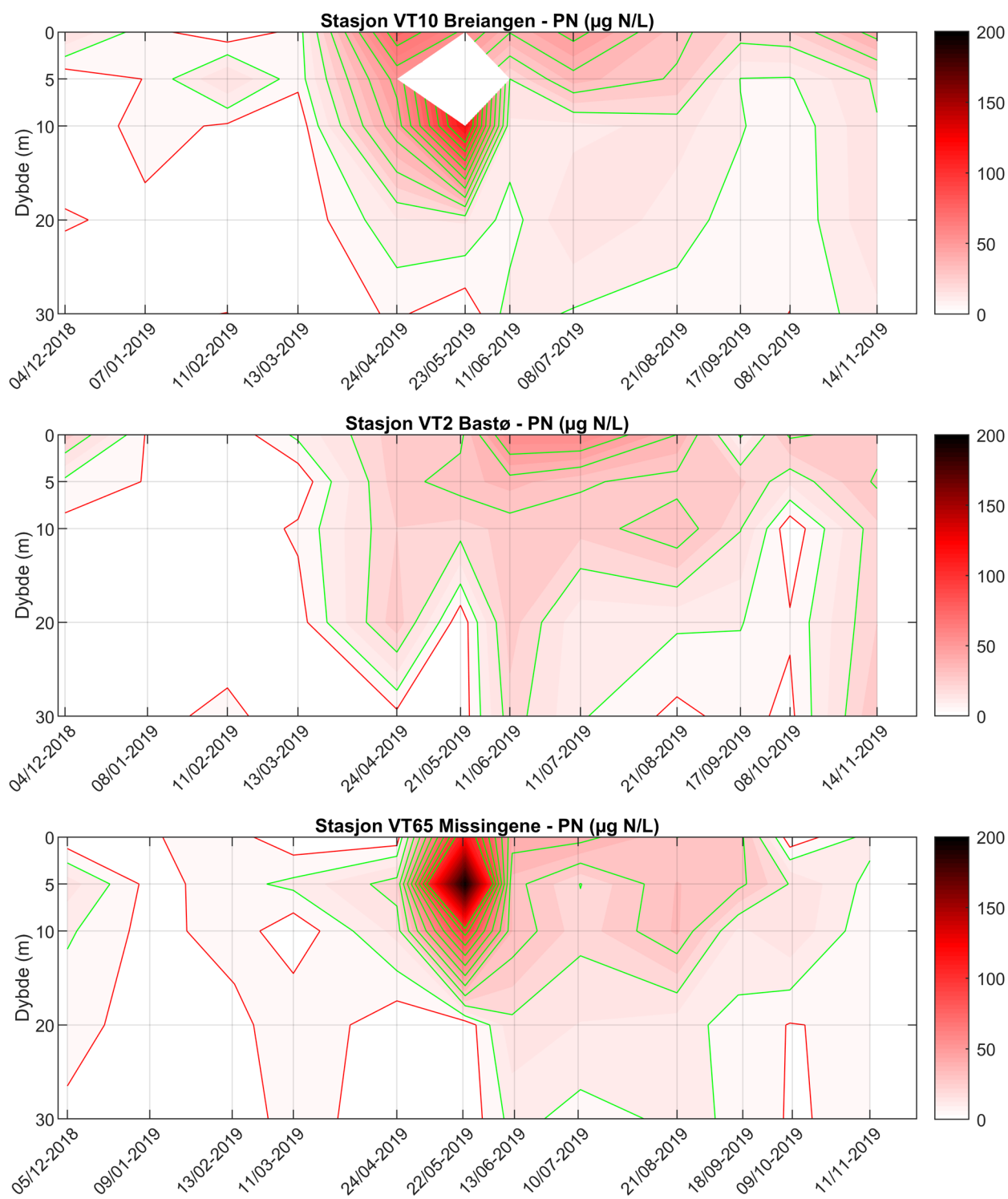
I Figur 32 til Figur 37 vises mengden partikler i vannsøylen på stasjonene VT10, VT2, VT65, VT67, VT66 og VT3. De to første figurene viser partikulært organisk karbon, deretter vises partikulært nitrogen og til slutt partikulært fosfor. På alle stasjonene er de høyeste verdiene i de øverste 10 meterne på sommeren, som stort sett sammenfaller med de høyeste målinger av TSM.



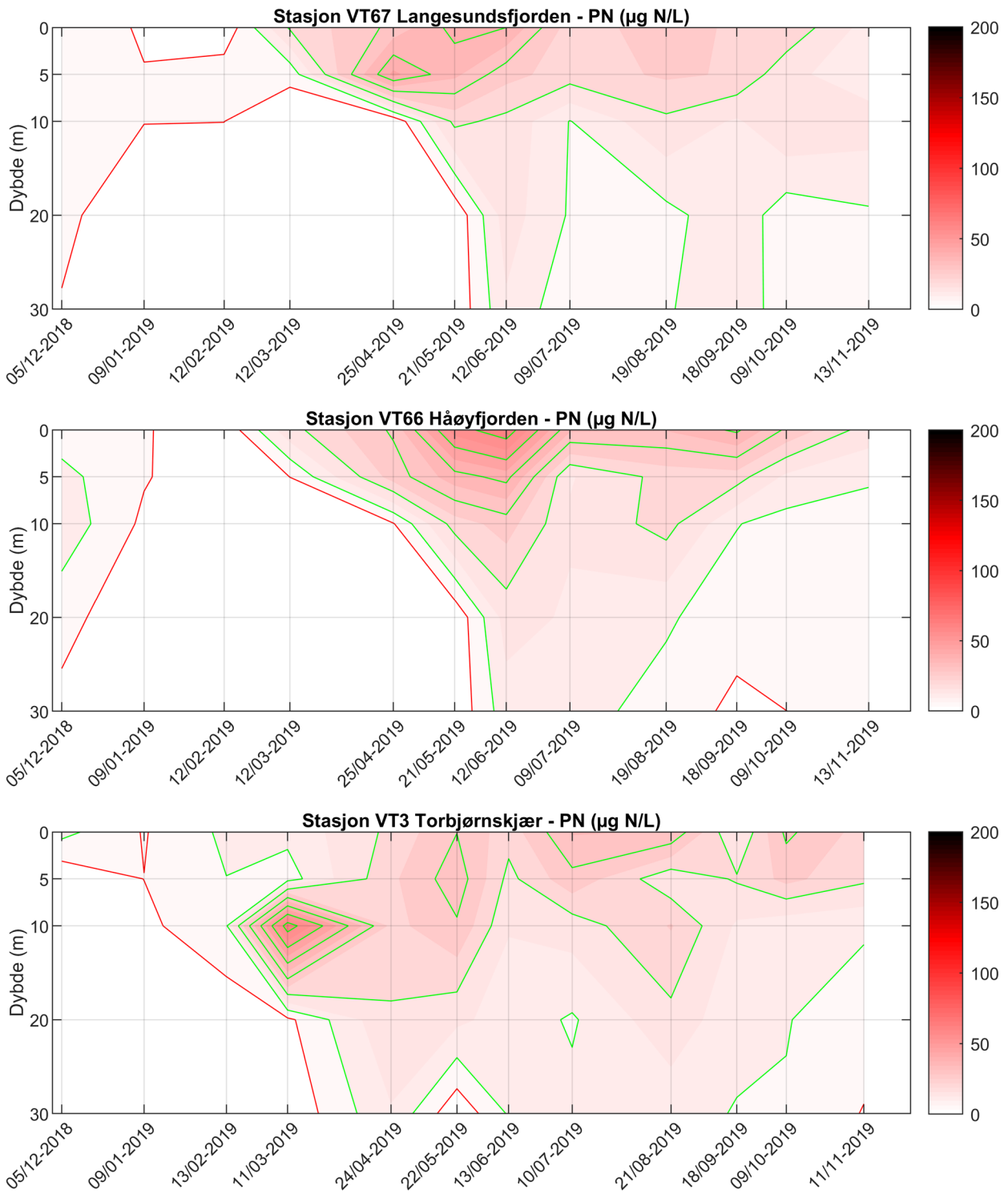
Figur 32. Mengde partikulært organisk karbon (POC) på stasjon VT10, VT2 og VT65. Den røde konturlinjen angir verdien 50 $\mu\text{g C/L}$. De grønne konturlinjene angir verdien hver 100 $\mu\text{g C/L}$.



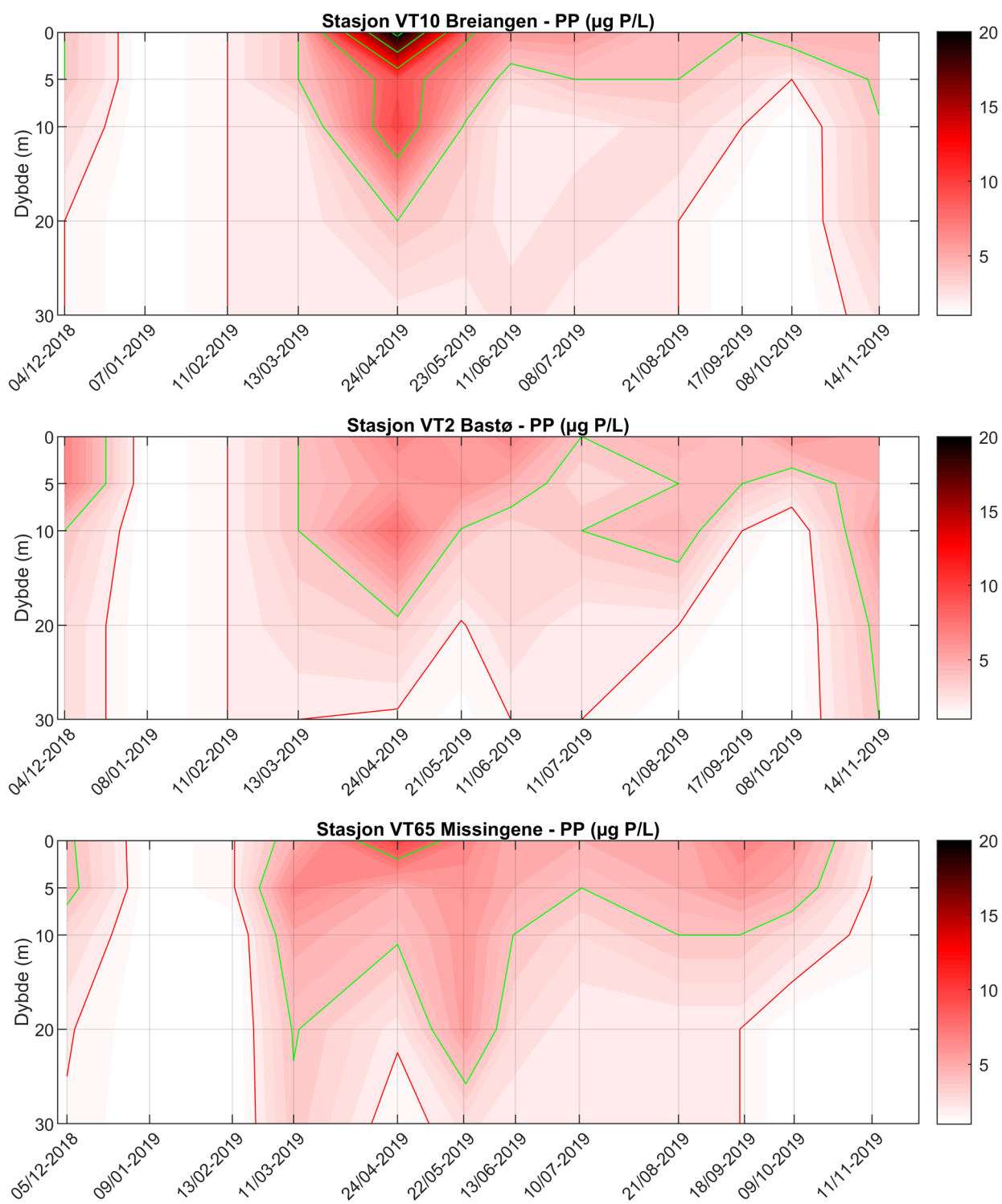
Figur 33. Mengde partikulært organisk karbon (POC) på stasjon VT67, VT66 og VT3. Den røde konturlinjen angir verdien 50 $\mu\text{g C/L}$. De grønne konturlinjene angir verdien hver 100 $\mu\text{g C/L}$.



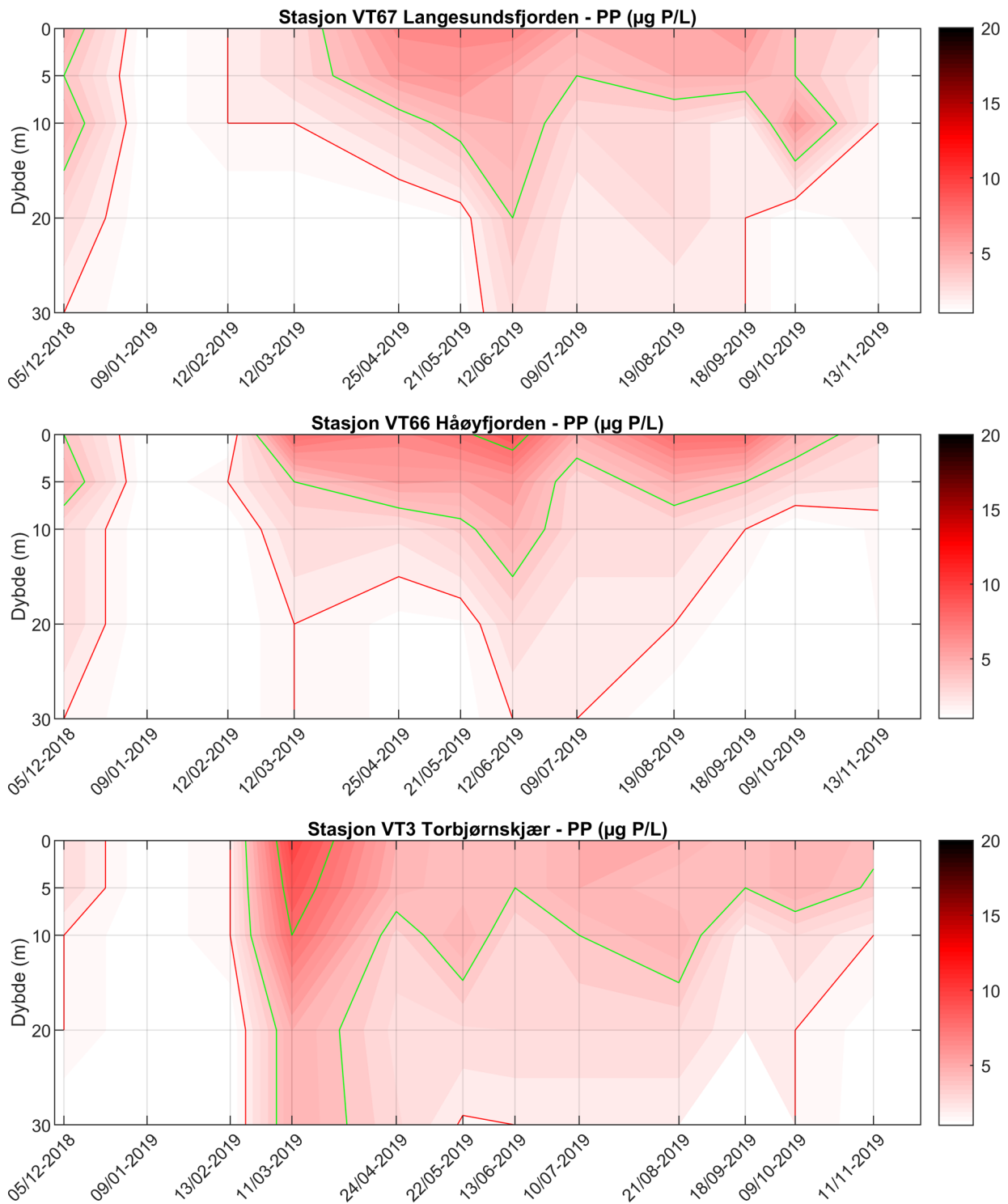
Figur 34. Mengde partikulært nitrogen (PN) på stasjon VT10, VT2 og VT65. Den røde konturlinjen angir verdien 5 $\mu\text{g N/L}$. De grønne konturlinjene angir verdien hver 10 $\mu\text{g N/L}$.



Figur 35. Mengde partikulært nitrogen (PN) på stasjon VT67, VT66 og VT3. Den røde konturlinjen angir verdien 5 $\mu\text{g N/L}$. De grønne konturlinjene angir verdien hver 10 $\mu\text{g N/L}$.



Figur 36. Mengde partikulært fosfor (PP) på stasjon VT10, VT2 og VT10. Den røde konturlinjen angir verdien $2 \mu\text{g P/L}$. De grønne konturlinjene angir verdien hver $4 \mu\text{g P/L}$.



Figur 37. Mengde partikulært fosfor (PP) på stasjon VT67, VT66 og VT3. Den røde konturlinjen angir verdien $2 \mu\text{g P/L}$. De grønne konturlinjene angir verdien hver $4 \mu\text{g P/L}$.

6.7 Variasjon i løst organisk materiale

Løst organisk karbon (DOC) har blitt overvåket på VT4 Hvitsten (4m) gjennom ØKOKYST Ferrybox, i tillegg til næringssalter, klorofyll a, og TotN og TotP (som inkludert i klassifiseringen i kap. 6). I tillegg har NIVA utvidet prøvetakingen ved tre utvalgte ØKOKYST stasjoner for å øke kunnskapsgrunnlaget om effekter av klimaendringer i norske kyst- og fjordområder, finansiert gjennom NIVAs strategiske instituttsatsing (SIS) på land-hav interaksjoner. For Skagerrak gjelder dette VT3 Torbjørnskjær, hvor DOC har blitt målt siden februar 2017 fra overflaten og ned til 30m.

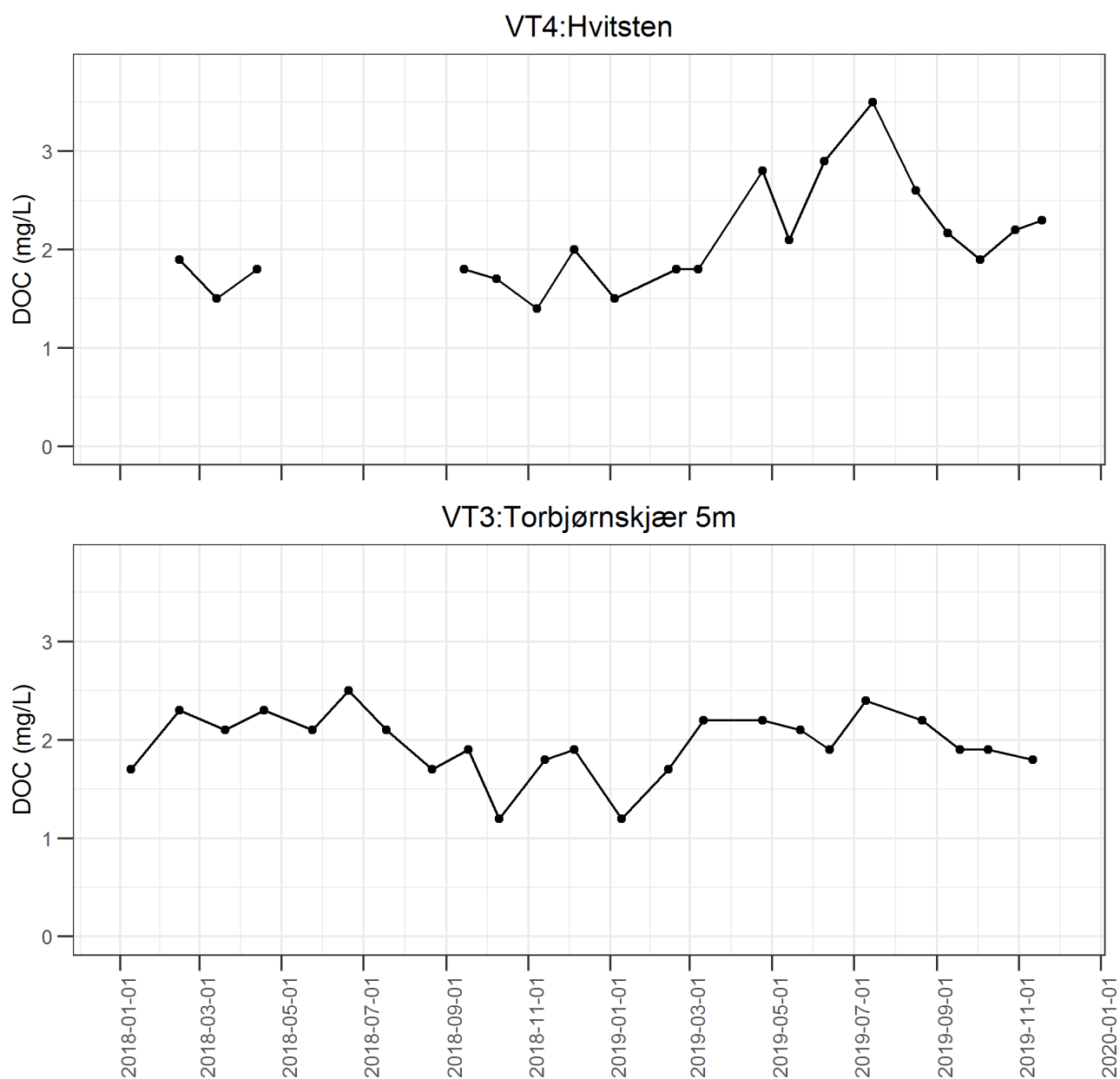
Langs kysten, består det løste organiske karbonet av en dynamisk blanding av materiale som kommer fra land med elvene (allokton) og som er dannet marint (autokton), med høy variasjon både gjennom sesongene og regionalt (Hansell & Carlson, 2015). Over de siste tiårene har det vært en økning i tilførselen av terrestrisk organisk materiale til Nordsjøen og Skagerrak (Aksnes et al. 2009, Frigstad et al. 2013). Høye konsentrasjoner av DOC bidrar til økt lysvekning i vannsøylen (mindre lys trenger ned til dypet), på grunn av den kromoforiske (fargede) delen av DOC (fDOM, se metodebeskrivelse; Stedmon et al. 2000). Høyere konsentrasjoner av DOC (og fDOM) kan dermed ha en negativ innvirkning på visuelle predatorer (eksempelvis fisk) og primær produksjon (som er avhengig av lys), men vil også kunne gi økt produksjon av heterotrofe organismer, slik som bakterier (Thingstad et al., 2008).

Som vist i Figur 38, så er det betydelig variasjon i DOC-konsentrasjonen både mellom sesonger og år, for begge stasjoner. For VT4 var det høye konsentrasjoner (opptil 3 mg/L) i juli 2019, før konsentrasjonene sank igjen i løpet av høsten 2019 (sommerverdier mangler for 2018). For VT3 er det en mindre markant økning i sommerverdier, og konsentrasjonene er lavere enn ved VT4. For begge stasjoner er det generelt lavere konsentrasjoner av DOC i løpet av vintermånedene (november til februar), mens det er høyere konsentrasjoner i løpet av våren og sommeren. Figur 39 og Figur 40 viser variasjon i fDOM for de samme stasjonene i 2019, og det er en klar sesongvariasjon, med høyere fDOM om sommeren enn om vinteren, i tillegg til høyere verdier lenger inne i Oslofjorden ved VT4 enn ved VT3 (legg merke til forskjell i skala).

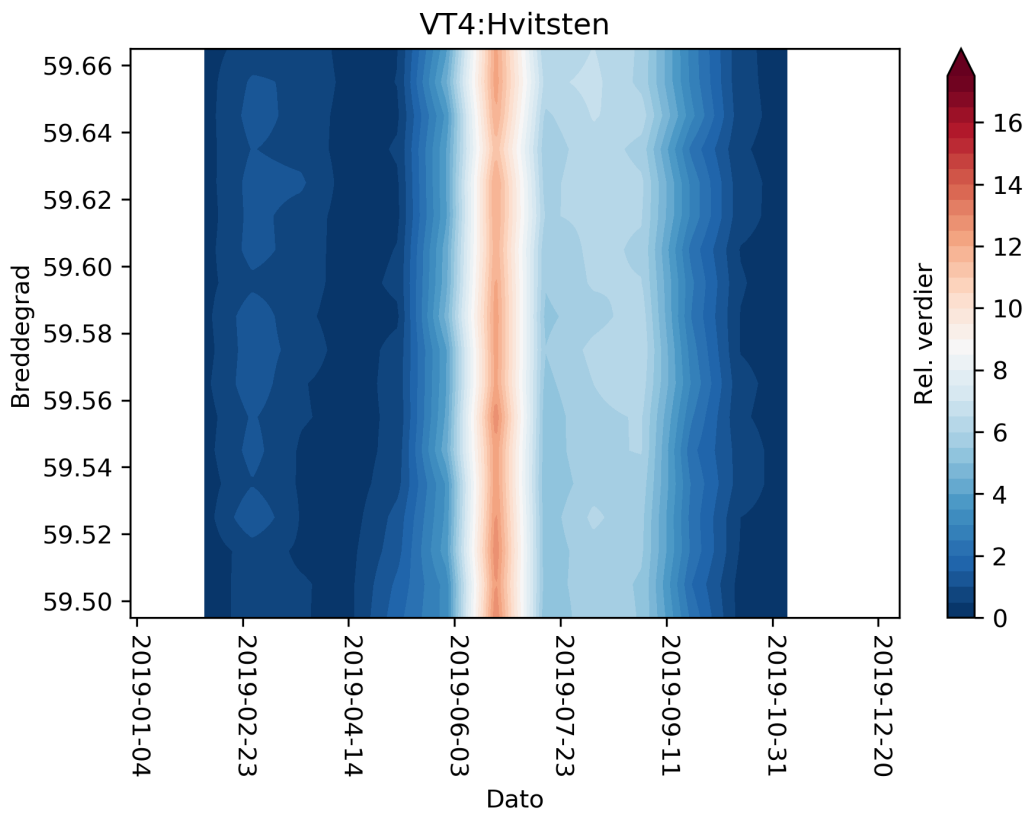
I Figur 41 og Figur 42 vises samvariasjon mellom DOC-konsentrasjoner og andre målte variabler. For både VT4 og VT3, ser vi at det er et tydelig omvendt forhold mellom DOC konsentrasjonen og saltholdighet, det betyr at DOC konsentrasjonen øker når saltholdigheten synker. For VT3 er DOC konsentrasjonen målt på fem dyp mellom 0 og 30m, og vi ser at variasjonen er størst i overflatelaget, hvor innblanding av elvevann er mest markant, mens variasjonen synker med dypet, hvor det er høyere saltholdighet og mer marine vannmasser. Som vist i Figur 42 (høyre panel) så er det et tydelig positivt forhold mellom DOC og POC konsentrasjonene, men årsakssammenhengene rundt dette trengs å undersøkes nærmere. Det er verdt å merke seg at konsentrasjonene av DOC er rundt 10 ganger høyere enn konsentrasjoner av POC (omregnet fra ug/L til mg/L), som viser at det løste organiske materialet utgjør et viktig reservoar for karbon i kystvannet.

Generelt, så viser data fra VT3 og VT4 at DOC konsentrasjonene samvarierer med saltholdighet og at en betydelig del av DOC (og fDOM) i dette området sannsynligvis har opphav fra landbaserte kilder, som er brakt inn gjennom elvene. Dette samsvarer med en nylig studie, hvor Ytre Oslofjord hadde høy DOC og fDOM i overflatelaget gjennom hele året, knyttet til lokale elvetilførsler og blanding med vannmasser fra Østersjøen og sørlige Nordsjøen (Frigstad et al., In Press). Til sammenligning var det høyere sesongvariasjon knyttet til mer kortvarige tilførsler av organisk materiale i de vestlige og nordlige områdene som var inkludert i studien. Det er behov for mer kunnskap om hvor biotilgjengelig dette organiske materialet er

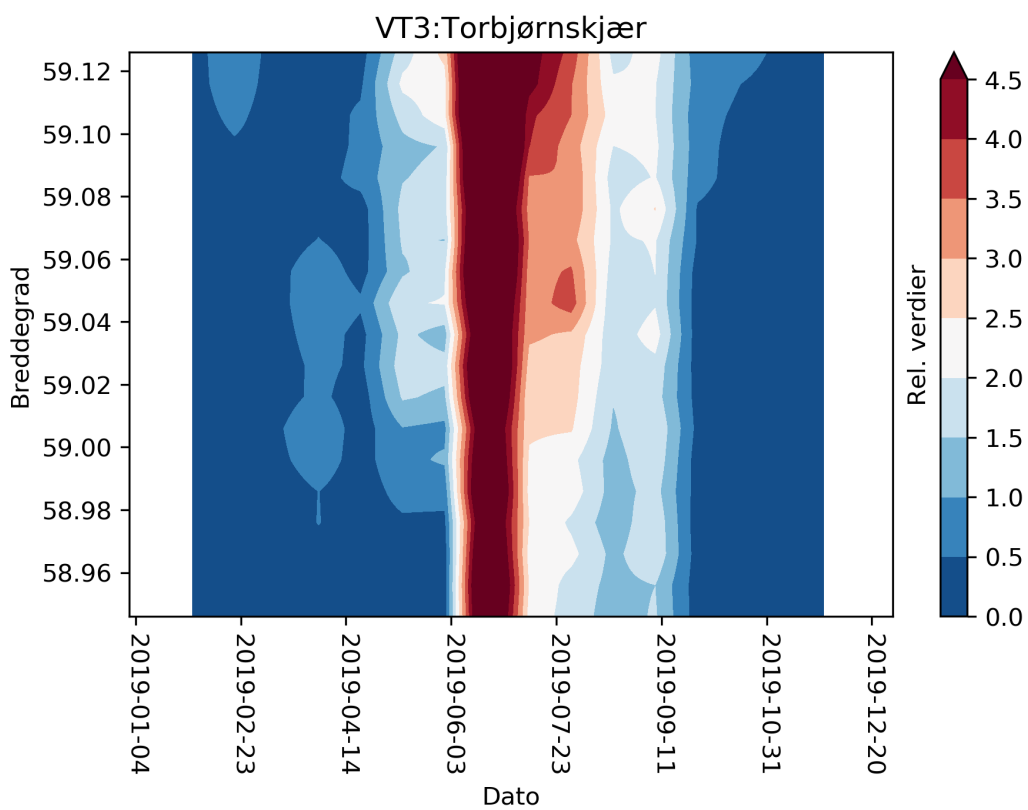
(for både planteplankton og bakterier), og hvordan dette materialet påvirker lysforholdene og sedimentering i kystvannet.



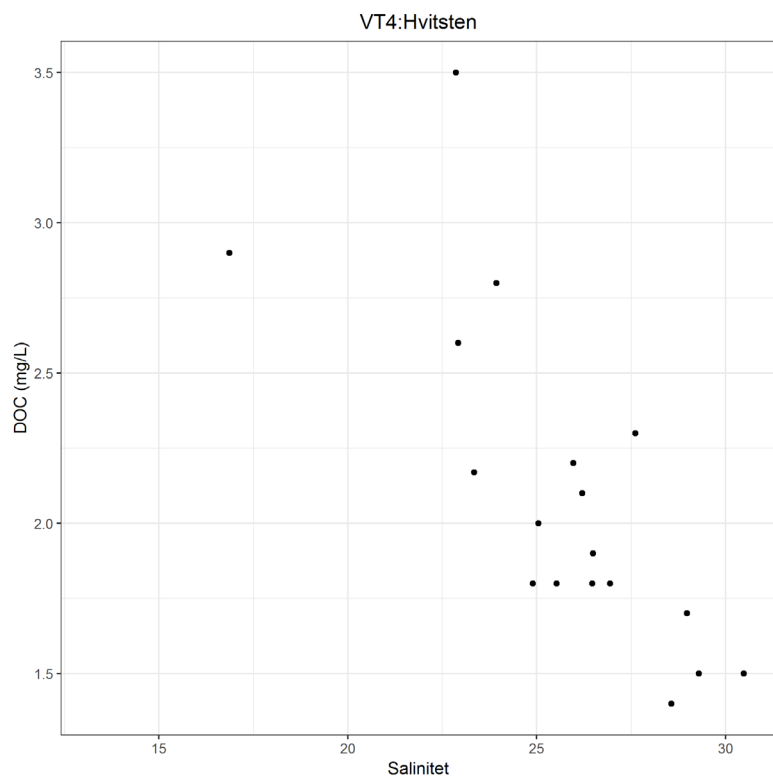
Figur 38. Konsentrasjon av DOC (mg/L) for Hvitsten (VT4) og Torbjørnskjær (VT3) for perioden fra 2017 til 2019.



Figur 39. Relative verdier av fDOM for Hvitsten (VT4) for 2019.

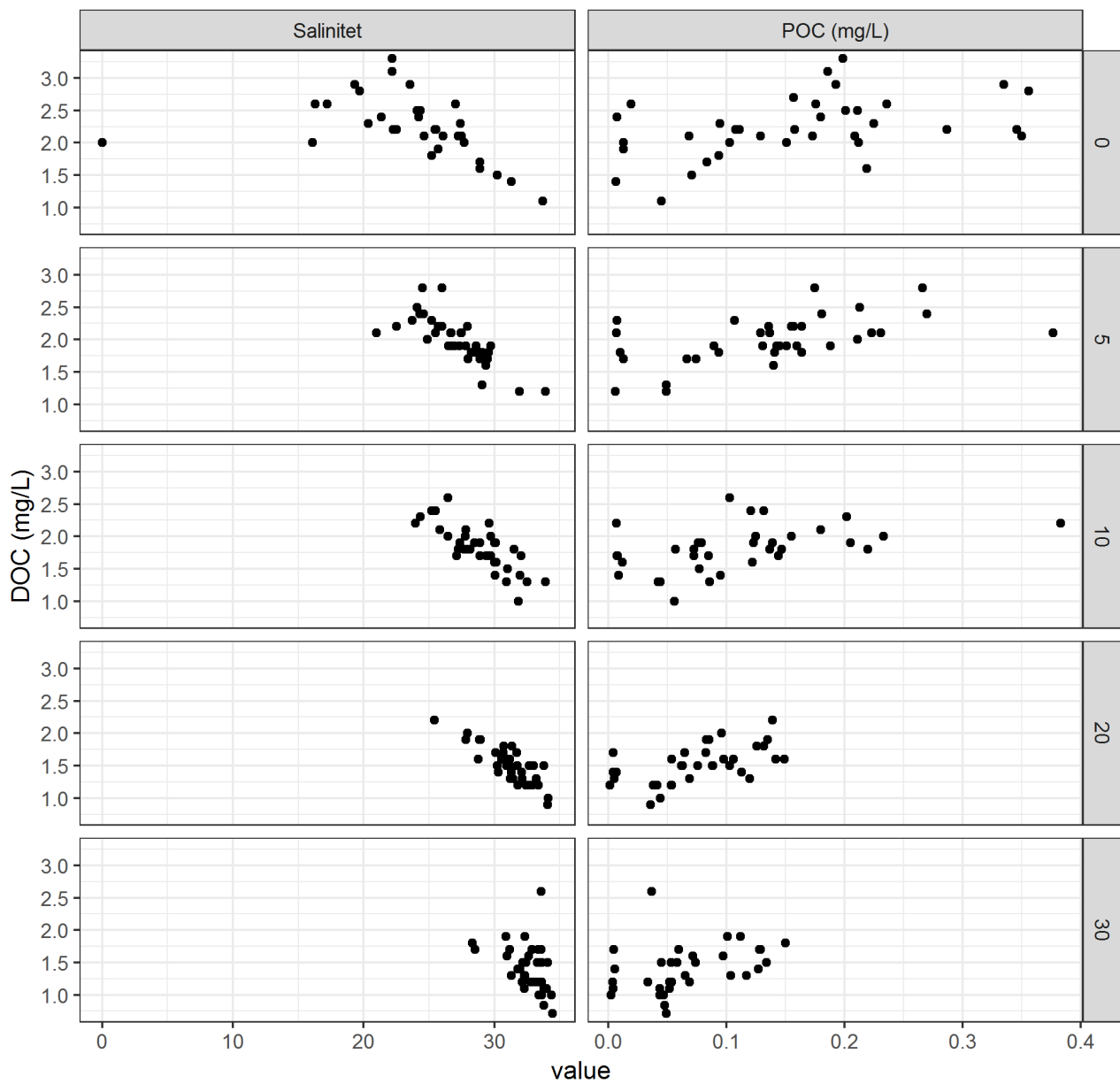


Figur 40. Relative verdier av fDOM for Torbjørnskjær (VT3) for 2019.



Figur 41. DOC-konsentrasjon (mg/L) ved Hvitsten (VT4) plottet mot saltholdighet.

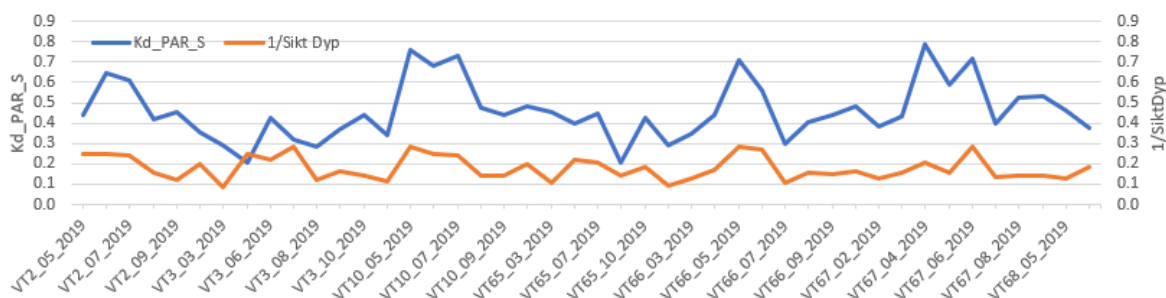
VT3: Torbjørnskjær



Figur 42. DOC-konsentrasjon (mg/L) ved Torbjørnskjær (VT3) plottet mot saltholdighet og POC.

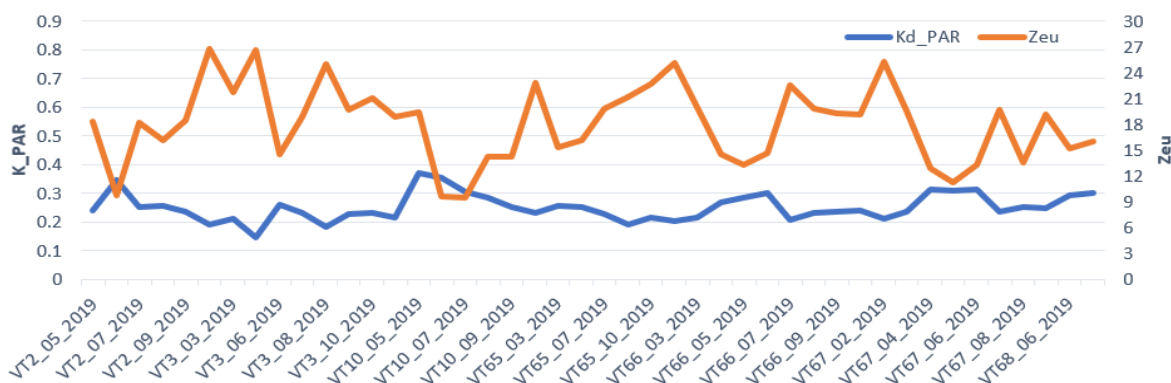
6.8 Lys

Fra lysmålingene beregnes det tre optiske størrelser, hhv svekningskoeffisienten til nedoverrettet lys integrert ned til siktdypet ($K_d_PAR_S$), ned til 1% lysdypet (K_d_PAR) og 1% lysdypet eller eufotisk dyp (Zeu). Figur 43 viser plott av $K_d_PAR_S$ og $1/Siktdyp$ for alle stasjonene gjennom 2019. Vintermålinger av lys er utfordrende med korte dager så vi har kun benyttet data mellom februar og oktober. K_d -verdiene ligger mellom 0,2 og 0,8 (m^{-1}) hvorav stasjonene VT66 (Håøyfjorden), VT67 (Langesundsfjorden) og VT10 (Breiangen Vest) har gjennomgående noe høyere verdier.



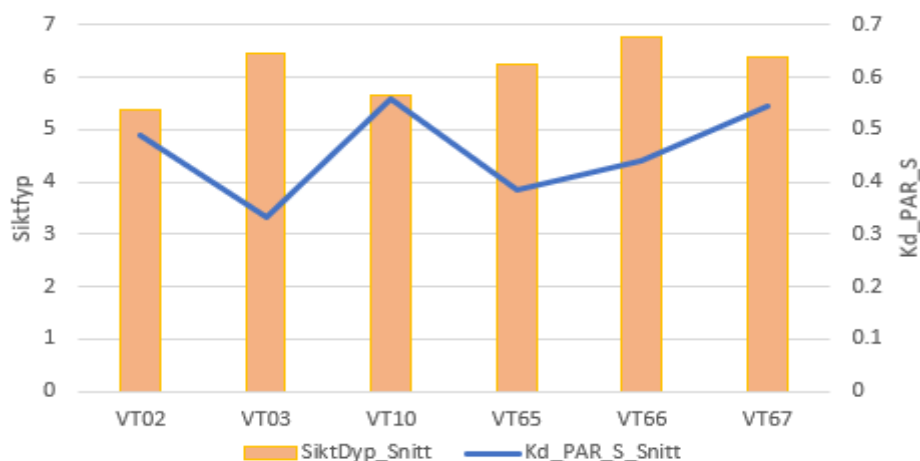
Figur 43. Plott av svekningskoeffisienten til nedoverrettet diffust lys integrert til siktdypet ($K_d_PAR_S$, m^{-1}) og inverse siktdypet (m^{-1}) for alle stasjoner for 2019.

Figur 44 viser plott av K_d_PAR og eufotisk dyp (Zeu) definert som 1% lysdyp for alle stasjoner gjennom 2019. K_d_PAR varierer mellom 0,15 og 0,35 m^{-1} dvs. mindre variasjon og lavere verdier enn overflatelaget ned til siktdypet ($K_d_PAR_S$). 1% lysdypet (Zeu) varierer mellom 9,5 m (min) og 27 m (maks).



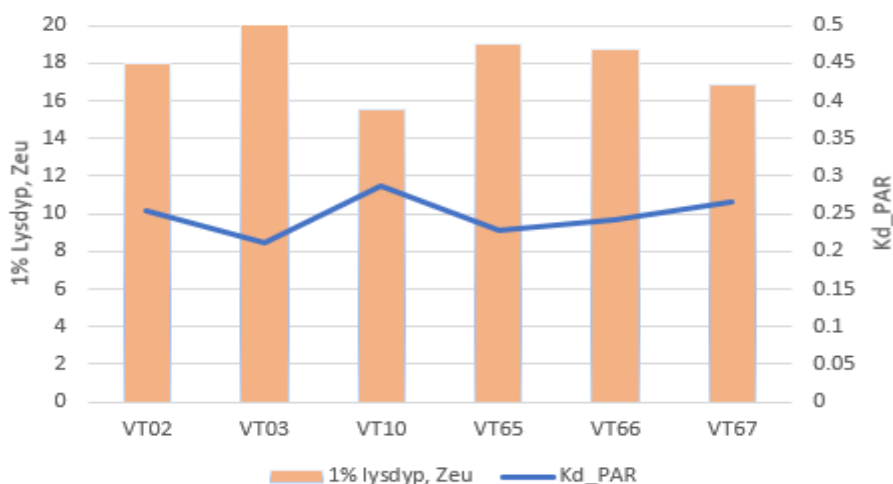
Figur 44. Plott av svekningskoeffisienten til nedoverrettet diffust lys integrert til 30 m (K_d_PAR , m^{-1}) og eufotisk dyp definert som 1% lysdyp (Zeu, m) for 2019.

I Figur 45 vises de midlede verdier for siktdypet og svekningskoeffisienten for PAR integrert ned til siktdypet for perioden februar til oktober. Svekningskoeffisienten ligger mellom 0,35 og 0,55 m^{-1} med de laveste verdier på åpne stasjoner i Ytre Oslofjord som Torbjørnskjær (VT3), VT65 (Missingen) og til dels VT66 (Håøyfjorden), mens de mer beskyttede stasjonene som Breiangen Vest (VT10) og Langesundsfjorden (VT67) har høyest lyssvekning (dårligste lysforhold).



Figur 45. Plott av gjennomsnittlig svekningskoeffisient til nedoverrettet diffust lys integrert til siktdypet (Kd_{PAR_S} , m^{-1}) og gjennomsnitt for siktdypet for alle stasjonene i 2019.

Figur 46 viser gjennomsnittlig svekningskoeffisient integrert ned til 30 m sammen med 1% lysdypet for PAR. Det gjennomsnittlige 1% lysdypet varierer lite i området og ligger mellom 15,5 og 20 m. Det samme gjelder Kd_{PAR} som kun varierer mellom 0,21 og 0,29 m^{-1} .



Figur 46. Plott av gjennomsnittlig svekningskoeffisient til nedoverrettet diffust lys integrert til 30 m (Kd_{PAR} , m^{-1}) og gjennomsnitt for 1% lysdyp (Zeu) for alle stasjonene i 2019.

Sett samlet så viser siktdyp og lyssvekning at VT2 (Bastøy), VT10 (Breiangen Vest) og VT67 (Langesundsfjorden) har de dårligste lysforholdene i de øvre vannlag ned til siktdypet, som indikerer større påvirkning av partikler, planteplankton eller oppløst materiale. Ved makroalgestasjon HT194 Gullholmen som er lokalisert ved Jeløya, mellom vannmassestasjon VT2 og VT10, var tilstanden basert på nedre voksegrense for makroalger (MSMDI) «dårlig» i 2019. Den «dårlige» tilstanden skyldes bortfall av enkelte algearter som tidligere fantes på stasjonen samt redusert voksedyp for blant annet sukkertare. Det er sannsynlig at dårlig tilstand i makroalgesamfunnet kan ha sammenheng med særlig dårlige lysforhold i dette området av fjorden.

Vannmassestasjonene VT3 (Torbjørnskjær) og VT65 (Missingen) kommer best ut for siktdyp og lyssvekning. Gjennomsnittlig nedre voksedyp definert som 1% lysdyp (Zeu) varierer mellom 15 og 20 m for området, med en variasjon (min/maks) mellom 9.5 og 27m

7. Fremmede arter

I 2019-undersøkelsene ble det gjort funn av fem fremmede arter i delprogram Skagerrak. Funnene omfatter: Stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*), manhattan sekkedyr (*Molgula manhattensis*), japansk sjølyng (*Dasysiphonia japonica*), krokbærer (*Bonnemaisonia hamifera*) og japansk drivtang (*Sargassum muticum*).

Tabell 21 gir en oversikt over hvilke stasjoner, forekomst og dyp artene er observert på og den økologiske risikoen disse artene vurderes å utgjøre for hjemmehørende arter og økosystemer.

Stillehavsøsters (Figur 47) er en fremmed art som har etablert seg i Skagerrak. I Sverige er arten nå etablert langs hele vestkysten sør til Falkenberg. Den er vurdert til å ha svært høy økologisk risiko. Den økologiske risikoen er en kombinasjon av invasjonspotensial og økologisk effekt (Gederaas m fl. 2012).

Frem til 2006 var det kun registrert to funn av viltlevende stillehavsøsters i Norge, ett i Hordaland (Tynes) og ett i Telemark (Kragere) (Norling & Jelmert, 2010). I 2007 ble det i forbindelse med gjennomføring av det nasjonale programmet for kartlegging av marine naturtyper påvist flere større bestander i Vestfold (Norling & Jelmert, 2010). I overvåkingsprogrammet for Ytre Oslofjord var stillehavsøsters ikke observert før den i 2014 ble funnet på seks stasjoner (Gitmark et. al 2015). I 2017 ble det observert stillehavsøster på 10 stasjoner, bl.a. på stasjon HR152 (G3) (Gitmark & Walday 2018). På de sju undersøkte stasjonene under ØKOKYST Skagerrak ble stillehavsøsters for første gang registrert i 2016, da på stasjon HT3 Veslekalven og HT176 Brattholmen.

Manhattan sekkedyr er en kryptogen art med ukjent opprinnelse. Det er usikkert når arten kom til Norge men den er registrert på Vestlandet allerede før år 1900. Arten har en kortvarig larvefase og dermed lav egenspredning. Det er ikke dokumentert negativ økologisk effekt av sekkedyret på stede egne arter og *M. manhattensis* er foreløpig vurdert til å ha «lav økologisk risiko» (Fremmedartslista 2018). På stasjon HT176 Brattholmen ble arten funnet som enkeltfunn på åtte meters dyp i 2011 og har tidvis blitt observert på stasjonen gjennom overvåkingsperioden. I 2018 og 2019 ble sekkedyret observert med «spredt» til «vanlig» forekomst ved tre og fire meters dyp på HT176 Brattholmen. *M. manhattensis* ble også observert med «spredt» forekomst på åtte meters dyp ved stasjon A03 Lyngholmene i 2019.

Japansk sjølyng er en fremmed art som første gang ble registrert i Norge i 1996, og nå er etablert langs store deler av kysten fra svenskegrensen til Kristiansund. Den er vurdert til å ha svært høy økologisk risiko (Gederaas m fl. 2012). I Oslo-området ble japansk sjølyng først registrert i 2005 i Drøbak og Sandefjordsfjorden (Norling & Jelmert, 2010). Arten ble for første gang registrert på HT4 Færder i 2018. På HT3 Veslekalven, HT5 Åkerø, HT177 Store Arøya og HT178 Risøyodden er den registrert siden overvåkingen startet på stasjonene i 2009/2010. På stasjon HT176 Brattholmen ble arten for første gang registrert med et enkeltfunn i 2014. Undersøkelser av makroalgesamfunn ble utført for første gang på stasjon HT194 Gullholmen i 2018, mens det ved tidligere undersøkelser kun har blitt registrert nedre voksegrense for utvalgte arter på denne stasjonen. Det kan derfor ikke utelukkes at japansk sjølyng har forekommet her tidligere.

Krokbærer er en fremmed art som for første gang ble funnet i Norge i 1902. Den er vurdert til å ha svært høy økologisk risiko (Gederaas m fl. 2012). Arten har en livssyklus hvor det inngår to morfologisk svært ulike thalli; et lite og enradet diploid tetrasporofyttstadium, og et flerradet haploid gametofyttstadium. Det er gjort svært få observasjoner av gametofyttstadiet i Norge, mens tetrasporofyttstadiet til arten er svært vanlig og har stor utbredelse i Norge (Fremmedartslista 2018). I ØKOKYST-Skagerrak er det registrert tetrasporofyttstadier på alle stasjoner siden starten av overvåkingen.

Japansk drivtang ble først observert i Norge i 1988 og har spredt seg raskt og over store områder siden. Den nordligste observasjonen er ved Runde på Vestlandet. Arten etablerer seg i tette bestander og kan fortrenge viktige habitatdannende arter som sukkertare, slik at også annet tilknyttet dyreliv påvirkes negativt. Arten er flerårig, men store deler av planten går i forråtnelse om høsten og kan dermed bidra til dårlige bunnforhold og oksygenvinn under nedbrytingsfasen. Arten har stort invasjonspotensiale og er vurdert til å ha *svært høy økologisk risiko* (Fremmedartslista 2018). Arten ble funnet som enkeltfunn på stasjon HT3 Veslekalven i 2009 og i 2019. Ved stasjon HT5 Åkerø ble japansk drivtang første gang funnet i 2019, som enkeltfunn på 8 m og med spredt forekomst på 6 m dyp.



Figur 47. Stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*) ble funnet på 5 stasjoner i 2019. (Foto: Janne K. Gitmark)

Tabell 21. Fremmede arter registrert på de sju undersøkte stasjonene i ØKOKYST Skagerrak i 2019. SE= Svært høy økologisk risiko, LO= Lav økologisk risiko. PH= Potensiell høy økologisk risiko.

Registreringer av fremmede arter i ØKOKYST Skagerrak 2019						
Latinsk navn	Norsk navn	Risiko	Stasjonsnr.	Stasjonsnavn	Dyp	Mengde
<i>Crassostrea gigas</i>	Stillehavsøsters	SE	HT5	Åkerø	0 m	vanlig

Registreringer av fremmede arter i ØKOKYST Skagerrak 2019						
Latinsk navn	Norsk navn	Risiko	Stasjonsnr.	Stasjonsnavn	Dyp	Mengde
			HT194	Gullholmen	0-1 m	Spredt (0-2 m)
			HT3	Veslekalven	0 m	spredt
			HT176	Brattholmen	0-3 m	Spredt (0-3 m)
			HT177	Store Arøya	0 m	spredt
<i>Molgula manhattensis</i>	Manhattan sekkedyr	LO	HT176	Brattholmen	3-4 m	spredt (4 m) vanlig (3 m)
			A03	Lyngholmene	8	spredt
<i>Dasysiphonia japonica</i>	Japansk sjølyng	SE	HT4	Færder	12 m	spredt
			HT5	Åkerø	10-20 m	enkeltfunn (20 m) spredt (10, 13-18 m) vanlig (11-12 m)
			HT194	Gullholmen	6, 10 m	enkeltfunn (10 m) spredt (6 m)
			HT3	Veslekalven	6-14 m	enkeltfunn (12-14 m) spredt (6-10 m)
			HT176	Brattholmen	6-14 m	enkeltfunn (12, 14 m) spredt (6-10 m)
			HT177	Store Arøya	8-18 m	spredt (8-10, 13-16 m) vanlig (11-12, 17-18 m)
			HT178	Risøyodden	6-16 m	spredt
<i>Bonnemaisonia hamifera*</i>	Krokbærer	SE	HT4	Færder	2-4, 10, 16 m	enkeltfunn (10, 16 m) spredt (4 m) vanlig (3 m) dominerende (2 m)
			HT5	Åkerø	2-22 m	enkeltfunn (18-22 m) spredt (7-8, 12 m) vanlig (5-6 m) dominerende (2-4 m)
			HT194	Gullholmen	3-12 m	enkeltfunn (12 m) spredt (7-10 m) vanlig (3-6 m)
			HT3	Veslekalven	0-10 m	enkeltfunn (10 m) spredt (0-2, 7-8 m) vanlig (5-6 m) dominerende (3-4 m)
			HT176	Brattholmen	4-6, 16 m	enkeltfunn (16 m) spredt (6 m) vanlig (5 m) dominerende (4 m)
			HT177	Store Arøya	2-16 m	spredt (2, 5-10, 13-16 m) vanlig (3, 11-12 m) dominerende (4 m)
			HT178	Risøyodden	3-4, 10, 14 m	enkeltfunn (10, 14 m) dominerende (3-4 m)
<i>Sargassum muticum</i>	Japansk drivtang	SE	HT5	Åkerø	6, 8 m	enkeltfunn (8 m) spredt (6 m)
			HT3	Veslekalven	4 m	enkeltfunn

8. Konklusjon og samlet vurdering

Denne rapporten inngår i rapporteringen fra overvåkingsprogrammet "Økosystemovervåking i Kystvann - ØKOKYST", og skal også dekke inn deler av den nasjonale basisovervåkingen. ØKOKYST har flere mål: overvåke og rapportere miljøtilstanden samt samle kunnskapsgrunnlag for videreutvikling av klassifiseringssystemet under vannforskriften.

Stasjonene som overvåkes i dette delprogrammet ligger i den nordøstlige delen av økoregion Skagerrak (S) i Ytre Oslofjord (Figur 2). Undersøkellesområdet er avgrenset av Drøbaksundet i nord og mellom Hvaler og nordlige deler av Jomfruland i sør, og dekker Oslofjorden, Drammensfjorden og Grenlandsfjordene. Stasjoner er overvåket tidligere gjennom Kystovervåkingsprogrammet og «Overvåkingsprogrammet for Ytre Oslofjord».

I 2019 bestod ØKOKYST-programmet av totalt 18 stasjoner (7 makroalger, 4 bløtbunnsfauna, 7 planteplankton/støtteparametere, Tabell 4) og dekket 14 vannforekomster fordelt på vanntypene S1 (åpen eksponert kyst), S2 (moderat eksponert kyst/fjord) og S3 (beskyttet kyst/fjord). Årsrapporten for 2019 inkluderer i tillegg resultater fra en makroalgestasjon, to bløtbunnstasjoner og en planteplankton/støtteparameter stasjon i Ytre Oslofjord som har blitt samlet inn gjennom programmene «Lange tidsserier» og «ØKOKYST Ferrybox».

Ytre Oslofjord er et stort område som inkluderer åpne kystområder, fjorder samt et stort estuarie på østsiden ved Hvaler. Det er et dynamisk fjordsystem og de topografiske forholdene deler området i en rekke mindre og større bassenger og fjordområder. Det er stor grad av vanntransport mellom Ytre Oslofjord og Skagerrak og Nordsjøen, med tilførsel av vannmasser fra Skagerrak og Nordsjøen i intermedieære vannlag. Overflatelagene i Ytre Oslofjord er i hovedsakelig påvirket av tilførsler fra de store vassdragene Glomma, Drammenselva, Numedalslågen og Skienselva.

Tilstanden til vannforekomstene i undersøkelsesområdet, basert på de biologiske kvalitetselementene, varierte fra «dårlig» til «god» tilstand (Tabell 22).

For klassifisering av vannmassene slår lave oksygenmålinger ut på klassifiseringen og trekker tilstanden ned en tilstandsklasse ved stasjonene VT3, VT67, VT66 og VT68. I Håøyfjorden var tilstanden på bløtbunn «svært dårlig» med nesten ingen dyr til stede. Dette samsvarer med tilstanden i vannmassen, og oksygen spesielt, som også ga «svært dårlig» tilstand.

På alle stasjonene er partikkelkonsentrasjonen høyest i vannet i de øverste 10 meterne på sommeren. Partikler som bringes ut i fjorden med elvevann, eller som dannes i vannmassene, vil til slutt sedimentere på bunn, og dette kan påvirke bentisk flora og fauna. Artsregistreringer over tid viser at forekomsten av vannfiltrerende dyr har økt gjennom overvåkingsperioden (2009-2019) og er en sannsynlig respons på at mengden partikler i vannet øker (Figur 4). For en bedre forståelse av utvikling og effekter av økt partikkelkonsentrasjon anbefales det at data fra de forskjellige ØKOKYST programmene analyseres sammen med observasjoner fra satellitt som kan levere estimat av TSM basert på optiske målinger. Data fra elveovervåkingsprogrammet samt turbiditetsdata fra FerryBox-programmet bør også nyttiggjøres ved en slik analyse.

For hardbunn oppnår fem av de totalt åtte undersøkte stasjoner dårligere tilstand enn «god» i 2019. Det har vært en negativ trend og tilstandsreduksjon for makroalger (MSMDI) de siste seks årene (2014-2019) sammenlignet med første del av overvåkingsperioden (2009-2013). Tilstandsforringelsen skyldes

hovedsakelig at flere av algeartene som inngår i MSMDI opptrer i redusert forekomst sammenlignet med tidligere observasjoner, samt at voksedypet for enkeltarter er redusert. «Dårlig» til «moderat» tilstand for makroalger er utslagsgivende for den tilstanden i de fire vannforekomstene Færder, Singlefjorden, Svenner - Rauer og Breiangen øst. Det må merkes at makroalger er det eneste undersøkte biologiske kvalitetselement (BKE) i de tre sistnevnte vannforekomstene.

Med unntak av stasjon BT128 Håøyfjorden, var tilstanden på bløtbunn minst «god». Det må også merkes at samtlige stasjoner viste en svak forbedring i tilstand fra 2018 til 2019, som er positivt. Bløtbunnsstasjonen ved Bastøy (BT80) er samlokalisert med en vannmassestasjon (VT2). Oksygennivået målt i 2017-2018 tilsvarte her «svært god» tilstand, hvilket stemmer godt overens med «god» tilstand på bløtbunn. Og i Håøyfjorden medførte dypvannsutskiftningen våren 2018 at dyrelivet på bunnen tok seg opp, selv om tilstanden kun er «moderat».

Blant bløtbunnsstasjonene i Oslofjord-området, er det et mønster at de tre stasjonene hvor det finner sted tråling, har et lavere antall arter enn de to stasjonene uten tråling. Disse tre stasjonene er de mest ytre av de overvåkede stasjonene. Vanligvis avtar antall arter innover i en fjord, og at man finner motsatt mønster her, styrker antakelsen ut fra vurderingen av hver stasjon om at tråling påvirker bunnsamfunnene. For å få et mål på hvorvidt produktiviteten til bunnsamfunnene er redusert, anbefales å måle biomasse som et supplement i fremtidig overvåking. Videre anbefales en mer inngående analyse av hvorvidt faunaens rolle som næringsgrunnlag for høyere trofisk nivå som fisk er svekket, og hvor stort område dette kan gjelde for.

Basert på det biologiske kvalitetselementet planteplankton oppnår seks av åtte pelagiske stasjoner «god» tilstand, mens VT10 har «moderat» tilstand og VT3 Torbjørnskjær klassifiseres til «svært god» tilstand. Støtteparameteren oksygen (lite oksygen i bunnvannet) og høye verdier av nitrat varierer fra «moderat» til «dårlig» tilstand og trekker ned samlet tilstand ved stasjonene VT10 Breiangen vest, VT3 Torbjørnskjær, VT66 Håøyfjord og VT67 Langesundsfjorden. Ved stasjon VT66 Håøyfjord og VT67 Langesundsfjorden i Grenland, nedgraderes stasjonenes samlede tilstand fra «god» til «moderat» på bakgrunn av de fysiske-kjemiske støtteparameterne, mens stasjon VT3 Torbjørnskjær nedgraderes fra «svært god» til «god» tilstand av samme årsak.

Tabell 22. Tilstandsklassifisering av vannforekomster i delprogram Skagerrak i 2019. Farge indikerer tilstandsklasse basert på nEQR-verdi pr stasjon og kvalitetselement. Samlet vurdering er basert på dårligste kvalitetselement. Stasjonsnummer er gitt i tabellen. Skraverete felt betyr at det ikke er tilstrekkelig datagrunnlag for tilstandsklassifisering eller at grenseverdier mangler for området og / eller vanntypen.

Vannforekomst	Vann- type	Samlet tilstand pr vannfore- komst	Stasjoner og tilstandsklassifisering per kvalitetselement				Tilstands- klasser	
			Makro- alger	Bløtbunns-fauna		Plante- plankton		Støtte- parametere
			MSMDI	nEQR _(stasjon)		Chl <i>a</i>		
Torbjørnskjær	S1	III	HT5	BT41*	BT137	VT3	VT3	I. Svært god
Singlefjorden	S3	III	HT176					II. God
Ytre Oslofjord- Øst	S2	II	HT3					III. Moderat
Færder	S1	IV	HT4	BT40*				IV. Dårlig
Svenner - Rauer	S1	III	HT192*					V. Svært dårlig
Midtre Oslofjord - vest	S2	II		BT80		VT2	VT2	
Hurum	S3	II		BT71		VT4**	VT4**	
Breiangen vest	S3	III				VT10	VT10	
Breiangen øst	S2	IV	HT194					
Håøyfjorden	S3	IV		BT128		VT66	VT66	
Langesundsfjorden	S3	III	HT178			VT67	VT67	
Helgeroafjorden	S2	II	HT177					
Skrurena	S1	II				VT68	VT68	
Ytre Oslofjord	S2	II				VT65	VT65	

*Stasjonene prøvetatt i programmet «Lange tidsserier»

**Stasjonen prøvetatt i programmet «ØKOKYST Ferrybox»

Tabell 23. Samlet tilstandsvurdering basert på støtteparametere innhentet i vinter-, sommer- og høstperioden. Dårligste parameter vil være utslagsgivende. Parameter som er utslagsgivende for de ulike vannforekomstene er gitt. Skravur betyr at det ikke er tilstrekkelig datagrunnlag for tilstandsklassifisering (< 3 år).

Stasjonsnummer og navn	År	Tilstands klasse	Utslagsgivende parameter	Tilstands-klasser
VT10 Breiangen	2017-2019	0,6	Oksygen	<div style="background-color: #008080; color: white; padding: 5px; text-align: center;">Tilstands-klasser</div> <div style="background-color: #00B0F0; color: white; padding: 5px; text-align: center;">I. Svært god</div> <div style="background-color: #90EE90; color: black; padding: 5px; text-align: center;">II. God</div> <div style="background-color: #FFFF00; color: black; padding: 5px; text-align: center;">III. Moderat</div> <div style="background-color: #FFA500; color: black; padding: 5px; text-align: center;">IV. Dårlig</div> <div style="background-color: #FF0000; color: white; padding: 5px; text-align: center;">V. Svært dårlig</div>
VT2 Bastø	2017-2019	0,7	Oksygen	
VT65 Missingen	2017-2019	0,7	Oksygen	
VT3 Torbjørnskjær	2017-2019	0,6	Oksygen	
VT67 Langesundsfjorden	2017-2019	0,5	Oksygen, nitrat sommer	
VT66 Håøyfjorden	2017-2019	0,1	Oksygen	
VT4 Hvitsten	2017-2019	0,7	NO3 og Tot-P sommer	
VT68 Jomfrulandsrenna	2018-2019	0,7	Oksygen	

9. Referanser

- Aksnes, D. L., N. Dupont, A. Staby, O. Fiksen, S. Kaartvedt, and J. Aure. 2009. Coastal water darkening and implications for mesopelagic regime shifts in Norwegian fjords. *Marine Ecology Progress Series* 387:39-49.
- Bérard-Therriault L, Poulin M, Bossé L. 2009. Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent incluant également certains protozoaires. *Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences*. 128: 387 pp.
- Hansell, A. H., and C. A. Carlson, editors. 2015. *Biogeochemistry of marine dissolved organic matter*. Second Edition. Elsevier.
- Fagerli, C. W., Ruus, A., Borgersen, G., Staalstrøm, A., Green, N., Hjermmann, D. Ø., Selvik, J. R. (2016) Tiltaksrettet overvåking av grenlandsfjordene i henhold til vannforskriften. Overvåking for konsortium av 11 bedrifter. NIVA-rapport 7049-2016. 211s.
- Frigstad, H., T. Andersen, D. O. Hessen, E. Jeansson, M. Skogen, L. J. Naustvoll, M. W. Miles, T. Johannessen, and R. G. J. Bellerby. 2013. Long-term trends in carbon, nutrients and stoichiometry in Norwegian coastal waters: Evidence of a regime shift. *Progress in Oceanography* 111:113-124.
- Helene Frigstad, Øyvind Kaste, Anne Deininger, Karsten Kvalsund, Guttorm Christensen, Richard G.J. Bellerby, Kai Sørensen, Marit Norli, Andrew L. King. In Press. Influence of riverine input on Norwegian coastal systems. *Frontiers in Marine Science*.
- Gederaas, L., Moen, T.L., Skjelseth, S. & Larsen, L.-K. (red.) 2012. Fremmede arter i Norge - med norsk svarteliste 2012. Artsdatabanken, Trondheim.
- Gitmark, J., Christie, H., Fagerli, C. W., Kile, M. R. 2016. Høstundersøkelser av makroalgسامfunn ved utvalgte lokaliteter, Rogaland og Sogn og Fjordane. Miljødirektoratet M-640. 29 s.
- Gitmark, J.K., Fagerli, C.W., Beylich, B., Walday, M. (2015) Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018. Bentosundersøkelser i 2014. Fagrapport. NIVA rapport 6822-2015. 25 s.
- Gitmark, J.K., Walday, M. (2018) Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018. Bentosundersøkelser i 2017. Fagrapport. NIVA rapport, in press.
- Hansell, D.A. og Carlson, C.A. (2002) *Biogeochemistry of Marine Dissolved Organic Matter*. Elsevier Academic Press, London.
- Hoppenrath M, Elbrächter M, Drebes G. 2009. *Marine Phytoplankton*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart. 264pp.
- ISO/FDIS 19493-2007. Water quality - Guidance on marine biological surveys on hard substrate communities. ISO Std.
- Jensen KG, Moestrup Ø. 1998. The genus *Chaetoceros* (Bacillariophyceae) in inner Danish coastal waters. *Nordic Journal of Botany* 18: 88 pp.
- Moy, F. E., Christie, H. (2012) Large-scale shift from sugar kelp (*Saccharina latissima*) to ephemeral algae along the south and west coast of Norway, *Marine Biology Research*, 8:4, 309-321, DOI: 10.1080/17451000.2011.637561.
- Moy, F. E., Trannum, H. C., Naustvoll, L. J., Fagerli, C. W. Norderhaug, K. M. (2017). Økokyst delprogram Skagerrak. Årsrapport 2016. Miljødirektoratet M-727. 60s.
- Norling, P., Hjelmert, A. 2010. Fremmede marine arter i Oslofjorden. NIVA rapport 5919-2010. 42 s.

- NS-EN 1484 1. utg. november 1997, modifisert. Analysemetode G5-4 Bestemmelse av organisk karbon i sjøvann - Katalytisk forbrenning
- NS 4724. Bestemmelse av fosfat. 2. Utg. 1984. Modifisert ved at metoden er automatisert.
- NS 4725. Bestemmelse av totalfosfor - Oppslutning med peroksodisulfat. 3. Utg. 1984. Modifisert ved at bestemmelsestrinnet er automatisert.
- NS 4733. Vannundersøkelse - Bestemmelse av suspendert stoff i avløpsvann og dets gløderest.
- NS 4746. Vannundersøkelse - Bestemmelse av ammoniumnitrogen. 1 Utg. 1975.
- NS 4743. Vannundersøkelse - Bestemmelse av nitrogen etter oksidasjon med peroksodisulfat. 2. utgave, 1993.
- NS 4745. Bestemmelse av summen av nitritt- og nitrat-nitrogen. 2. Utgave 1991. Modifisert ved automatisering av bestemmelsen.
- NS 4767. Vannundersøkelse - Bestemmelse av klorofyll a, spektrofotometrisk måling i metanolekstrakt.
- NS 9425-3. Oseanografi - Del 3: Måling av sjøtemperatur og saltholdighet. Norsk Standard.
- NS-EN 15972:2011. Vannundersøkelse - Veiledning for kvantitative og kvalitative undersøkelser av marine planktonalger.
- NS-EN ISO/IEC 17025. Generelle krav til prøvings- og kalibreringslaboratoriers kompetanse. Norsk Standard.
- NS-EN ISO 16264. Vannundersøkelse - Bestemmelse av løselige silikater ved automatisert analyse (FIA og CFA) og fotometrisk deteksjon (ISO 16264:2002).
- NS-EN ISO 16665:2013. Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014).
- NS-EN ISO 19493:2007. Veiledning for marinbiologisk undersøkelse av litoral og sublitoral hard bunn (ISO 19493:2007).
- NS-ISO 5667-9:1992. Vannundersøkelse - Prøvetaking - Del 9: Veiledning i prøvetaking av sjøvann
- NS-EN ISO 5667-19. Vannundersøkelse. Prøvetaking. Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder (ISO 5667-19:2004)
- NS-ISO 5813. Vannundersøkelse - Bestemmelse av oppløst oksygen - Iodometrisk metode - (= EN 25813:1992) (ISO 5813:1983).
- NS-ISO 7027. Bestemmelse av turbiditet. 2. Utg. 2000.
- Olenina, I., Hajdu, S., Andersson, A., Edler, L., Wasmund, N., Busch, S., Göbel, J., Gromisz, S., Huseby, S., Huttunen, M., Jaanus, A., Kokkonen, P., Ledaine, I., Niemkiewicz, E., 2006: Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea. *Baltic Sea Environment Proceedings* 106, 144pp.
- Olsgard F, Schaanning M, Widdicombe S, Kendall M, Austen M. Effects of bottom trawling on ecosystem functioning. *J Exp Mar Biol Ecol.* 2008; 366:123-133.
- Sakshaug, E. 1977. Limiting nutrients and maximum growth rates for diatoms in Narragansett Bay. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 28:109-123.
- Stedmon, C. A., S. Markager, and H. Kaas. 2000. Optical properties and signatures of chromophoric dissolved organic matter (CDOM) in Danish coastal waters. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 51:267-278.
- Sørensen, K., King, A., Norli, M., Hjermand, D., Kristiansen, T., Marty, S., Jaccard, P., Eikrem, W., Andersen, J. H. 2020. Use of FerryBox ships of opportunity for monitoring and assessment of eutrophication related to Water Framework Directive. *Eutro* 2018.
- Thomsen HA (ed) 1992. Plankton i de indre danske farvande. *Havforskning fra Miljøstyrelsen.* 11: 330 pp
- Tomas C (ed) 1996. *Identifying Marine Phytoplankton.* Academic Press. New York. 570 pp.

Thingstad, T. F., R. G. J. Bellerby, G. Bratbak, K. Y. Borsheim, J. K. Egge, M. Heldal, A. Larsen, C. Neill, J. Nejstgaard, S. Norland, R. A. Sandaa, E. F. Skjoldal, T. Tanaka, R. Thyrhaug, and B. Topper. 2008. Counterintuitive carbon-to-nutrient coupling in an Arctic pelagic ecosystem. *Nature* 455:387-U337.

Thronsen J, Hasle GR, Tangen K. 2003. Norsk kystplanktonflora. Almater Forlag, Oslo. 341 pp.

Utermöhl H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. int. Verein. theor. angew. Limnol.* 9, 1-38

Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.

Walday, M., Borgersen, G., Beylich, B., Eikrem, W., Gitmark, J., Naustvoll, L. J., Selvik, J. R., Staalstrøm, A., 2019. Overvåking av Ytre Oslofjord i 2014-2018. 5-årsrapport. NIVA-rapport 7423-2019. 99 s + vedlegg.

Walday, M., Gitmark, J., Naustvoll, L. J., Selvik, J. R. og Norli, M. 2018. Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018. Årsrapport for 2017. NIVA rapport 7283-2018. 38 s.

10. Vedlegg

10.1 Makroalger

10.1.1 Tabeller med klassegrenser

MSMDI

Tabell 24. Oversikt over grenseverdier for MSMDI S1, S2 og S3 for klassifisering av makroalger i økoregion Skagerrak (veileder 02:2018, klassifisering av miljøtilstand i vann). Verdiene i kolonnene til høyre for artene er dyp i meter (unntatt i kolonnen lengst til høyre som angir verdi hvis forsvunnet). Veileder 02:2018.

Vanntype Arter (Latin)	Referanse -verdi (dyp m)	5 poeng hvis dyp > x	4 poeng hvis dyp > x	3 poeng hvis dyp > x	2 poeng hvis dyp > x	0 hvis forsvunnet pga. antropogene aktiviteter, ellers ingen ting
S1 (NEA 10) Åpen eksponert kyst						
Krusflik (<i>Chondrus crispus</i>)	18	13	9	5	0	Forsvunnet=0
Svartkluft (<i>Furcellaria lumbricalis</i>)	16	12	9	5	0	Forsvunnet=0
Skolmetang (<i>Halidrys siliquosa</i>)	14	10	8	4	0	Forsvunnet=0
Sukkertare (<i>Saccharina latissima</i>)	16	12	9	5	0	Forsvunnet=0
Krusblekke (<i>Phyllophora pseudocera.</i>)+ Hummerblekke (<i>Coccotylus truncatus</i>)*	30	22	18	9	0	Forsvunnet=0
Teinebusk (<i>Rhodomela confervoides</i>)	16	12	9	5	0	Forsvunnet=0
Fagerving (<i>Delesseria sanguinea</i>)	30	22	18	9	0	Forsvunnet=0
Eikeving (<i>Phyodrys rubens</i>)	29	22	17	9	0	Forsvunnet=0
S2 (NEA 8a) Moderat eksponert kyst/fjord						
Krusflik (<i>Chondrus crispus</i>)	12	8	5	3	0	Forsvunnet=0
Svartkluft (<i>Furcellaria lumbricalis</i>)	16	10	7	4	0	Forsvunnet=0
Skolmetang (<i>Halidrys siliquosa</i>)	10	8	5	3	0	Forsvunnet=0
Sukkertare (<i>Saccharina latissima</i>)	16	10	7	4	0	Forsvunnet=0
Krusblekke (<i>Phyllophora pseudocera.</i>)+ Hummerblekke (<i>Coccotylus truncatus</i>)*	22	18	12	6	0	Forsvunnet=0
Teinebusk (<i>Rhodomela confervoides</i>)	16	12	7	4	0	Forsvunnet=0
Fagerving (<i>Delesseria sanguinea</i>)	25	18	12	6	0	Forsvunnet=0
Eikeving (<i>Phyodrys rubens</i>)	22	15	10	5	0	Forsvunnet=0
S3 (NEA 9) Beskyttet fjord/kyst						
Krusflik (<i>Chondrus crispus</i>)	12	10	7	4	0	Forsvunnet=0
Svartkluft (<i>Furcellaria lumbricalis</i>)	15	12	8	4	0	Forsvunnet=0
Skolmetang (<i>Halidrys siliquosa</i>)	12	10	7	4	0	Forsvunnet=0
Sukkertare (<i>Saccharina latissima</i>)	12	8	6	3	0	Forsvunnet=0
Krusblekke (<i>Phyllophora pseudocera.</i>)+ Hummerblekke (<i>Coccotylus truncatus</i>)*	14	10	8	4	0	Forsvunnet=0
Teinebusk (<i>Rhodomela confervoides</i>)	15	12	8	4	0	Forsvunnet=0
Fagerving (<i>Delesseria sanguinea</i>)	17	13	9	5	0	Forsvunnet=0
Eikeving (<i>Phyodrys rubens</i>)	16	13	8	4	0	Forsvunnet=0

* For krusblekke og hummerblekke benyttes den dypeste registreringen av de to artene.

nEQR verdi for nedre voksegrense (MSMDI) indeksen.

EQR/nEQR verdi	Tilstand
1,00-0,80	Svært god
0,80-0,60	God
0,60-0,40	Moderat
0,40-0,20	Dårlig
0,20-0,00	Svært dårlig

10.1.2 Resultater

Tabell 25. Transektregistreringer. Forekomst per dyp av dyr og alger. 1 = enkeltfunn (0-5 %), 2 = spredt (5-25%), 3 = vanlig (25-75 %) og 4 = dominerende (75-100 %). Forekomst av «sediment» og «bare rock surface» er gitt i prosent dekningsgrad.

HT3 Veslekalven 10.09.2019																																					
Helning	40	30	30	30	30	30	30	60	40	60	80	80	80	80	80	80	80	90	80																		
Dyp	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28							
Sediment (dyreskjema)	0	0	0	10	20		50	40	60	80	60	60	80	80	80	80	80	90	80	100																	
Bare rock surface	10	30	20	30	30		30	60	50	40	30	30	20	20	30	40	70	70																			
Caryophyllia smithii																											3	3	3								
Alcyonium digitatum																							2	2	2	2	2	2	2	2							
Ascidia virginea										2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2							2	2	2	2							
Crania anomala																						2	2	2	2	2	2	2	2	2							
Protanthea simplex																						2	2	2	2	2		3	2	2							
Ascidia mentula											2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2							
Sycon ciliatum																											2			2							
Halecium halecinum																							2	2	2		2			2							
Ciona intestinalis					2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2							
Pomatoceros triqueter		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2							
Gonactinia prolifera															2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2							
Crisia eburnea					3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					2							
Scrupocellaria scruposa					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2													
Porania pulvillus																														1							
Hymedesmia mammillaris													2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						2							
Sabella pavonina																														2							
Kirchenpaueria pinnata																									2					2							
Porifera indet.: globular																														2							
Laomedea longissima											2	2	2						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2							
Sertularella polyzonias										2	2	2	2													2	2	2	2	2							
Asciidiella aspersa								2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2							
Polymastia mammillaris																							2	2	2					2							
Asterias rubens							2	2	2				2	2	2	2	2	2	2											2							
Marthasterias glacialis				2												2	2	2	2	2										2							
Porifera indet.: encrusting - yellow																							2	2	2	2	2	2									
Parasmittina trispinosa																2														2							
Porifera indet.: encrusting - white																																					
Chaetopterus variopedatus																														2							
Urticina felina																														2							
Asciidiella scabra								2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2							
Corella parallelogramma								2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2							
Porifera indet.: encrusting - orange																																					
Asterias rubens			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2																					
Spirorbis borealis				2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2																				
Electra pilosa		3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2																				
Marthasterias glacialis								2	2					2																							
Porifera indet.: encrusting - orange																														2							
Balanus balanus																														2							
Sagartiidae indet.							2	2	2					2																							
Tubulipora sp.						2																															
Spirorbis spirillum														2																							
Metridium senile									2	2	2																										
Membranipora membranacea				2	2	2							2																								
Halichondria panicea		3	4	3	3	2	2	2	2																												
Eudendrium rameum																														2							
Botryllus schlosseri					2	3	2	2	2	2																											
Cryptosula pallasiana						2	2	3	2							2																					
Botrylloides leachi						2	2	2	2	2																											
Leptasterias muelleri						2	2			2																											
Metridium senile pallidus		2	2	2	2																																
Laomedea geniculata					3	2	2																														
Campanularia johnstoni					2	2	2																														
Alcyonidium hirsutum					2																																
Alcyonidium parasiticum					2	2																															
Dynamena pumila		3	2	2																																	
Umbonula littoralis			2																																		
Cribrilina annulata					2	2																															
Mytilus edulis		3	4	2																																	
Littorina littorea		2																																			
Balanus balanoides		3																																			
Crassostrea gigas		2																																			
Littorina obtusata		2																																			
Littorina saxatilis		2																																			

HT3 Veslekalven																																								
10.09.2019																																								
Helning	30	40	0	20	10		10	30	70	70	70	90	70	80	50	60	30	10	40																					
Dyp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30									
Sediment (algeskjema)				2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
Algae Cover	100	100	100	100	100		100		70		50		40		5		1					1																		
Rød skorpeformet kalkalge	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
Brun skorpeformet alge - mørk	2			2			2							3	3	3	2	2	3	4	3	3	4	4	4	3	3	2	2	3	3	2								
Cruoria pellita				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Ceramium virgatum	2	3	3	3	2	2	2		1														1																	
Delesseria sanguinea			2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2		1																							
Heterosiphonia plumosa							2							1																										
Heterosiphonia japonica							2	2	2	2	2		1		1																									
Rhodomela confervoides	1				1				2																															
Polysiphonia stricta													1		1																									
Phycodryis rubens				2											1																									
Pterothamnion plumula									1				1																											
Saccharina latissima				2	2				1		2		1																											
Phyllophora pseudoceranoides					3	2	2	2	2	2	2	2	2	2																										
Coccotylus truncatus																2																								
Desmarestia aculeata							1								1																									
Phyllophora sp.								2	2	2	2	2																												
Dilsea carnosa							1						1																											
Chondrus crispus	2	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2																													
Laminaria hyperborea			2	2	2		1		1																															
Furcellaria lumbricalis		3	2	2	2		2	2	2																															
Halidrys siliquosa							2		1																															
Corallina officinalis							2	2	2																															
Bonnemaisonia hamifera: spor	2	2	2	4	4		3	3	2	2		1																												
Sargassum muticum					1																																			
Callithamnion corymbosum	2	2	2	2	2																																			
Laminaria kimplanter			2		1																																			
Ulva lactuca			2		1																																			
Ahnfeltia plicata	2	2	2		1																																			
Fucus serratus	3	4	2	2																																				
Ceramium tenuissimum										1																														
Chaetomorpha melagonium				1	1																																			
Sphacelaria cirrosa				2																																				
Pylaiella littoralis				2																																				
Membranoptera alata		2	1																																					
Hildenbrandia rubra			3																																					
Cladophora rupestris	3																																							
Polysiphonia fibrillosa	2																																							
Aglaothamnion sepositum	1																																							
Fucus vesiculosus	3																																							
Cladophora albida	1																																							
Ulva intestinalis	3																																							

HT4 Færder																												
10.10.2019																												
Helning		10	10	30	30	20	60	30	90	90	90	80	90	80	80	90												
Dyp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Sediment (dyreskjema)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	10	10	60	80	80	80	20								
Bare rock surface	0	0	0	0	5	10	10	30	10	10	20	20	100	20	20	90												
<i>Ascidia virginea</i>																									2	2	3	
<i>Caryophyllia smithii</i>																		2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	
<i>Ascidia mentula</i>											2	2	3	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	
<i>Alcyonium digitatum</i>									2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	
<i>Echinus esculentus</i>											1						1	1		1						1	1	
<i>Leptasterias muelleri</i>					2	2	2	2	2																		2	
Porifera indet.: encrusting - orange																									3	2	2	2
<i>Polymastia robusta</i>																											1	
Porifera indet.: encrusting - yellow						2								2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
<i>Ciona intestinalis</i>																	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
<i>Marthasterias glacialis</i>						2					1													1	2	2	2	
Polychaeta indet.: soft-tube-dwelling																											2	
<i>Hydroides norvegica</i>																	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	
<i>Asciadiella aspersa</i>								2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2			
<i>Flustra foliacea</i>														2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2			
<i>Marthasterias glacialis</i>					1										1	2	2	2							1			
<i>Parasmittina trispinosa</i>														2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	
<i>Securiflustra securifrons</i>																											2	
<i>Henricia sanguinolenta</i>																				1				1				
<i>Sertularella polyzonias</i>												2	2	2	2	2	2	2						2				
<i>Hyas araneus</i>												1		1		1	2		2				1					
<i>Corella parallelogramma</i>												2	2	2	2	2	2	2	2	2								
<i>Halichondria panicea</i>																			1									
<i>Botryllus schlosseri</i>								2	2	3	2	2					1											
<i>Scrupocellaria reptans</i>						3	3	3	2	2	2	3	3	3	2	2												
Sagartiidae indet.												2	2	2		1												
<i>Cancer pagurus</i>												1		1														
<i>Pomatoceros triqueter</i>												2				2												
<i>Membranipora membranacea</i>								3		3		2																
<i>Laomedea geniculata</i>											3																	
<i>Crossaster papposus</i>											1																	
Invertebrate egg mass: band											1																	
<i>Electra pilosa</i>		2	3	3	3	3	3	2	2	2	2																	
<i>Metridium senile</i>			2								2																	
<i>Asterias rubens</i>			2						2																			
<i>Umbonula littoralis</i>					2	2	2																					
<i>Asterias rubens</i>				3	2																							
<i>Mytilus edulis</i>		3	2	2	3																							
<i>Tubularia larynx</i>				2																								
<i>Crisia eburnea</i>		3	2																									
<i>Campanularia johnstoni</i>					2																							

HT4 Færder																													
10.10.2019																													
Helning			20	10	20		10		30	20	40	90	70	80	70	20	80	80											
Dyp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
Sediment (algeskjema)											2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Algae Cover			80	80	70		100		100		90		60		5		1		5		1		1		1		1		
Rød skorpeformet kalkalge			3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Brun skorpeformet alge - mørk									2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	
Cruoria pellita							2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Phyllophora sp.													2	2	2		1		2		1		1					1	
Delesseria sanguinea							2	2	2	3	3	3	3		1		1		1				1						
Corallina officinalis			3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2		1		1		1										
Bonnemaisonia hamifera: sporphyte			4	3	2							1					1												
Polysiphonia elongata				2	2										1														
Coccotylus truncatus															1														
Laminaria hyperborea							1		1		4	2	2																
Laminaria kimplanter							2	2	2	2	2	2	2																
Heterosiphonia japonica																													
Phyllophora pseudoceranoides							1				2		1																
Polysiphonia brodiei															1														
Cutleria multifida Aglazonia stadiet													1																
Halidrys siliquosa				1	3	4	4	4	4	2	2																		
Laminaria sp.												2																	
Dilsea carnosa												1																	
Saccharina latissima											1																		
Chaetomorpha linum				1																									
Rhodomela confervoides			3	3	3		1																						
Chaetomorpha melagonium			2																										
Chondrus crispus			1																										
Polysiphonia stricta					1																								
Polysiphonia fibrillosa			2	2																									

Akerøya																													
09.09.2019																													
Helning	20	20	30	30	30		70		30		60		60		80		60		80		60		80		60		50		
Dyp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
Sediment (dyreskjema)	0	10	10	10	30		100		80		100		80		90		50		70		90		70		80		50		
Bare rock surface	70	0	10	10	20		90		70		70		70		20		80		70		30		70		80		90		
Caryophyllia smithii																								2	2	2	2	2	
Alcyonium digitatum											2				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Porifera indet.: encrusting - yellow																				2	2							2	
Parasmittina trispinosa																					2	2	2	2	2	2	2	2	
Laomedea longissima															2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Asterias rubens				2																								2	
Crania anomala																							2	2	2	2	2		
Pomatoceros triqueter					2						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Marthasterias glacialis							2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2									2	
Gonactinia prolifera															2							2	2	2	2	2	2	2	
Spirorbis borealis															2								2					2	
Sabella pavonina																				2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Kirchenpaueria pinnata															2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sycon ciliatum													2	2	2	2	2											2	
Ascidia virginea													2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	
Urticina felina																	2	2	2									1	
Ascidia mentula											2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Corella parallelogramma											2													2	2	2	2	2	
Sertularella polyzonias							2	2	2	2	2	2	2					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Ascidiella aspersa											2	2	2	2	3	3	3	3	3									2	
Cancer pagurus					1																							1	
Ciona intestinalis							3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Halecium halecinum																												2	
Balanus balanus											2																	1	
Clavelina lepadiformis															2	2	2	2	2	2	3	2	2						
Homarus gammarus																												1	
Marthasterias glacialis																												1	
Hyas araneus															2	2	2											2	
Prothantha simplex																												1	
Lucernaria quadricornis																												2	
Asterias rubens	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2													1	
Carcinus maenas																													1
Ascidiella scabra							2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Hymedesmia mammillaris																													
Crisia eburnea				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2										
Leptasterias muelleri		2			2																							2	
Scrupocellaria reptans					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2															
Electra pilosa	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																
Membranipora membranacea		2	2		2					2	2	2																	
Botryllus schlosseri							2	2	2																				
Dendrodoa grossularia						2	2	2																					
Halichondria panicea		2	3	3	3	2	2																						
Botrylloides leachi							2																						
Campanularia johnstoni				2	2	2	2	2																					
Laomedea geniculata	3	2	2	2	2	2	2																						
Alcyonium hirsutum		2	2				2																						
Dynamena pumila		3																											
Lacuna vincta		2																											
Alcyonium gelatinosum		2																											
Crassostrea gigas	3																												
Balanus balanoides	3																												
Littorina littorea	2																												

HT5 Åkerø																											
09.09.2019																											
Helning	0	0	30	30	0	20	10	30	50	70	80	10	80	20	40	10											
Dyp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Sediment (algeskjema)			2	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4				
Algae Cover	100	100	100	100	100	100	80	50	50	10	5	5	1	1													
Rødd skorpeformet kalkalge	4	4	4	4	4	3	3	2	2	2	2	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
Cruoria pellita						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	3	4	4
Brun skorpeformet alge - mørk	2						4	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	3	4
Bonnemaisonia hamifera: sporphyte			4		4	3	3	2	2			2							1	1	1						
Polysiphonia stricta			2	2		2																	1				
Heterosiphonia japonica									2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1								
Delesseria sanguinea					1				2			1						1									
Rhodomela confervoides		2							2							1	1										
Dumontia contorta												2															
Dilsea carnosa						1	1				1																
Phycodrys rubens												1															
Phyllophora pseudoceranoides						2	2	2	2	2	2	2															
Polysiphonia elongata					2							1															
Coccotylus truncatus									1																		
Laminaria hyperborea					1			1			1																
Chondrus crispus	2	3	2	3	3	3	3	3																			
Furcellaria lumbricalis			2	2	2	2	2	2																			
Halidrys siliquosa					1	2	1																				
Corallina officinalis					2	2	2	1																			
Sargassum muticum						2	1																				
Polysiphonia fucoides							1																				
Laminaria saccharina						1	1																				
Callithamnion tetragonum					2	2	2																				
Callithamnion corymbosum					1	2																					
Sphacelaria sp.					2	2	2																				
Fucus serratus		4		2	2	1																					
Ceramium virgatum	2	2	4	3	2																						
Brongniartella byssoides				2	3																						
Ulva lactuca	1				1																						
Laminaria kimplanter					1																						
Cystoclonium purpureum			2	2																							
Membranoptera alata			1																								
Ahnfeltia plicata	2	3																									
Mastocarpus stellata		2																									
Hildenbrandia rubra	2																										
Fucus vesiculosus	2																										
Elachista fucicola	3																										
Ulva intestinalis	2																										
Cladophora rupestris	2																										
Chaetomorpha melagonium	1																										
Ceramium sp.				1	1																						
Diatomeer ubest., bentiske				1	1																						
Heterosiphonia plumosa									1																		

HT194 Gullholmen																													
10.09.2019																													
Helning	80	60	30	40	60	80	60	80	90	90	90	90	80	90	90	90	80	90	90	90	90	90	90	90					
Dyp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
Sediment (dyreskjema)	0	0	20	10	20	30	60	##	60	10	10	10	30	80	60	10	60												
Bare rock surface	30	0	30	30	50	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
Protanthea simplex																2	2	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3		
Pomatoceros triqueter					2					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3		
Sabella pavonina																										2	2	2	
Sycon ciliatum																										2	2	2	
Ascidia virginea																										2	2	2	
Ciona intestinalis					3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	
Caryophyllia smithii																										2	2	3	
Hymedesmia mammillaris																	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Crania anomala																										2	2	2	
Ascidia mentula																												2	
Chaetopterus variopedatus																				2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Gonactinia prolifera															2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Laomedea longissima																						2	2	2	2	2	2	2	
Terebratulina retusa																										2	2	2	2
Porifera indet.: encrusting - yellow																										2	2	2	2
Scrupocellaria scruposa												2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Schizoporella unicornis												2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sertularella polyzonias																												2	
Asciidiella scabra																										2	2	2	
Sagartiidae indet.																						2	2	2	2	2	2		
Boltenia echinata											2	2	2	2	2							2	2	2	2	2	2		
Echinus acutus																											1		
Alcyonium digitatum											2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Asterias rubens			2	2			2				2																		
Marthasterias glacialis											2										2								
Pyrua tessellata																2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Anthozoa indet.																											2		
Marthasterias glacialis					2						2															2			
Asterias rubens					2	2									2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Tubularia indivisa																											2		
Asciidiella aspersa																										2	2	2	2
Halichondria panicea		3	3	3	2	2	2	2	2																		2		
Crisia eburnea					3	2	2	2	2	2	2						2	2	2										
Metridium senile					2	2	3	2	2	2	1	2	3	3	4	2	2	2	2										
Hydroides norvegica					2	2																							
Trivia arctica																													
Balanus balanus																													
Leucosolenia sp.											2																		
Dendrodoa grossularia										2	2	3	3	3															
Spirorbis borealis			2	3	3	2	2	2	2	2	2																		
Electra pilosa		2	2	3	3	2	2	2	2	2	2																		
Botryllus schlosseri						2					2																		
Corella parallelogramma											2																		
Botrylloides leachi					2																								
Tubulipora sp.																													
Membranipora membranacea					2	2	2			2																			
Leptasterias muelleri					2	2	2																						
Cellepora pumicosa						2					2																		
Urticina felina						2	2																						
Alcyonidium parasiticum						2																							
Alcyonidium hirsutum						2																							
Metridium senile pallidus																													
Mytilus edulis		4	4																										
Crassostrea gigas		2	2																										
Littorina littorea		2	2																										
Lacuna vincta			2																										
Balanus balanoides		3	2																										
Clavelina lepadiformis													2																
Laomedea geniculata												2																	
Campanularia johnstoni			2																										

HT194 Gullholmen																														
10.09.2019																														
Heining		80	40	30	30	30	70	70	70	80	70	80	80	70	80	80	70	80	50	80	50	80	80	50	80	80	50	80	80	
Dyp		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Sediment (algeskjema)					2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Algae Cover		30	90	100	100	90	70	20	15	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Rød skorpeformet kalkalge		2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
Brun skorpeformet alge - mørk										2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Cruoria pellita							2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Callithamnion corymbosum		3	2	1	1																		1	1						
Beggiatoa sp.																		2	2	2										
Phyllophora sp.											2	2	2		1	1														
Delesseria sanguinea					2	2	3	3	2	2	1	1																		
Bonnemaisonia hamifera: sporphyte					3	3	3	3	2	2	2	2	1																	
Coccotylus truncatus											2																			
Cyanophyceae div. indet.		2					1	2	2	2																				
Dilsea carnosa											1																			
Heterosiphonia japonica							2				1																			
Saccharina latissima						3	2	2	1																					
Phyllophora pseudoceranoides					3	3	2	2	2	2																				
Chondrus crispus		3	2	2						1																				
Laminaria sp.					2		1	1																						
Brongniartella byssoidea					2	1	1																							
Ceramium virgatum		2	2	2	2	3																								
Laminaria hyperborea					1	1																								
Furcellaria lumbricalis		2	2	2	1																									
Sphacelaria plumosa		4	3	2	2																									
Polysiphonia elongata						1																								
Ulva intestinalis		2	2	2																										
Fucus serratus				2																										
Ahnfeltia plicata			2	2																										
Sphacelaria cirrosa			4																											
Polysiphonia fucoides		1	2	1	1																									
Ectocarpus fasciculatus			1																											
Rhizoclonium riparium		1	1																											
Fucus vesiculosus		2																												
Hildenbrandia rubra		4																												
Cladophora rupestris		1																												
Fucus spiralis		2																												
Pterothamnion plumula						1																								

HT177 Arøy																											
11.09.2019																											
Helning	30	80	60	60	60	60	80	80	60	10	30	30	30	40	50	80											
Dyp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Sediment (dyreskjema)	0	0	0	0	40		40		20		10		10		30		50		80		90		70		80		40
Bare rock surface	0	0	10	0	20		20		20		10		80		10		40		5		5		20		10		40
Caryophyllia smithii																			2	2	2	2	2	2	2	2	2
Ascidia virginea																			2	2	2	2	2	2	2	2	3
Pomatoceros triqueter								2	2	2							3						2	2	2	2	2
Ciona intestinalis										2			3						3	2	2	2					2
Polymastia mammillaris																											1
Crisia eburnea					2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Kirchenpaueria pinnata																											2
Sertularella polyzonias								3	2	2													2				
Laomedea longissima															2												2
Asterias rubens							2	2	2	2	2	2	3	2	2												2
Sabella pavonina																				2	2	2	2	2	2	2	2
Asterias rubens	2	2	2	2	2						2									2	2	2	2	2	2	2	2
Corella parallelogramma							2	2	2						2	2	2	2	2	2	2	2					2
Parasmittina trispinosa															2								2	2	2		
Spirorbis borealis			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Urticina felina					2																						2
Hymedesmia mammillaris																				2	2	2	2	2	2	2	2
Henricia sanguinolenta															1												1
Polymastia robusta																							2	2	2		
Scrupocellaria scruposa										2	2	2										2	2	2			
Tubulipora sp.												2	2	2	2	2	2						2				
Bicelliella ciliata										2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
Schizomavella linearis										3	2	2	2	2													
Cribrilina annulata										3	2	2	2	2													
Cryptosula pallasiana					2	2					2																
Asciella scabra					2		2																				2
Chaetopterus variopedatus																											2
Halecium halecinum																											2
Ascidia mentula																											2
Securiflustra securifrons																											
Gonactinia prolifera																											
Alcyonium digitatum									2	2	3				2												
Cancer pagurus																											1
Botrylloides leachi					2	2		2							2												2
Hydroides norvegica																											2
Electra pilosa													2	2	3												2
Alcyonium diaphanum																											2
Leptasterias muelleri						2																					2
Beggiatoa sp.																											2
Marthasterias glacialis												2	2	3													
Dendrodoa grossularia					2	2	2	3	3	3					1												
Metridium senile												2															
Balanus improvisus			2																								
Nudibranchia indet.																											1
Scrupocellaria reptans						4	4	4	4	2																	
Halichondria panicea	3	3	3	3	3	2	2	2	2																		
Campanularia johnstoni			2	2	3	2	2	2	2	2																	
Metridium senile pallidus	2	2	2	2	2	2	2	2																			
Sagartiogeton sp.								2																			
Eudendrium rameum						2	2	2																			
Laomedea geniculata					2																						
Membranipora membranacea			2			2																					
Alcyonium parasiticum				3	2																						
Alcyonium hirsutum				2																							
Dynamena pumila	2	3																									
Mytilus edulis	4	2																									
Littorina littorea	2																										
Crassostrea gigas	2																										
Littorina saxatilis	2																										

HT177 Store Arøya																																		
11.09.2019																																		
Helning	80	60	60	50	30	20	80	30	40	10	10	30	20	20	10	70	60	70																
Dyp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
Sediment (algeskjema)			2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
Algae Cover	80	100	100	100	100	80	90	100	40	40		30	60	20	1	1																		
Rød skorpeformet kalkalge			4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4			
Brun skorpeformet alge - mørk	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
Cruoria pellita						2	2				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
Delesseria sanguinea				2	2					2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1													
Phyllophora sp.																2	1			1	1													
Pterosiphonia parasitica																				2	1													
Coccotylus truncatus											1		2	1	2	1																		
Phyllophora pseudoceranoides				2	2	2	2	2	3	3										1														
Dilsea carnosa								1	2				1		1					1														
Phycodrys rubens									1	2	2	2																						
Rhodomela confervoides			2	2	2	2	2	2	2	2	1				1	2	1																	
Heterosiphonia plumosa									1										1	1														
Heterosiphonia japonica								2	2	2	3	3	2	2	2	2	3	3																
Plumaria plumosa												1								1														
Bonnemaisonia hamifera: sporphyte			2	3	4	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2																		
Ptilota gunneri		2											1		1																			
Cystoclonium purpureum			2	2	1											1																		
Desmarestia aculeata				1										1																				
Polysiphonia fucoides				1										1		1																		
Laminaria kimplanter				2								1	1																					
Beggiatoa sp.												2																						
Chondrus crispus	2	4	2	3	2	2	2	2	2	2																								
Saccharina latissima			1	1					1	1																								
Corallina officinalis					1	2	2	2	1																									
Brongniartella byssoides																																		
Laminaria hyperborea				2	1			1																										
Halidrys siliquosa					3	1																												
Furcellaria lumbricalis		2	3	2	2	2	2																											
Ceramium virgatum	2	4	3	3	3	3	3																											
Fucus vesiculosus	4			1	1																													
Sphacelaria sp.			1	2	2																													
Cladophora albida		1	1	1	1																													
Fucus serratus	4	3	1																															
Ulva lactuca		1	1	1																														
Aglaothamnion sp.				1																														
Ectocarpus sp.			1																															
Ceramium tenuissimum			1																															
Polysiphonia fibrillosa		1																																
Callithamnion sp.		1																																
Ahnfeltia plicata	2	2																																
Hildenbrandia rubra	4																																	
Elachista fucicola	2																																	
Cladophora rupestris	2																																	
Pterothamnion plumula				1												1																		

HT178 Risøyodden																														
11.09.2019																														
Helning		60	60	60	90		80	90	90	80	60	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90		
Dyp		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
Sediment (dyreskjema)		0		20	20		30	60	70	40	80	60	30	40	30	70	70													
Bare rock surface		5		10	10		20	10	20	10		5	10	50																20
Crania anomala																								3	2	2	4	4	4	
Ascidia mentula								2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Chaetopterus variopedatus																		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Caryophyllia smithii														2									2	2	2	2	2	2	2	
Sabella pavonina								2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	
Prothantha simplex																							2	2	2	2	3	2	2	
Asciella aspersa																		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Ciona intestinalis				3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Pomatoceros triqueter								2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Ascidia virginea								2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Scrupocellaria scruposa								2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Scrupocellaria scabra								2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Marthasterias glacialis													2																2	
Sycon ciliatum																													2	
Tubulipora sp.							2																						2	
Gonactinia prolifera									2						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Pyrua tessellata																										2	2	2	2	
Asterias rubens					2				2								2												2	
Hydroida indet.																													2	
Porania pulvillus																													2	
Marthasterias glacialis							2			2		1			2	2	2	2	2	2	2							2		
Cancer pagurus									2	1																			1	
Hydroides norvegica								2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Schizomavella linearis							2														2									
Smittoidea reticulata							2															2								
Porifera indet.: encrusting - yellow																							2						2	
Porifera indet.: encrusting - orange													2	2	2														2	
Asterias rubens															2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Terebratulina retusa																													2	
Hyas araneus																													2	
Crisia eburnea							3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2							2		
Alcyonidium diaphanum																													2	
Asciella scabra					2	2	2	2	2				2																2	
Cribrella annulata					2	2	2								2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Laomedea longissima																													1	
Henricia sanguinolenta																														
Cryptosula pallasiana										2							2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Berthella sideralis																													1	
Hymedesmia mammillaris																							2	2	2					
Metridium senile																2						1	1							
Corella parallelogramma																														
Spirorbis borealis						3	2	2				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2									
Halecium halecinum																													2	
Alcyonium digitatum										2	2	2	2	2	2	2	2	2												
Urticina felina								3	2	2	2	2	2	2																
Botrylloides leachi												2																		
Halichondria panicea						2	2	2				2																		
Sagartiidae indet.									2	2	2																			
Umbonula littoralis							2	2	3																					
Laomedea geniculata						2	2	2	2																					
Metridium senile pallidus							2																							
Botryllus schlosseri									2																					
Electra pilosa																														
Membranipora membranacea																														
Callopora lineata							2	2	2																					
Alcyonidium mamillatum							2																							
Balanus balanus							4		2																					
Clava multicornis																														
Alcyonidium hirsutum																														
Alcyonidium gelatinosum																														
Littorina littorea																														

HT178 Risøyodden																																
11.09.2019																																
Helning	20	30	30	60	70	60	80	80	80	30	20	70	80	70	80	80	60	80	90													
Dyp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Sediment (algeskjema)				2	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Algae Cover	50	100	100	100	80	60	20	30	20	20	10	15	1	1	1																	
Rød skorpeformet kalkalge				4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	3	3
Brun skorpeformet alge - mørk	2		2				2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Cruoria pellita					2	3	3	3	3	3	3					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cutleria multifida Aglazonia stadiet												2									2	2	2									
Delesseria sanguinea							2	2	2	1			1	2	1	1	1															
Coccotylus truncatus											2			1		1																
Heterosiphonia japonica							2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2															
Rhodomela confervoides					2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2															
Phycodrys rubens														2																		
Bonnemaisonia hamifera: sporphyte				4	4					1					1																	
Phyllophora pseudoceranoides							1	2	2	2	2	2																				
Dilsea carnosa							1	1	1																							
Chondrus crispus		2	3	2	3	2	2	1																								
Corallina officinalis								1																								
Sphacelaria plumosa								1																								
Halidrys siliquosa				1	2	2	2																									
Saccharina latissima					2	2	2																									
Laminaria sp.							1																									
Ceramium virgatum			2	2	2	2	2																									
Laminaria hyperborea				2	2																											
Ulva lactuca			1	1	1																											
Callithamnion corymbosum	2	2	2	3	2																											
Furcellaria lumbricalis				2	2																											
Ectocarpus sp.		3	2	1																												
Brongniartella byssoides				1																												
Fucus serratus		4	2																													
Rhizoclonium riparium			2																													
Cladophora albida	2		2																													
Ahnfeltia plicata	2	3	2																													
Elachista fucicola			2																													
Cladophora rupestris	2	2																														
Polysiphonia fibrillosa			2																													
Ulva intestinalis	2																															

HT176 Brattholmen																											
09.09.2019																											
Helning	70	60	80	80	60	80	80	60	80	60	90	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	80		
Dyp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Sediment (dyreskjema)	0	70	60	80	60	40	100	30	90	60	50	80	80	60	100												
Bare rock surface	30	30	10	10	20	70	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	
<i>Crania anomala</i>																	2	2	4	3	3	3	3	3	3		
<i>Caryophyllia smithii</i>																								2	2	2	
<i>Ascidia virginea</i>															2	2	2									2	
<i>Ciona intestinalis</i>					2	2	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	
<i>Alcyonium digitatum</i>										2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
<i>Pomatoceros triquetus</i>					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
<i>Sabella pavonina</i>												2					2							2	2	2	
<i>Ascidia mentula</i>										2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	
<i>Laomedea longissima</i>					2						2				2				2	2	2	2	2	2	2	2	
<i>Kirchenpaueria pinnata</i>																									2	2	2
<i>Hymedesmia mammillaris</i>												2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
<i>Crisia eburnea</i>					2	2	2	3	2	2					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
<i>Protanthea simplex</i>																			2	2	2					2	
<i>Balanus balanus</i>																			2	2	2					2	
<i>Cancer pagurus</i>														1												2	
<i>Boltenia echinata</i>																	2	2	2							2	
<i>Halecium halecinum</i>										2																2	
<i>Bougainvillia ramosa</i>																										2	
<i>Henricia sanguinolenta</i>																										1	
<i>Terebratulina retusa</i>																					2	2	2	2	2	2	
<i>Sertularella polyzonias</i>															2											2	
<i>Asciidiella scabra</i>															2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	
<i>Sycon ciliatum</i>							2				2						2	2	2	2	2				2		
<i>Parasmittina trispinosa</i>																						2	2	2	2	2	
<i>Scrupocellaria scruposa</i>																					2	2	2			2	
<i>Hyas araneus</i>																										2	
<i>Leucosolenia sp.</i>									2	2	2													2			
<i>Gonactinia prolifera</i>					2	2	2	2	2	2	2	2	2				2	2	2	2	2	2					
<i>Porifera indet.: encrusting - yellow</i>																2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
<i>Marthasterias glacialis</i>																					2	2	2	2	2	2	
<i>Asterias rubens</i>			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2								2		
<i>Corella parallelogramma</i>								2	2	2				2	2	2	2	2							2		
<i>Hero formosa</i>																										1	
<i>Metridium senile</i>											2									2	2	2					
<i>Botryllus schlosseri</i>					2	2	2	2	2	2	2										2	2	2				
<i>Lafoea dumosa</i>																	2	2	2	2	2						
<i>Marthasterias glacialis</i>																2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
<i>Botrylloides leachi</i>				2													2	2	2								
<i>Limacia clavigera</i>																										1	
<i>Sagartiidae indet.</i>					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				2						
<i>Dendrodoa grossularia</i>								3	2	2	2	2	2	3	2	2	2										
<i>Urticina felina</i>																2											
<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>										2	2	2	2	2	2	2	2										
<i>Flustra foliacea</i>															2												
<i>Spirorbis borealis</i>							3	2	2	2	2	2	2	2	2												
<i>Leucosolenia complicata</i>										2	2	2															
<i>Tubulipora sp.</i>										2																	
<i>Halichondria panicea</i>					3	3	3	3	2	2	2	2															
<i>Anthozoa indet.</i>										2	2	2															
<i>Electra pilosa</i>	2	4	3	3	3	2	2	2	2	2																	
<i>Cryptosula pallasiana</i>						4	2	2	2	2																	
<i>Asterias rubens</i>										2																	
<i>Laomedea geniculata</i>				3	2	2	2	2	2																		
<i>Metridium senile pallidus</i>					2	2	2	2																			
<i>Membranipora membranacea</i>						2																					
<i>Molgula manhattensis</i>					3	2																					
<i>Umbonula littoralis</i>					2																						
<i>Campanularia johnstoni</i>					2	2	2																				
<i>Crassostrea gigas</i>	2	2	2	2																							
<i>Balanus balanoides</i>	3	3	3	2																							
<i>Alcyonidium hirsutum</i>	2	2																									
<i>Dynamena pumila</i>	2																										
<i>Mytilus edulis</i>	2																										
<i>Littorina littorea</i>	2																										
<i>Cribrillina annulata</i>						2																					
<i>Escharella immersa</i>						2																					

09.09.2019																													
HT176 Brattholmen																													
Helning	70	30	40	60	20	30	60	70	30	60	70	30	60	80	80	90	80	90	70	70	80								
Dyp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Sediment (algeskjema)		3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Algae Cover	100	100	100	100	70	50	30	5	5	1	1																		
Rød skorpeformet kalkalge				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4
Cruoria pellita				2				3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2			
Brun skorpeformet alge - mørk												2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
Phyllophora sp.														1															
Ceramium tenuissimum			1														1												
Polysiphonia stricta																	1												
Bonnemaisonia hamifera: sporphyte				4	3	2											1												
Delesseria sanguinea				2	2	2		1	1	1	1																		
Heterosiphonia japonica						2	2	2	2	2	1	1																	
Coccotylus truncatus										1	2																		
Brongniartella byssoides				1																									
Phycodrys rubens								1																					
Phyllophora pseudoceranooides				2	2	2	2	2																					
Lomentaria clavellosa								1																					
Chondrus crispus		3	3	3	3	2	2	1																					
Furcellaria lumbricalis			2	2	2	2	2																						
Rhodomela confervoides			2	2		1																							
Laminaria saccharina				4																									
Bryopsis plumosa				1																									
Cyanophyceae div. indet.				1																									
Callithamnion corymbosum	1	2	2	2	2																								
Diatomeer ubest., bentiske			4	4																									
Fucus serratus	4	4	2																										
Cladophora albida	1	2																											
Ahnfeltia plicata		3																											
Ceramium virgatum		2																											
Elachista fucicola	2																												
Hildenbrandia rubra	4																												
Fucus vesiculosus	4																												
Ulva lactuca	1																												
Ectocarpus sp.		3																											

Tabell 26. Sedimentdekke i fire ruter à en kvadratmeter per stasjon. Dyp er målt i øverste venstre hjørne av ruten.

Stasjon	Rute	Dyp (m)	Helningsgrad	Sedimentdekke (%)	
HT4	Færder	1	7	20	5
		2	7	10	5
		3	7	20	0
		4	7	10	0
HT5	Åkerø	1	7	60	100
		2	7	60	100
		3	7	60	90
		4	7	60	100
HT176	Brattholmen	1	7	80	80
		2	7	80	100
		3	7	80	80
		4	7	80	100
HT194	Gullholmen	1	7	80	30
		2	7	80	30
		3	7	80	30
		4	7	80	40
HT3	Veslekalven	1	7	60	80

		2	7	60	60
		3	7	60	60
		4	7	40	50
HT178	Risøyodden	1	7	80	60
		2	7	90	60
		3	7	80	70
		4	7	80	30
HT177	Store Arøya	1	7	60	40
		2	7	80	40
		3	7	60	30
		4	7	60	40

10.2 Bløtbunnsfauna

10.2.1 Tabeller med klassegrenser

Tabell 27. Klassegrenser for bløtbunnsindekser (veileder 02:2018 klassifisering av miljøtilstand i vann).

Indeks	Vanntype S 1-3				
	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
NQJ1	0,9-0,82	0,82-0,63	0,63-0,51	0,51 - 0,32	0,32 - 0
H'	6,3 - 4,2	4,2 - 3,3	3,3 - 2,1	2,1 - 1	1 - 0
ES ₁₀₀	58 - 29	29 - 20	20 - 12	12 - 6	6 - 0
ISI ₂₀₁₂	13,2 - 8,5	8,5 - 7,6	7,6 - 6,3	6,3 - 4,6	4,6 - 0
NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0

Tabell 28. Klassegrenser for normalisert organisk karbon (TOC) (veileder 02:2018 klassifisering av miljøtilstand i vann).

	Parameter	Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært God	God	Moderat	Dårlig	Svært Dårlig
TOC	Organisk karbon (mg/g)	0-20	20-27	27-34	34-41	41-200

10.2.2 Resultater

Tabell 29. Grabbvise faunadata for stasjonene fra årene 2016-2019 (indekser, antall arter og antall individ pr grabb). S=antall arter, N=antall individ, H'=Shannons diversitetsindeks; ES₁₀₀=Hurlberts diversitetsindeks; ISI₂₀₁₂=Indicator Species Index; NSI=Norwegian Sensitivity Index; NQI1=Norwegian Quality Index.

Antall arter (S), antall individ (N) og bløtbunnsindekser pr. 0,1 m ²									
ÅR	STASJON	GRABB-PRØVE	S	N	NQI1*	H'	ES ₁₀₀	ISI ₂₀₁₂	NSI
2019	BT128	G1	21	469	0,504	1,61	9,2	6,87	16,2
2019	BT128	G2	18	204	0,53	2,12	12,4	7,64	16,7
2019	BT128	G3	12	172	0,482	1,65	9,3	6,37	16,1
2019	BT128	G4	13	317	0,475	1,56	8,2	6,93	16,3
Samlet nEQR 2019: 0,400									
2019	BT137	G1	27	252	0,672	3,17	18,1	8,92	22
2019	BT137	G2	30	276	0,654	3,19	18,3	8,65	20,3
2019	BT137	G3	26	260	0,678	3,2	17,8	9,2	21,9
2019	BT137	G4	28	192	0,696	3,27	19,8	8,37	22,2
Samlet nEQR 2019: 0,654									
2019	BT71	G1	48	282	0,795	4,33	30,5	9,47	23,5
2019	BT71	G2	43	240	0,809	4,13	28,6	9,4	23,4
2019	BT71	G3	42	228	0,799	4,07	29,8	9,57	24
2019	BT71	G4	43	354	0,798	3,96	25,5	9,33	23,4
Samlet nEQR 2019: 0,787									
2019	BT80	G1	54	355	0,789	4,69	33	9,56	23,1
2019	BT80	G2	56	447	0,8	4,36	29,5	10,03	22,6
2019	BT80	G3	46	292	0,794	4,63	30,6	10,54	23,8
2019	BT80	G4	58	438	0,833	4,28	29,9	10,55	23,1
Samlet nEQR 2019: 0,804									
2019	BT40	G1	34	112	0,774	4,33	32,2	8,41	25,2
2019	BT40	G2	23	86	0,735	3,89	-	9,69	25,7
2019	BT40	G3	19	40	0,735	3,84	-	10,53	25,8
2019	BT40	G4	34	112	0,774	4,33	32,2	8,41	25,2
Samlet nEQR 2019: 0,801									
2019	BT41	G1	25	302	0,579	3,13	16,5	8,4	21,6
2019	BT41	G2	29	354	0,593	3,27	16,3	7,77	21,1
2019	BT41	G3	27	354	0,596	3,34	16,2	8,51	21,2
2019	BT41	G4	34	396	0,633	3,91	22	8,39	21,9
Samlet nEQR 2019: 0,625									
2018	BT128	G1	2	3	-	0,92	-	-	-
2018	BT128	G2	6	16	-	2,31	-	-	-
2018	BT128	G3	3	3	-	1,58	-	-	-
2018	BT128	G4	1	4	-	-	-	-	-
Samlet nEQR 2018: for lite fauna til å beregnes									
2018	BT137	G1	19	150	0,631	3,16	16,5	8,51	21,6
2018	BT137	G2	23	163	0,671	3,22	18,2	7,82	21,7

2018	BT137	G3	20	168	0,662	2,77	14,9	8,44	21,8
2018	BT137	G4	15	86	0,644	2,83	15,0	7,82	22,1
Samlet nEQR 2018: 0,614									
2018	BT71	G1	24	273	0,756	3,27	16,9	9,87	24,1
2018	BT71	G2	43	311	0,823	4,16	26,5	10,08	24,8
2018	BT71	G3	38	289	0,770	4,25	25,5	9,83	23,5
2018	BT71	G4	43	282	0,784	4,30	28,1	10,04	23,6
Samlet nEQR 2018: 0,766									
2018	BT80	G1	50	364	0,831	4,20	28,8	9,36	23,5
2018	BT80	G2	51	394	0,794	4,19	26,8	9,86	22,9
2018	BT80	G3	60	455	0,836	4,11	29,2	10,22	22,8
2018	BT80	G4	57	557	0,796	3,99	25,5	9,37	22,7
Samlet nEQR 2018: 0,783									
2018	BT40	G1	28	70	0,751	4,39	-	9,53	25,1
2018	BT40	G2	20	41	0,707	3,98	-	8,52	24,5
2018	BT40	G3	24	56	0,748	4,04	-	9,27	25,4
2018	BT40	G4	29	66	0,757	4,31	-	9,03	23,6
Samlet nEQR 2018: 0,781									
2018	BT41	G1	29	376	0,622	2,91	15,7	8,37	21,0
2018	BT41	G2	26	270	0,612	3,46	17,9	7,57	21,4
2018	BT41	G3	24	332	0,583	3,17	15,3	8,61	21,3
2018	BT41	G4	26	433	0,595	2,63	13,1	8,15	20,9
Samlet nEQR 2018: 0,595									
2017	BT137	G1	26	338	0,619	3,08	15,55	8,80	20,1
2017	BT137	G2	20	192	0,617	2,90	15,11	8,00	20,3
2017	BT137	G3	21	437	0,599	2,33	12,08	7,49	20,6
2017	BT137	G4	37	493	0,649	3,25	17,14	8,50	21,4
Samlet nEQR 2017: 0,589									
2017	BT71	G1	36	298	0,785	4,09	23,4	10,31	24,3
2017	BT71	G2	32	323	0,78	3,98	22,38	9,04	24,3
2017	BT71	G3	38	507	0,776	3,76	22,44	9,87	24,7
2017	BT71	G4	35	488	0,767	3,85	21,21	9,61	24,2
Samlet nEQR 2017: 0,754									
2017	BT80	G1	54	662	0,81	3,66	23,98	10,21	22,5
2017	BT80	G2	65	771	0,796	4,07	26,56	10,07	22,8
2017	BT80	G3	52	475	0,792	3,90	24,05	9,99	22,9
2017	BT80	G4	48	257	0,792	4,69	32,28	10,20	24,4
Samlet nEQR 2017: 0,779									
2017	BT40	G1	37	107	0,771	4,60	35,67	9,24	24,0
2017	BT40	G2	30	76	0,758	4,42	-	9,75	25,2
2017	BT40	G3	35	90	0,754	4,67	-	9,31	24,2
2017	BT40	G4	29	75	0,744	4,57	-	9,33	24,3
Samlet nEQR 2017: 0,806									
2017	BT41	G1	36	553	0,619	3,36	16,89	9,61	22,3

2017	BT41	G2	29	473	0,591	3,10	14,73	8,94	22,6
2017	BT41	G3	24	398	0,577	3,22	15,25	8,74	21,5
2017	BT41	G4	19	257	0,546	2,97	13,95	7,39	22,4
Samlet nEQR 2017: 0,615									
2016	BT128	G1	7	231	0,405	0,85	5,482	6,01	14,9
2016	BT128	G2	7	197	0,407	0,83	5,28	5,95	14,8
2016	BT128	G3	3	166	0,303	0,22	2,782	4,53	14,6
2016	BT128	G4	6	487	0,372	0,72	4,025	5,73	14,7
Samlet nEQR 2016: 0,247									
2016	BT71	G1	38	489	0,763	3,81	21,11	9,78	22,4
2016	BT71	G2	32	381	0,746	3,70	19,23	9,67	22,2
2016	BT71	G3	39	332	0,783	4,41	27,27	9,27	22,8
2016	BT71	G4	41	292	0,795	4,29	27,01	10,58	23,0
Samlet nEQR 2016: 0,751									
2016	BT80	G1	59	379	0,836	4,57	31,56	9,41	23,4
2016	BT80	G2	67	611	0,804	4,38	28,89	10,09	22,7
2016	BT80	G3	53	653	0,775	3,81	23,74	9,99	22,2
2016	BT80	G4	56	544	0,785	4,13	26,47	9,80	22,5
Samlet nEQR 2016: 0,783									
2016	BT40	G1	22	50	0,717	4,14	-	10,27	24,6
2016	BT40	G2	30	70	0,76	4,53	-	10,29	25,5
2016	BT40	G3	18	29	0,732	3,94	-	8,70	26,1
2016	BT40	G4	28	65	0,752	4,49	-	9,21	25,7
Samlet nEQR 2016: 0,798									
2016	BT41	G1	30	603	0,604	3,30	15,79	8,79	21,8
2016	BT41	G2	20	299	0,556	2,38	13,26	6,84	20,1
2016	BT41	G3	41	808	0,6	3,34	17,88	8,64	21,0
2016	BT41	G4	23	325	0,586	2,81	13,88	8,15	21,4
Samlet nEQR 2016: 0,581									

* AMBI (som inngår i NQI1) er beregnet på grunnlag av AMBI versjon Mai 2019

Tabell 30. Resultater fra kornstørrelsesanalyse for ØKOKYST Skagerrak, 2019 (analysert av underleverandøren Akvaplan-niva AS, akkreditert).



Resultater

Kundens id.:		BT128	BT137	BT71	BT80
Parameter	Enhet	60882/71_1	60882/72	60882/73	60882/74
< 0,063	vekt%	90,1	93,0	96,6	94,6
0,063	vekt%	4,8	1,26	0,94	2,12
0,125	vekt%	4,6	2,34	1,12	1,96
0,25	vekt%	0,3	2,11	0,52	0,85
0,5	vekt%	0,0	0,61	0,17	0,19
1	vekt%	0,1	0,42	0,21	0,28
2	vekt%	0,05	0,27	0,43	0,03

Kumulativ vekt% (vekt % av total masse som er finere enn angitt diameter =siktgjennomgang)

Kundens id.:		BT128	BT137	BT71	BT80
Partikkeldiam., mm	Enhet	60882/71_1	60882/72	60882/73	60882/74
0,063	kum. vekt%	90,1	93,0	96,6	94,6
0,125	kum. vekt%	94,9	94,3	97,6	96,7
0,25	kum. vekt%	99,6	96,6	98,7	98,6
0,5	kum. vekt%	99,9	98,7	99,2	99,5
1	kum. vekt%	99,9	99,3	99,4	99,7
2	kum. vekt%	100,0	99,7	99,6	100,0
> 2	kum. vekt%	100,0	100,0	100,0	100,0

Statistiske parametere*:

		BT128	BT137	BT71	BT80
Median, D50	ϕ	5,759	5,827	5,907	5,863
MEAN	ϕ	5,759	5,827	5,907	5,863
SORTING	ϕ	1,472	1,496	1,261	1,316
SKEWNESS	ϕ	-0,083	-0,120	0,000	-0,023
KURTOSIS	ϕ	0,885	0,972	0,738	0,773
Klassifisering**		Pelitt	Pelitt	Pelitt	Pelitt

*) Beregning av statistiske verdier er utført ved bruk av programmet "Gradistat v8"
 © Copyright Simon Blott (2010). Programmet er Excel-basert og kan lastes ned fra Internett på
<http://www.kpal.co.uk/index.html>. Programmet gir en detaljert beskrivelse av beregningene som utføres.
 Input-data er vekt% av hver siktefraksjon og gjeldende siktestørrelse (i millimeter).

***) Klassifiseringen er basert på Median D50 (ϕ). For verdier mellom +4 og +8 klassifiseres sedimentet som pelitt (evt silt).

Tabell 31. Resultater fra kornstørrelsesanalyse for Lange tidsserier, 2019 (analysert av underleverandøren Akvaplan-niva AS, akkreditert). Merk at analyserapporten også inkluderer stasjon C38, som ikke inngår i rapporten.



Resultater

Kundens id.:		190088 - BT 41 (A 36)	190088 - BT 40 (A 05)	O-190142 - C38
Parameter	Enhet	60882/92_1	60882/93	60882/94
< 0,063	vekt%	99,4	56,5	68,4
0,063	vekt%	0,6	38,7	8,5
0,125	vekt%	0,0	3,9	10,0
0,25	vekt%	0,0	0,6	4,4
0,5	vekt%	0,0	0,2	1,9
1	vekt%	0,0	0,1	2,3
2	vekt%	0,0	0,05	4,4

Kumulativ vekt% (vekt % av total masse som er finere enn angitt diameter =siktgjennomgang)

Kundens id.:		190088 - BT 41 (A 36)	190088 - BT 40 (A 05)	O-190142 - C38
Partikkeldiam., mm	Enhet	60882/92_1	60882/93	60882/94
0,063	kum. vekt%	99,4	56,5	68,4
0,125	kum. vekt%	100	95,2	76,9
0,25	kum. vekt%	100	99,1	86,9
0,5	kum. vekt%	100	99,7	91,3
1	kum. vekt%	100	99,9	93,3
2	kum. vekt%	100	100	95,6
> 2	kum. vekt%	100	100	100

Statistiske parametere*:

		190088 - BT 41 (A 36)*	190088 - BT 40 (A 05)	O-190142 - C38
Median, D50	φ	5,965	4,446	5,060
MEAN	φ	5,965	4,857	4,794
SORTING	φ	1,226	1,587	2,465
SKEWNESS		0,000	0,361	-0,274
KURTOSIS	φ	0,738	0,702	1,050
Klassifisering**		Pelitt	Pelitt	Pelitt

*) statistiske parametere for prøve 19088 - BT 41 (A36) er estimerte verdier

*) Beregning av statistiske verdier er utført ved bruk av programmet "Gradistat v8"
© Copyright Simon Bløtt (2010). Programmet er Excel-basert og kan lastes ned fra Internett på
<http://www.kpal.co.uk/index.html>. Programmet gir en detaljert beskrivelse av beregningene som utføres.
Input-data er vekt% av hver siktefraksjon og gjeldende siktestørrelse (i millimeter).

**) Klassifiseringen er basert på Median D50 (φ). For verdier mellom +4 og +8 klassifiseres sedimentet som pelitt (evt silt).

10.3 Planteplankton

10.3.1 Tabell med klassegrenser

Tabell 32. Referanseverdier og klassegrenser for klorofyll a ($\mu\text{g/L}$) i de ulike økoregioner og vanntyper. *) Vanntypen «sterkt ferskvannspåvirket» inngår ikke i klassifiseringssystemet for planteplankton. **) Klassegrenser mangler pga. manglende data (Veileder 02:2018 - Klassifisering av miljøtilstand i vann).

Referanseverdier og klassegrenser for klorofyll a ($\mu\text{g/L}$) i de ulike økoregioner og vanntyper. *) Vanntypen sterkt ferskvannspåvirket inngår ikke i klassifiseringssystemet for planteplankton. **) Klassegrenser mangler pga. manglende data.											
Region	Region fork.		Vanntype nr.	Vanntype	Salinitet	Referanse tilstand	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Skagerrak	S		1	Ekspionert	>25	2,57	<3,53	3,53-5,26	5,26-11	11-20	>20
			2	Moderat ekspionert	>25	3,13	<3,95	3,95-5,53	5,53-9	9-18	>18
			3	Beskyttet	>25	2,98	<3,92	3,92-6,9	6,9-9	9-18	>18
			5*	Sterk ferskvannspåvirket	5-25	-	-	-	-	-	-
Nordsjøen sør	N	}	1	Ekspionert	>30	2	<3	3-6	6-8	8-14	>14
			2	Moderat ekspionert	>30	1,7	<2,5	2,5-5	5-8	8-16	>16
			3	Beskyttet	>30	1,7	<2,5	2,5-5	5-8	8-16	>16
			5*	Sterk ferskvannspåvirket	5-18	-	-	-	-	-	-
Nordsjøen nord	M	}	3	Beskyttet	>30	1,7	<2,5	2,5-5	5-8	8-16	>16
Norskehavet sør	H		4	Ferskvannspåvirket	18-30	2	<2,6	2,6-4	4-6	6-12	>12
Norskehavet nord	G		5*	Sterk ferskvannspåvirket	5-18	-	-	-	-	-	-
Barentshavet	B		1	Ekspionert	>30	1,9	<2,8	2,8-5,5	5,5-8	8-12	>12
			2**	Moderat ekspionert	>30	-	-	-	-	-	-
			3	Beskyttet	>30	1	<1,5	1,5-3	3-6	6-10	>10
			4	Ferskvannspåvirket	18-30	0,9	<1,2	1,2-2	2-3	3-6	>6
			5*	Sterk ferskvannspåvirket	5-18	-	-	-	-	-	-

Evt tabell som viser utvikling over år skal tas inn her.

10.4 Støtteparametere

10.4.1 Tabell med klassegrenser

Tabell 33. Referanseverdier og klassegrenser for klorofyll a ($\mu\text{g/L}$) i de ulike økoregioner og vanntyper. *) Vanntypen «sterkt ferskvannspåvirket» inngår ikke i klassifiseringssystemet for planteplankton. **) Klassegrenser mangler pga. mangel på data. Veileder 02:2018, klassifisering av miljøtilstand i vann).

Region	Region fork.		Vanntype nr.	Vanntype	Salinitet	Referanse-tilstand	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Meget Dårlig
Skagerrak	S		1	Ekspionert	>25	2,3	<3,5	3,5-7	7-11	11-20	>20
			2	Moderat ekspionert	>25	2,0	<3	3-6	6-9	9-18	>18
			3	Beskyttet	>25	2,0	<3	3-6	6-9	9-18	>18
			5*	Sterkt ferskvannspåvirket	5-25	-	-	-	-	-	-
Nordsjøen-Sør	N	}	1	Ekspionert	≥ 30	2,0	<3	3-6	6-8	8-14	>14
			2	Moderat ekspionert	≥ 30	1,7	<2,5	2,5-5	5-8	8-16	>16
			3	Beskyttet	≥ 30	1,7	<2,5	2,5-5	5-8	8-16	>16
			5*	Sterkt ferskvannspåvirket	5-18	-	-	-	-	-	-
Nordsjøen-Nord	M	}	3	Beskyttet	≥ 30	1,7	<2,5	2,5-5	5-8	8-16	>16
Norskehavet-Sør	H		4	Ferskvannspåvirket	18-30	2,0	<2,6	2,6-4	4-6	6-12	>12
Norskehavet-Nord	G		5*	Sterkt ferskvannspåvirket	5-18	-	-	-	-	-	-
Barentshavet	B		1	Ekspionert	≥ 30	1,9	<2,8	2,8-5,5	5,5-8	8-12	>12
			2**	Moderat ekspionert	≥ 30	-	-	-	-	-	-
			3	Beskyttet	≥ 30	1,0	<1,5	1,5-3	3-6	6-10	>10
			4	Ferskvannspåvirket	18-30	0,9	<1,2	1,2-2	2-3	3-6	>6
			5*	Sterkt ferskvannspåvirket	5-18	-	-	-	-	-	-

Tabell 34. Klassegrenser for tilstand av næringsalter og siktdyp i overflatelaget, samt oksygen i dypvannet ved saltholdighet mellom 5-18 psu (modifisert fra SFT 97:03) jf. Veileder 02:2018: Klassifisering av miljøtilstand i vann.

Tabell 0-2 Klassifisering av tilstand for næringsalter og siktdyp i overflatelaget, samt oksygen i dypvannet ved saltholdighet (psu) 5 - 18 (modifisert fra SFT 97:03).								
Parameter		psu	Tilstandsklasser					
			I	II	III	IV	V	
			Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig	
Overflatelag Sommer (Juni-August)	Total fosfor (µgP/l)*	5	<8	8-12	12-22	22-53	>53	
		18	<11,5	11,5-15,5	15,5-28	28-59	>59	
	Fosfat-fosfor (µgP/l)*	5	<2	2-3,5	3,5-7,5	7,5-21	>21	
		18	<3,5	3,5-6,5	6,5-15	15-46	>46	
	Total nitrogen (µgN/l)*	5	<250	250-383	383-538	538-800	>800	
		18	<250	250-337	337-505	505-800	>800	
	Nitrat-nitrogen (µgN/l)*	5	<97	97-156	156-223	223-363	>363	
		18	<24	24-41	41-86	86-265	>265	
	Siktdyp (m)	5	>7	7-4,5	4,5-2,5	2,5-1,5	<1	
		18	>7,5	7,5-6	6-4	4-2,5	<2,5	
	Overflatelag Vinter (Desember-Februar)	Total fosfor (µgP/l)*	5	<10,5	10,5-14,5	14,5-26	26-53	>53
			18	<20	20-24	24-40	40-59	>59
Fosfat-fosfor (µgP/l)*		5	<7	7-9	9-16	16-31	>31	
		18	<14,5	14,5-19	19-32	32-48	>48	
Total nitrogen (µgN/l)*		5	<261	261-385	385-553	553-800	>800	
		18	<291	291-398	398-559	559-800	>800	
Nitrat-nitrogen (µgN/l)*		5	<143	143-226	226-326	326-478	>478	
		18	<97	97-139	139-239	239-367	>367	

* Omregningsfaktor til mg-at/l er 1/31 for fosfor og 1/14 for nitrogen.

Tabell 35. Klassegrenser for tilstand av næringsalter og siktdyp i overflatelaget, samt oksygen i dypvannet ved saltholdighet over 18 psu (modifisert fra SFT 97:03) jf. Veileder 02:2018: Klassifisering av miljøtilstand i vann.

Tabell 0-1 Klassifisering av tilstand for næringsalter 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 (µg P/l)*	< 11,5	11,5-16	16-29	29-60	>60	
	Fosfat-fosfor (µg P/l)*	< 3,5	3,5-7	7-16	16-50	>50	
	Total nitrogen (µg N/l)*	< 250	250-330	330-500	500-800	>800	
	Nitrat-nitrogen (µg N/l)*	< 12	12-23	23-65	65-250	>250	
	Ammonium-nitrogen (µg P/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 (µg P/l)*	< 20	20-25	25-42	42-60	>60	
	Fosfat-fosfor (µg P/l)*	<14,5	14,5-21	21-34	34-50	>50	
	Total nitrogen (µg N/l)*	<291	291-380	380-560	560-800	>800	
	Nitrat-nitrogen (µg N/l)*	<97	97-125	125-225	225-350	>350	
	Ammonium-nitrogen (µg P/l)*	<33	33-75	75-155	155-325	>325	
Dypvann	Oksygen (ml O ₂ /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	

* Omregningsfaktor til mg-at/l er 1/31 for fosfor og 1/14 for nitrogen.** Omregningsfaktor til mgO₂/l er 1,42.*** Oksygenmetning er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6 °C.

10.4.2 Resultater

Tabell 36. Resultater fra vannprøver på stasjon VT4 Hvitsten.

Stasjon	Dato	Dyp	KlfA	TOTN	NOx	NH4	TOTP	PO4	SiO2	DOC
		(m)	(µg/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg P/L)	(µg N/L)	(µg SiO2/L)	(mg/L)
VT4	05.12.2018	4	1,40	250	89	22	21	12	500	2,00
VT4	04.01.2019	4	0,79	350	145	25	42	31	1050	1,50
VT4	19.02.2019	4	0,49	280	160	19	39	28	850	1,80
VT4	07.03.2019	4	0,60	340	215	14	30	21	920	1,80
VT4	24.04.2019	4	0,41	270	44	14	14	3	220	2,80
VT4	14.05.2019	4	2,50	250	43	15	16	4	390	2,10
VT4	09.06.2019	4	2,70	350	54	16	12	4	860	2,90
VT4	15.07.2019	4	1,50	190	4	32	10	2	30	3,50
VT4	16.08.2019	4	0,54	200	3	22	13	5	100	2,60
VT4	09.09.2019	4	1,00	290	45	22	11	5	520	2,17
VT4	03.10.2019	4	0,73	280	74	12	12	5	550	1,90
VT4	29.10.2019	4	0,76	240	99	23	15	8	560	2,20
VT4	18.11.2019	4	1,20	210	44	5	14	8	220	2,30

Tabell 37. Resultater fra vannprøver på stasjon VT10 Breiangen. Det ble valgt å ikke inkludere resultater av målinger av POC og partikulært nitrogen fra 5 m dyp fra toktet i mai 2019 (merket gult i tabellen).

Stasjon	Dato	Dyp	KlfA	TOTN	NOx	NH4	TOTP	PO4	SiO2	TSM	POC	Part. N	Part. P
		(m)	(µg/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg P/L)	(µg N/L)	(µg SiO2/L)	(mg/L)	(µg C/L)	(µg N/L)	(µg P/L)
VT10	04.12.2018	0	1,80	260	103	21	20	10	650	0,68	195,0	19,80	4,0
VT10	04.12.2018	5	1,20	220	70	19	20	10	380	0,50	126,0	1,00	4,0
VT10	04.12.2018	10	0,92	220	70	18	18	10	360	0,41	80,0	1,00	3,0
VT10	04.12.2018	20	0,60	220	95	15	18	10	430	0,38	67,6	5,54	2,0
VT10	04.12.2018	30	0,41	240	104	12	18	10	440	0,36	69,5	1,00	2,0
VT10	07.01.2019	0	0,16	260	155	7	24	15	540	0,32	68,7	6,91	1,0
VT10	07.01.2019	5	0,22	230	112	6	25	16	400	0,35	51,8	5,17	1,0
VT10	07.01.2019	10	0,31	220	98	9	25	16	340	0,41	64,3	7,01	1,0
VT10	07.01.2019	20	0,16	230	90	5	26	17	330	0,23	43,8	3,68	1,0
VT10	07.01.2019	30	0,16	200	94	5	26	18	350	0,19	45,3	4,47	1,0
VT10	11.02.2019	0	0,44	240	106	17	22	15	590	0,33	77,0	1,00	2,0
VT10	11.02.2019	5	0,43	250	89	15	22	15	450	0,28	79,0	19,60	2,0
VT10	11.02.2019	10	0,42	210	83	13	21	13	340	0,24	118,0	4,19	2,0
VT10	11.02.2019	20	0,31	210	88	12	22	13	350	0,19	79,4	1,00	2,0
VT10	11.02.2019	30	0,28	230	90	12	21	14	360	0,23	81,4	5,06	2,0
VT10	13.03.2019	0	0,56	310	155	15	24	16	800	0,41	83,3	6,62	4,0
VT10	13.03.2019	5	0,57	250	119	13	23	16	590	0,38	79,8	6,58	4,0
VT10	13.03.2019	10	0,28	230	109	11	26	18	550	0,24	51,2	1,00	2,0
VT10	13.03.2019	20	0,21	430	130	9	27	20	630	0,19	42,4	1,00	2,0
VT10	13.03.2019	30	0,16	260	160	6	32	24	700	0,27	36,9	1,00	2,0
VT10	24.04.2019	0	6,20	330	87	17	39	27	350	2,50	606,0	77,00	21,0
VT10	24.04.2019	5	5,30	240	37	13	16	4	240	1,46	387,0	53,30	9,2

Stasjon	Dato	Dyp (m)	KlfA (µg/L)	TOTN	NOx	NH4	TOTP	PO4	SiO2	TSM	POC	Part. N	Part. P
				(µg N/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg P/L)	(µg N/L)	(µg SiO2/L)	(mg/L)	(µg C/L)	(µg N/L)	(µg P/L)
VT10	24.04.2019	10	4,30	200	37	26	97	78	300	0,78	282,0	45,10	10,0
VT10	24.04.2019	20	1,70	180	49	15	12	4	350	0,35	1,0	14,30	4,0
VT10	24.04.2019	30	0,68	210	90	8	24	16	370	0,32	77,0	5,83	2,2
VT10	23.05.2019	0	4,00	330	89	14	15	4	920	1,28	484,0	57,80	8,5
VT10	23.05.2019	5	2,30	250	24	9	18	5	350	0,74	2890,0	384,00	6,1
VT10	23.05.2019	10	0,93	250	52	16	12	4	260	0,41	140,0	118,00	3,7
VT10	23.05.2019	20	1,30	170	18	14	13	5	110	0,51	118,0	15,50	3,2
VT10	23.05.2019	30	0,48	230	78	12	20	12	320	0,69	62,8	1,00	2,0
VT10	11.06.2019	0	4,30	270	20	9	11	2	570	0,86	295,0	40,40	6,0
VT10	11.06.2019	5	1,00	220	28	23	13	3	330	0,57	124,0	20,00	3,0
VT10	11.06.2019	10	0,45	190	20	23	13	3	210	0,38	80,9	13,90	2,0
VT10	11.06.2019	20	0,40	190	12	23	12	4	180	0,43	71,6	7,39	2,0
VT10	11.06.2019	30	0,98	190	16	20	12	3	260	0,53	90,8	12,50	3,0
VT10	08.07.2019	0	2,90	230	4	7	12	3	44	1,44	512,0	53,20	6,0
VT10	08.07.2019	5	3,20	260	39	13	12	3	180	0,89	268,0	37,10	4,0
VT10	08.07.2019	10	0,52	260	67	9	11	4	240	0,35	98,4	13,00	2,0
VT10	08.07.2019	20	0,48	230	16	8	12	5	110	0,36	107,0	19,90	3,0
VT10	08.07.2019	30	0,17	240	46	5	14	9	170	0,17	56,1	9,34	2,0
VT10	21.08.2019	0	1,60	210	20	8	15	4	350	0,49	217,0	32,20	4,0
VT10	21.08.2019	5	2,10	240	2	9	10	2	140	0,37	196,0	28,90	4,0
VT10	21.08.2019	10	1,10	210	5	19	11	2	120	0,23	112,0	17,00	3,0
VT10	21.08.2019	20	0,17	220	21	26	10	5	160	0,28	74,7	12,40	2,0
VT10	21.08.2019	30	0,16	210	28	7	12	5	140	0,19	67,8	7,65	2,0
VT10	17.09.2019	0	2,10	280	46	7	10	3	480	0,53	137,0	23,20	4,0
VT10	17.09.2019	5	1,10	270	42	5	11	4	280	0,13	73,3	9,81	3,0
VT10	17.09.2019	10	0,30	270	62	5	13	7	250	0,17	80,7	10,50	2,0
VT10	17.09.2019	20	0,16	210	51	6	15	9	230	0,53	58,6	7,65	1,0
VT10	17.09.2019	30	0,16	230	61	7	15	10	260	0,15	52,4	5,48	1,0
VT10	08.10.2019	0	2,60	350	147	12	11	4	1040	0,79	163,0	24,80	5,0
VT10	08.10.2019	5	0,77	220	70	5		9	280	0,17	54,6	9,45	2,0
VT10	08.10.2019	10	0,25	210	67	6	16	11	250	0,18	43,1	6,07	1,0
VT10	08.10.2019	20	0,16	210	63	5	17	11	250	0,18	44,1	5,57	1,0
VT10	08.10.2019	30	0,16	190	66	6	17	12	370	0,20	35,9	4,98	1,0
VT10	14.11.2019	0	2,30	210	32	11	17	9	200	0,45	242,0	43,40	4,7
VT10	14.11.2019	5	3,00	200	23	13	16	9	120	0,36	146,0	21,00	4,3
VT10	14.11.2019	10	1,80	200	30	13	18	10	150	0,37	137,0	19,60	3,9
VT10	14.11.2019	20	1,50	190	44	8	16	10	210	0,28	115,0	19,30	3,8
VT10	14.11.2019	30	0,93	190	67	5	17	12	310	0,29	82,5	13,80	2,6

Tabell 38. Resultater fra vannprøver på stasjon VT2 Bastø.

Stasjon	Dato	Dyp (m)	KlfA (µg/L)	TOTN	NOx	NH4	TOTP	PO4	SiO2	TSM	POC	Part. N	Part. P
				(µg N/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg P/L)	(µg N/L)	(µg SiO2/L)	(mg/L)	(µg C/L)	(µg N/L)	(µg P/L)
VT2	04.12.2018	0	1,90	310	117	23	20	10	690	0,72	158,0	27,40	7,0
VT2	04.12.2018	5	1,50	290	96	21	19	10	550	0,91	112,0	8,44	7,0
VT2	04.12.2018	10	0,87	260	64	18	18	10	350	0,67	54,9	3,27	4,0
VT2	04.12.2018	20	0,76	250	85	17	18	10	390	0,38	51,9	1,00	3,0
VT2	04.12.2018	30	0,53	270	101	13	19	10	450	0,49	60,0	1,81	3,0
VT2	08.01.2019	0	0,16	250	140	12	25	16	540	0,23	49,8	4,26	1,0
VT2	08.01.2019	5	0,16	290	155	12	25	16	560	0,24	54,3	4,71	1,0
VT2	08.01.2019	10	0,16	200	102	7	24	16	350	0,27	48,5	3,73	1,0

Stasjon	Dato	Dyp (m)	KlfA (µg/L)	TOTN	NOx	NH4	TOTP	PO4	SiO2	TSM	POC	Part. N	Part. P
				(µg N/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg P/L)	(µg N/L)	(µg SiO2/L)	(mg/L)	(µg C/L)	(µg N/L)	(µg P/L)
VT2	08.01.2019	20	0,16	180	78	6	24	16	280	0,18	35,3	3,02	1,0
VT2	08.01.2019	30	0,16	180	79	5	24	16	270	0,18	39,3	3,10	1,0
VT2	11.02.2019	0	0,48	200	63	13	22	12	250	0,27	83,7	1,00	2,0
VT2	11.02.2019	5	0,44	200	64	13	21	13	260	0,34	73,5	1,00	2,0
VT2	11.02.2019	10	0,44	200	64	13	22	12	260	0,34	90,0	1,00	2,0
VT2	11.02.2019	20	0,44	210	78	11	21	13	320	0,19	102,0	1,00	2,0
VT2	11.02.2019	30	0,26	200	76	14	21	14	400	0,44	68,4	6,73	2,0
VT2	13.03.2019	0	1,40	270	127	12	19	11	710	0,79	120,0	11,30	4,0
VT2	13.03.2019	5	1,40	270	123	12	20	11	710	2,40	119,0	1,00	4,0
VT2	13.03.2019	10	1,40	250	96	13	23	12	500	0,59	116,0	5,99	4,0
VT2	13.03.2019	20	0,96	240	77	13	21	13	400	0,44	76,5	2,62	3,0
VT2	13.03.2019	30	0,51	210	76	13	24	15	350	0,30	19,0	1,00	2,0
VT2	24.04.2019	0	1,00	230	23	10	13	2	380	0,45	231,0	27,60	6,9
VT2	24.04.2019	5	1,60	200	8	10	13	2	240	0,39	205,0	27,60	5,8
VT2	24.04.2019	10	1,50	190	17	13	13	3	260	0,41	160,0	24,90	7,9
VT2	24.04.2019	20	1,70	200	52	18	12	3	330	0,48	190,0	27,80	3,6
VT2	24.04.2019	30	0,52	210	101	9	22	15	380	0,25	59,1	3,18	1,8
VT2	21.05.2019	0	1,50	260	37	15	15	4	430	0,72	191,0	28,00	5,5
VT2	21.05.2019	5	1,60	230	23	14	16	4	310	0,43	208,0	33,10	6,2
VT2	21.05.2019	10	1,90	200	18	17	14	4	100	0,46	152,0	22,90	3,9
VT2	21.05.2019	20	0,76	230	83	8	21	13	330	0,23	59,7	1,00	1,9
VT2	21.05.2019	30	0,47	310	91	5	25	18	360	0,31	58,1	1,00	1,3
VT2	11.06.2019	0	3,70	240	20	11	12	2	460	0,86	401,0	59,40	7,0
VT2	11.06.2019	5	3,00	230	17	16	12	2	400	0,76	247,0	36,90	5,0
VT2	11.06.2019	10	1,20	210	20	27	12	2	310	0,53	143,0	26,60	3,0
VT2	11.06.2019	20	0,66	200	1	15	12	3	110	0,29	135,0	27,30	3,0
VT2	11.06.2019	30	0,33	180	2	18	17	6	120	0,24	120,0	23,00	2,0
VT2	11.07.2019	0	2,00	250	7	5	12	3	54	1,33	411,0	60,10	4,0
VT2	11.07.2019	5	1,40	200	6	5	11	3	110	0,56	200,0	31,00	3,0
VT2	11.07.2019	10	1,30	160	7	5	12	3	99	0,34	147,0	26,60	4,0
VT2	11.07.2019	20	0,40	190	29	5	15	6	150	0,32	69,6	11,10	2,0
VT2	11.07.2019	30	0,16	190	30	5	14	7	140	0,17	68,6	10,60	2,0
VT2	21.08.2019	0	1,70	260	1	6	12	3	250	0,41	271,0	40,00	5,0
VT2	21.08.2019	5	1,90	220	1	8	14	3	160	0,72	204,0	27,10	4,0
VT2	21.08.2019	10	2,20	260	1	8	13	3	170	0,31	221,0	35,00	5,0
VT2	21.08.2019	20	0,30	200	9	22	11	3	130	0,26	68,9	10,90	2,0
VT2	21.08.2019	30	0,16	240	20	14	13	5	130	0,23	49,9	3,46	1,0
VT2	17.09.2019	0	1,80	270	42	9	10	3	430	0,47	62,6	8,89	4,0
VT2	17.09.2019	5	0,80	240	39	8	10	4	360	0,36	172,0	26,00	4,0
VT2	17.09.2019	10	0,32	190	18	11	12	6	190	0,19	121,0	20,30	2,0
VT2	17.09.2019	20	0,17	210	23	7	13	7	200	0,29	68,6	10,30	1,0
VT2	17.09.2019	30	0,16	200	36	5	14	8	200	0,18	74,0	6,92	1,0
VT2	08.10.2019	0	3,60	240	65	9	12	4	380	0,81	206,0	31,20	6,0
VT2	08.10.2019	5	1,70	200	41	7	15	7	190	0,30	95,7	15,80	3,0
VT2	08.10.2019	10	0,40	180	42	5		9	220	0,20	58,2	1,00	1,0
VT2	08.10.2019	20	0,16	170	53	5		11	260	0,21	42,2	5,75	1,0
VT2	08.10.2019	30	0,16	220	60	6	17	12	240	0,20	40,4	3,61	1,0
VT2	14.11.2019	0	2,50	200	16	10	17	8	93	0,41	186,0	27,00	5,0
VT2	14.11.2019	5	2,50	200	13	11	15	8	170	0,39	193,0	31,10	5,0
VT2	14.11.2019	10	2,30	190	13	9	16	8	70	0,38	151,0	23,60	5,9
VT2	14.11.2019	20	2,10	200	10	9	16	8	44	0,34	167,0	24,90	4,4
VT2	14.11.2019	30	1,80	190	21	9	16	9	95	0,27	187,0	29,40	4,0

Tabell 39. Resultater fra vannprøver på stasjon VT65 Missingen.

Stasjon	Dato	Dyp (m)	KlfA (µg/L)	TOTN (µg N/L)	NOx (µg N/L)	NH4 (µg N/L)	TOTP (µg P/L)	PO4 (µg N/L)	SiO2 (µg SiO2/L)	TSM (mg/L)	POC (µg C/L)	Part. N (µg N/L)	Part. P (µg P/L)
VT65	05.12.2018	0	1,00	310	122	20	18	10	670	0,79	136,0	1,00	4,3
VT65	05.12.2018	5	0,89	260	85	21	19	10	450	0,64	140,0	17,30	4,5
VT65	05.12.2018	10	0,69	220	81	19	20	11	390	0,40	97,0	10,90	3,1
VT65	05.12.2018	20	0,31	260	105	11	21	13	440	0,40	52,2	6,22	2,1
VT65	05.12.2018	30	0,16	230	86	6	23	16	350	0,19	37,3	4,34	1,9
VT65	10.01.2019	0	0,16	230	125	9	25	18	520	0,44	51,4	4,72	1,0
VT65	10.01.2019	5	0,16	220	117	8	25	16	400	0,25	35,6	2,75	1,0
VT65	10.01.2019	10	0,16	240	88	7	24	15	270	0,17	31,3	2,80	1,0
VT65	10.01.2019	20	0,16	190	74	7	24	15	260	0,17	34,9	3,43	1,0
VT65	10.01.2019	30	0,16	200	66	6	26	15	240	0,30	46,4	4,55	1,0
VT65	14.02.2019	0	0,33	230	88	14	20	13	460	0,23	61,2	6,90	2,0
VT65	14.02.2019	5	0,26	230	93	15	21	14	490	0,21	64,9	8,30	2,0
VT65	14.02.2019	10	0,28	230	73	14	21	14	360	0,21	57,6	8,01	1,0
VT65	14.02.2019	20	0,18	240	123	9	24	16	510	0,21	40,9	2,67	1,0
VT65	14.02.2019	30	0,16	200	114	5	24	18	420	0,34	34,2	1,00	1,0
VT65	11.03.2019	0	0,84	270	134	12	18	9	580	0,45	139,0	1,00	4,9
VT65	11.03.2019	5	1,80	270	86	12	18	8	480	0,48	144,0	11,40	6,8
VT65	11.03.2019	10	1,40	220	53	14	19	10	250	0,50	144,0	1,00	5,3
VT65	11.03.2019	20	0,75	190	59	12	19	11	190	0,23	124,0	9,86	4,1
VT65	11.03.2019	30	0,71	220	74	10	20	15	290	0,36	84,3	8,00	3,8
VT65	24.04.2019	0	0,77	220	12	7	14	4	390	0,35	197,0	1,00	10,0
VT65	24.04.2019	5	0,74	200	6	9	13	4	340	0,38	195,0	23,00	4,9
VT65	24.04.2019	10	1,10	180	1	9	14	4	210	0,21	144,0	16,60	4,2
VT65	24.04.2019	20	0,60	180	42	18	13	4	290	0,26	84,1	1,00	2,2
VT65	24.04.2019	30	0,36	220	97	13	22	15	360	0,31	49,0	1,00	1,4
VT65	23.05.2019	0	2,20	230	9	8	15	4	200	0,83	357,0	116,00	6,9
VT65	23.05.2019	5	2,10	210	1	6	15	4	100	0,75	283,0	198,00	6,1
VT65	23.05.2019	10	1,80	220	1	6	14	3	65	0,66	273,0	94,40	5,9
VT65	23.05.2019	20	1,30	220	7	12	13	4	76	0,71	101,0	1,00	5,8
VT65	23.05.2019	30	1,00	220	38	16	18	9	200	0,43	78,1	1,00	2,7
VT65	12.06.2019	0	2,30	220	1	9	12	2	200	0,98	249,0	43,90	5,0
VT65	12.06.2019	5	2,40	190	4	10	13	2	200	0,85	219,0	32,60	5,0
VT65	12.06.2019	10	1,60	190	1	10	13	2	110	0,66	189,0	34,70	4,0
VT65	12.06.2019	20	0,48	160	1	10	12	2	150	0,32	83,4	18,20	3,0
VT65	12.06.2019	30	0,20	170	18	16	15	6	180	0,30	64,4	11,90	2,0
VT65	11.07.2019	0	2,20	260	4	7	13	3	37	1,31	361,0	42,80	5,0
VT65	11.07.2019	5	1,10	220	2	5	10	3	76	0,38	165,0	19,80	4,0
VT65	11.07.2019	10	0,82	220	5	5	11	3	88	0,25	139,0	21,90	3,0
VT65	11.07.2019	20	0,53	200	11	12	13	4	130	0,25	78,2	14,70	2,0
VT65	11.07.2019	30	0,21	230	26	9	13	7	150	0,23	69,2	7,87	2,0
VT65	21.08.2019	0	1,80	260	44	8	11	2	570	0,41	226,0	29,90	5,0
VT65	21.08.2019	5	2,50	200	1	7	14	3	180	0,42	249,0	35,20	5,0
VT65	21.08.2019	10	1,80	190	1	6	13	2	130	0,40	231,0	35,80	4,0
VT65	21.08.2019	20	0,59	210	1	11	11	3	87	0,16	85,9	11,80	2,0
VT65	21.08.2019	30	0,19	160	5	17	13	5	97	0,16	71,9	11,10	2,0
VT65	16.09.2019	0	2,80	230	9	9	11	4	220	0,69	208,0	33,30	7,0
VT65	16.09.2019	5	2,90	240	10	9	11	4	220	0,56	201,0	32,00	6,0
VT65	16.09.2019	10	1,20	220	15	10	11	4	220	0,40	93,2	13,70	4,0
VT65	16.09.2019	20	0,16	200	27	6	14	8	220	0,19	63,2	8,27	2,0

Stasjon	Dato	Dyp	KlfA	TOTN	NOx	NH4	TOTP	PO4	SiO2	TSM	POC	Part. N	Part. P
		(m)	(µg/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg P/L)	(µg N/L)	(µg SiO2/L)	(mg/L)	(µg C/L)	(µg N/L)	(µg P/L)
VT65	16.09.2019	30	0,16	200	24	6	14	8	230	0,15	66,4	9,34	2,0
VT65	08.10.2019	0	4,80	240	26	8	11	4	110	1,03	242,0	1,00	6,0
VT65	08.10.2019	5	4,40	200	16	7	14	5	63	0,54	132,0	19,60	5,0
VT65	08.10.2019	10	2,20	170	25	8	14	7	120	0,35	119,0	18,90	3,0
VT65	08.10.2019	20	0,20	170	37	5	15	9	190	0,11	37,6	4,72	1,0
VT65	08.10.2019	30	0,16	170	52	5	16	11	220	0,14	36,7	4,38	1,0
VT65	11.11.2019	0	0,53	230	80	7	17	13	530	0,42	85,8	11,90	2,3
VT65	11.11.2019	5	0,52	190	78	6	16	13	420	0,28	88,1	8,12	1,9
VT65	11.11.2019	10	0,29	180	61	5	16	13	300	0,24	55,4	6,03	1,6
VT65	11.11.2019	20	0,20	180	51	5	17	12	260	0,22	55,3	6,22	1,3
VT65	11.11.2019	30	0,17	150	24	5	16	12	140	0,13	46,1	6,61	1,1

Tabell 40. Resultater fra vannprøver på stasjon VT3 Torbjørnskjær.

Stasjon	Dato	Dyp (m)	KlfA (µg/L)	TOTN (µg N/L)	NOx (µg N/L)	NH4 (µg N/L)	TOTP (µg P/L)	PO4 (µg N/L)	SiO2 (µg SiO2/L)	TSM (mg/L)	POC (µg C/L)	Part. N (µg N/L)	Part. P (µg P/L)
VT3	05.12.2018	0	0,71	260	87	21	19	10	460	0,66	111,0	11,60	3,0
VT3	05.12.2018	5	0,73	220	70	20	19	9	360	0,33	89,8	1,00	3,0
VT3	05.12.2018	10	0,46	250	92	15	18	10	410	0,40	57,2	1,00	2,0
VT3	05.12.2018	20	0,37	210	95	12	20	11	410	0,39	53,9	1,00	2,0
VT3	05.12.2018	30	0,23	140	56	6	21	12	210	0,22	43,7	1,00	1,0
VT3	09.01.2019	0	0,16	210	69	8	24	15	270	0,33	45,1	4,67	1,0
VT3	09.01.2019	5	0,16	210	68	9	24	15	260	0,27	49,3	5,05	1,0
VT3	09.01.2019	10	0,16	200	68	8	23	15	260	0,47	44,4	3,68	1,0
VT3	09.01.2019	20	0,16	210	60	9	23	15	240	0,32	44,3	1,00	1,0
VT3	09.01.2019	30	0,16	190	64	9	24	15	220	0,39	47,1	4,71	1,0
VT3	13.02.2019	0	0,47	240	69	16	21	12	330	0,34	83,7	11,10	2,0
VT3	13.02.2019	5	0,31	220	66	16	21	13	340	0,20	74,6	9,92	2,0
VT3	13.02.2019	10	0,39	230	67	16	21	14	340	0,27	84,8	9,42	2,0
VT3	13.02.2019	20	0,19	230	122	7	25	17	450	0,30	41,3	1,25	1,0
VT3	13.02.2019	30	0,20	200	98	6	23	16	310	0,44	51,8	3,89	1,0
VT3	11.03.2019	0	1,80	160	16	11	17	6	240	0,42	176,0	11,40	10,0
VT3	11.03.2019	5	1,80	190	17	11	16	6	130	0,40	155,0	7,66	9,0
VT3	11.03.2019	10	1,40	250	40	12	18	8	140	0,38	205,0	63,90	8,0
VT3	11.03.2019	20	0,78	200	60	13	19	10	170	0,24	98,0	3,85	5,0
VT3	11.03.2019	30	1,00	230	65	14	21	13	220	0,57	71,8	1,00	5,0
VT3	24.04.2019	0	0,69	200	1	7	13	3	310	0,23	193,0	21,20	5,0
VT3	24.04.2019	5	0,59	190	1	5	13	4	230	0,16	157,0	23,80	4,7
VT3	24.04.2019	10	0,79	150	1	6	12	3	200	0,14	155,0	23,20	3,3
VT3	24.04.2019	20	0,67	180	19	13	14	5	260	0,34	126,0	19,20	2,8
VT3	24.04.2019	30	0,55	190	49	7	17	9	310	0,36	112,0	14,40	3,1
VT3	22.05.2019	0	0,67	210	1	6	14	3	38	0,97	209,0	29,90	4,0
VT3	22.05.2019	5	0,72	210	1	5	14	3	34	0,40	223,0	33,10	4,2
VT3	22.05.2019	10	0,91	240	2	13	15	4	50	0,72	233,0	29,30	5,0
VT3	22.05.2019	20	0,58	240	1	9	15	5	96	0,24	88,2	16,10	2,9
VT3	22.05.2019	30	0,34	190	33	9	20	11	170	0,77	59,8	1,00	1,9
VT3	13.06.2019	0	1,00	220	22	17	12	2	460	0,54	158,0	22,00	4,0
VT3	13.06.2019	5	1,30	200	7	11	11	2	190	0,48	131,0	18,50	4,0
VT3	13.06.2019	10	0,99	190	1	7	12	2	89	0,38	123,0	15,30	3,0
VT3	13.06.2019	20	0,51	170	1	9	12	3	78	0,24	88,6	12,60	3,0
VT3	13.06.2019	30	0,25	150	6	9	14	5	130	0,32	53,5	10,50	2,0
VT3	10.07.2019	0	2,40	220	4	7	10	2	37	1,21	356,0	35,40	5,0
VT3	10.07.2019	5	1,80	210	2	5	16	4	45	0,75	270,0	28,30	5,0
VT3	10.07.2019	10	0,92	180	5	7	13	4	90	0,24	144,0	17,20	4,0
VT3	10.07.2019	20	0,44	180	7	16	13	5	160	0,40	88,1	9,42	3,0
VT3	10.07.2019	30	0,16	180	19	14	13	7	170	0,20	74,2	11,40	2,0
VT3	21.08.2019	0	1,60	210	1	5	15	3	160	0,31	211,0	34,60	5,0
VT3	21.08.2019	5	0,99	190	1	5	11	2	67	0,30	164,0	16,20	4,0
VT3	21.08.2019	10	0,97	180	1	5	13	3	65	0,26	180,0	25,30	5,0
VT3	21.08.2019	20	1,20	160	1	8	12	4	76	0,25	135,0	18,40	3,0
VT3	21.08.2019	30	0,37	140	1	18	13	5	70	0,36	97,6	11,50	2,0
VT3	18.09.2019	0	1,40	270	47	11	14	6	470	0,79	103,0	14,50	4,0
VT3	18.09.2019	5	1,50	240	32	9	14	5	360	0,52	143,0	20,60	4,0
VT3	18.09.2019	10	0,65	210	14	8	12	6	200	0,46	85,8	14,10	2,0
VT3	18.09.2019	20	0,38	190	6	15	14	7	170	0,23	69,1	11,20	2,0
VT3	18.09.2019	30	0,21	170	19	7	14	7	190	0,35	69,0	9,75	
VT3	09.10.2019	0	3,50	190	13	9	14	5	110	2,11	212,0	31,20	5,0

Stasjon	Dato	Dyp	KlfA	TOTN	NOx	NH4	TOTP	PO4	SiO2	TSM	POC	Part. N	Part. P
		(m)	(µg/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg P/L)	(µg N/L)	(µg SiO2/L)	(mg/L)	(µg C/L)	(µg N/L)	(µg P/L)
VT3	09.10.2019	5	2,50	190	10	10	14	4	59	0,37	160,0	26,40	5,0
VT3	09.10.2019	10	0,91	150	8	10	13	6	91	0,20	72,5	11,50	3,0
VT3	09.10.2019	20	0,54	200	17	8	15	8	130	0,21	62,2	10,20	2,0
VT3	09.10.2019	30	0,41	150	21	6	14	8	160	0,10	58,5	9,68	2,0
VT3	11.11.2019	0	2,30	230	9	8	15	7	31	0,40	173,0	22,80	4,3
VT3	11.11.2019	5	1,90	180	28	7	17	10	160	0,66	141,0	21,00	3,8
VT3	11.11.2019	10	0,58	170	43	8	16	12	250	0,19	77,0	10,60	2,0
VT3	11.11.2019	20	0,21	170	39	6	17	13	210	0,15	53,6	7,61	1,2
VT3	11.11.2019	30	0,16	150	38	5	17	13	200	0,53	37,0	4,70	1,1

Tabell 41. Resultater fra vannprøver på stasjon VT66 Håøyfjorden.

Stasjon	Dato	Dyp	KlfA	TOTN	NOx	NH4	TOTP	PO4	SiO2	TSM	POC	Part. N	Part. P
		(m)	(µg/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg P/L)	(µg N/L)	(µg SiO2/L)	(mg/L)	(µg C/L)	(µg N/L)	(µg P/L)
VT66	05.12.2018	0	0,71	310	120	37	16	8	1040	0,47	68,4	7,40	4,0
VT66	05.12.2018	5	1,10	260	44	23	19	10	450	0,36	83,0	11,60	5,0
VT66	05.12.2018	10	0,75	230	40	22	19	10	300	0,35	76,8	13,30	3,0
VT66	05.12.2018	20	0,45	230	61	12	21	12	330	0,26	56,2	6,78	3,0
VT66	05.12.2018	30	0,16	250	89	7	24	18	510	0,23	31,0	3,51	2,0
VT66	09.01.2019	0	0,24	200	93	12	21	13	370	0,19	55,3	5,53	1,0
VT66	09.01.2019	5	0,28	200	77	9	22	13	290	0,15	46,1	5,46	1,0
VT66	09.01.2019	10	0,40	210	76	11	23	13	280	0,24	38,0	3,97	1,0
VT66	09.01.2019	20	0,16	200	88	8	24	16	360	0,15	40,0	1,00	1,0
VT66	09.01.2019	30	0,16	210	92	6	26	18	410	0,10	39,0	3,45	1,0
VT66	12.02.2019	0	0,45	220	82	16	20	12	350	0,22	77,5	1,00	1,0
VT66	12.02.2019	5	0,38	210	67	13	21	12	260	0,18	67,5	1,00	2,0
VT66	12.02.2019	10	0,27	220	69	12	21	13	250	0,15	70,5	1,00	1,0
VT66	12.02.2019	20	0,22	200	75	11	21	15	300	0,21	57,4	1,00	1,0
VT66	12.02.2019	30	0,16	200	120	6	28	22	560	0,11	32,1	1,00	1,0
VT66	12.03.2019	0	1,50	280	100	21	16	7	810	0,41	197,0	18,20	8,0
VT66	12.03.2019	5	0,92	230	77	12	20	13	360	0,21	76,2	5,04	4,0
VT66	12.03.2019	10	0,42	210	96	10	23	15	370	0,16	63,2	1,00	3,0
VT66	12.03.2019	20	0,31	210	86	8	24	17	380	0,34	53,9	1,00	2,0
VT66	12.03.2019	30	0,16	220	95	6	26	19	460	0,21	52,0	1,00	2,0
VT66	25.04.2019	0	2,40	250	56	13	12	3	710	0,61	249,0	30,90	6,8
VT66	25.04.2019	5	2,20	200	19	10	12	3	480	0,35	181,0	27,10	5,6
VT66	25.04.2019	10	0,86	170	26	19	13	5	340	0,13	84,1	4,72	2,7
VT66	25.04.2019	20	0,28	200	63	24	19	13	310	0,15	46,4	1,00	1,3
VT66	25.04.2019	30	0,28	210	105	5	25	19	390	0,18	43,1	1,00	1,3
VT66	21.05.2019	0	2,20	260	31	11	15	3	480	1,19	357,0	57,20	7,7
VT66	21.05.2019	5	2,30	230	1	8	13	3	150	0,93	243,0	37,70	5,4
VT66	21.05.2019	10	1,50	200	5	10	13	4	160	0,47	145,0	22,30	3,6
VT66	21.05.2019	20	0,29	270	88	5	24	17	380	0,75	47,5	1,00	1,4
VT66	21.05.2019	30	0,16	220	94	5	26	19	410	0,29	42,8	1,00	1,2
VT66	12.06.2019	0	4,30	240	14	11	17	3	300	1,12	453,0	64,40	9,0
VT66	12.06.2019	5	2,60	200	1	7	13	2	180		281,0	41,90	6,0
VT66	12.06.2019	10	1,50	180	1	7	14	3	130	0,76	162,0	27,10	5,0
VT66	12.06.2019	20	0,65	170	10	10	13	3	130	0,32	98,6	16,90	3,0
VT66	12.06.2019	30	0,29	230	81	5	19	11	370	0,27	68,1	12,80	2,0
VT66	09.07.2019	0	1,60	260	13	5	12	3	120	0,61	242,0	35,70	5,0
VT66	09.07.2019	5	0,70	230	1	5	11	3	54	0,38	128,0	14,50	3,0

Stasjon	Dato	Dyp	KlfA	TOTN	NOx	NH4	TOTP	PO4	SiO2	TSM	POC	Part. N	Part. P
		(m)	(µg/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg P/L)	(µg N/L)	(µg SiO2/L)	(mg/L)	(µg C/L)	(µg N/L)	(µg P/L)
VT66	09.07.2019	10	0,91	240	1	5	14	3	71	0,27	131,0	15,60	3,0
VT66	09.07.2019	20	0,53	210	32	7	12	5	160	0,26	80,9	14,30	2,0
VT66	09.07.2019	30	0,19	250	85	5	21	16	350	0,17	76,2	11,70	2,0
VT66	19.08.2019	0	2,50	250	29	13	12	2	420	0,35	251,0	35,20	8,0
VT66	19.08.2019	5	1,50	220	1	7	15	3	120	0,26	170,0	21,80	5,0
VT66	19.08.2019	10	1,10	160	1	10	11	3	100	0,19	134,0	22,00	3,0
VT66	19.08.2019	20	0,39	170	23	13	13	6	170	0,34	87,9	10,60	2,0
VT66	19.08.2019	30	0,16	180	56	6	18	11	300	0,20	71,2	8,28	1,0
VT66	18.09.2019	0	2,90	240	40	9	14	4	410	0,81	247,0	41,10	8,0
VT66	18.09.2019	5	1,80	200			13			0,35	134,0	22,20	4,0
VT66	18.09.2019	10	0,56	190	22	7	17	9	180	0,46	66,0	10,20	2,0
VT66	18.09.2019	20	0,17	190	33	5	14	9	210	0,52	53,6	7,35	1,0
VT66	18.09.2019	30	0,16	170	39	5	16	10	240	0,32	42,1	3,58	1,0
VT66	09.10.2019	0	3,10	200	21	14	14	4	130	0,51	171,0	28,90	5,0
VT66	09.10.2019	5	1,40	200	36	11	32	7	170	0,25	84,5	13,70	3,0
VT66	09.10.2019	10	0,35	200	58	5	15	10	250	0,20	50,6	8,25	1,0
VT66	09.10.2019	20	0,16	200	53	5	17	12	280	0,31	47,2	7,41	1,0
VT66	09.10.2019	30	0,16	180	52	5	18	12	280	0,20	42,0	4,98	1,0
VT66	13.11.2019	0	1,10	240	80	27	15	10	560	0,25	129,0	17,50	3,1
VT66	13.11.2019	5	0,79	200	54	18	19	11	300	0,17	84,7	10,90	2,6
VT66	13.11.2019	10	0,48	200	49	13	16	11	240	0,17	51,2	6,92	1,6
VT66	13.11.2019	20	0,30	200	58	6	17	13	260	0,12	52,0	7,61	1,5
VT66	13.11.2019	30	0,16	180	65	5	20	17	350	0,18	49,5	6,13	1,3

Tabell 42. Resultater fra vannprøver på stasjon VT67 Langesundsfjorden.

Stasjon	Dato	Dyp	KlfA	TOTN	NOx	NH4	TOTP	PO4	SiO2	TSM	POC	Part. N	Part. P
		(m)	(µg/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg P/L)	(µg N/L)	(µg SiO2/L)	(mg/L)	(µg C/L)	(µg N/L)	(µg P/L)
VT67	05.12.2018	0	0,67	320	135	35	16	9	1200	1,01	69,0	7,31	5,0
VT67	05.12.2018	5	1,20	260	30	21	20	10	310	0,40	70,5	9,96	4,0
VT67	05.12.2018	10	0,74	270	41	27	20	10	320	0,32	77,3	9,30	5,0
VT67	05.12.2018	20	0,60	230	70	13	20	12	330	0,38	44,5	5,62	3,0
VT67	05.12.2018	30	0,28	210	77	7	21	13	340	0,21	39,8	4,82	2,0
VT67	09.01.2019	0	0,16	210	82	7	24	15	310	0,21	54,6	4,55	1,0
VT67	09.01.2019	5	0,16	230	88	11	24	15	370	0,22	63,7	5,16	1,0
VT67	09.01.2019	10	0,17	260	81	12	24	14	290	0,19	55,5	5,06	1,0
VT67	09.01.2019	20	0,16	200	82	8	23	15	280	0,18	34,8	3,09	1,0
VT67	09.01.2019	30	0,16	200	77	7	23	16	300	0,17	49,7	1,00	1,0
VT67	12.02.2019	0	0,39	220	100	22	20	12	480	0,25	75,4	1,00	2,0
VT67	12.02.2019	5	0,32	220	75	12	21	13	280	0,17	69,4	7,97	2,0
VT67	12.02.2019	10	0,25	200	78	12	20	13	270	0,43	56,2	5,04	2,0
VT67	12.02.2019	20	0,21	190	94	14	22	15	320	0,18	57,4	1,00	1,0
VT67	12.02.2019	30	0,16	240	118	12	25	18	430	0,19	40,2	1,00	1,0
VT67	12.03.2019	0	1,00	260	101	26	18	8	790	0,37	112,0	20,70	3,0
VT67	12.03.2019	5	1,10	220	76	17	21	12	380	0,95	93,7	6,50	3,0
VT67	12.03.2019	10	0,65	230	95	13	22	14	370	0,24	58,8	1,00	2,0
VT67	12.03.2019	20	0,30	220	88	15	24	16	360	0,23	42,0	1,00	1,0
VT67	12.03.2019	30	0,27	190	83	9	25	17	350	1,56	42,1	3,34	1,0
VT67	25.04.2019	0	3,20	310	110	26	11	3	1140	0,64	242,0	31,40	6,7
VT67	25.04.2019	5	1,90	190	21	14	11	2	440	0,33	222,0	46,10	5,7
VT67	25.04.2019	10	0,90	190	37	19	13	5	380	0,16	85,4	1,00	3,3

Stasjon	Dato	Dyp	KlfA	TOTN	NOx	NH4	TOTP	PO4	SiO2	TSM	POC	Part. N	Part. P
		(m)	(µg/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg P/L)	(µg N/L)	(µg SiO2/L)	(mg/L)	(µg C/L)	(µg N/L)	(µg P/L)
VT67	25.04.2019	20	0,18	250	116	29	23	16	420	0,28	39,8	1,00	1,1
VT67	25.04.2019	30	0,20	200	86	22	22	15	290	0,28	30,6	1,00	1,0
VT67	21.05.2019	0	1,80	250	37	17	14	4	490	0,82	288,0	42,00	6,7
VT67	21.05.2019	5	2,30	200	3	12	17	5	150	0,71	246,0	36,10	6,2
VT67	21.05.2019	10	1,50	220	9	15	14	4	190	0,62	151,0	21,30	4,6
VT67	21.05.2019	20	0,26	260	93	10	24	16	330	0,31	68,3	1,00	1,5
VT67	21.05.2019	30	0,17	230	77	5	26	18	300	0,18	73,4	1,00	1,2
VT67	12.06.2019	0	3,00	290	72	23	13	3	770	0,86	290,0	40,00	7,0
VT67	12.06.2019	5	1,60	200	2	8	15	3	160	0,52	160,0	26,60	5,0
VT67	12.06.2019	10	1,50	180	1	9	13	3	150	0,62	158,0	18,50	5,0
VT67	12.06.2019	20	0,83	180	5	16	13	3	96	0,55	108,0	17,30	4,0
VT67	12.06.2019	30	0,50	180	24	26	14	6	120	0,23	84,6	14,10	3,0
VT67	09.07.2019	0	1,30	320	33	13	14	3	300	0,54	185,0	22,20	5,0
VT67	09.07.2019	5	0,93	270	3	6	17	5	81	0,27	167,0	22,60	4,0
VT67	09.07.2019	10	0,64	230	10	12	12	4	110	0,32	111,0	9,82	3,0
VT67	09.07.2019	20	0,27	310	76	8	16	10	230	0,24	59,4	9,47	2,0
VT67	09.07.2019	30	0,30	240	50	8	16	9	180	0,31	47,6	6,35	2,0
VT67	19.08.2019	0	2,50	290	39	28	16	4	530	0,35	218,0	27,70	5,0
VT67	19.08.2019	5	1,40	220	4	11	15	4	140	0,24	159,0	25,70	5,0
VT67	19.08.2019	10	0,86	220	1	5	12	3	100	0,20	157,0	18,90	3,0
VT67	19.08.2019	20	0,56	210	15	19	13	5	130	0,23	94,2	8,44	3,0
VT67	19.08.2019	30	0,34	220	36	24	14	7	180	0,24	85,2	9,51	2,0
VT67	18.09.2019	0	2,00	290	97	20	12	5	790	0,48	190,0	23,90	6,0
VT67	18.09.2019	5	1,90	190	20	5	12	5	190	0,49	146,0	24,50	5,0
VT67	18.09.2019	10	0,73	190	21	6	13	7	190	0,41	90,6	14,20	2,0
VT67	18.09.2019	20	0,43	170	21	6	13	7	190	0,18	82,2	13,40	2,0
VT67	18.09.2019	30	0,24	190	26	5	14	8	180	0,10	82,1	13,40	2,0
VT67	09.10.2019	0	1,80	270	90	33	12	6	640	0,45	156,0	24,00	4,0
VT67	09.10.2019	5	1,60	210	35	15	14	6	150	0,32	103,0	16,40	4,0
VT67	09.10.2019	10	0,16	210	64	6	17	11	270	0,26	386,0	19,70	6,0
VT67	09.10.2019	20	0,16	190	52	6	17	12	270	0,25	49,3	6,92	1,0
VT67	09.10.2019	30	0,16	170	41	5	18	11	220	0,25	56,5	7,09	1,0
VT67	13.11.2019	0	0,40	300	142	47	12	9	1180	0,51	129,0	12,70	3,0
VT67	13.11.2019	5	0,71	210	62	12	19	15	330	0,16	96,8	11,60	2,3
VT67	13.11.2019	10	0,45	210	46	14	16	12	210	0,20	124,0	17,50	2,0
VT67	13.11.2019	20	0,55	190	47	10	17	12	200	0,15	71,4	9,20	1,9
VT67	13.11.2019	30	0,16	200	58	5	20	14	260	0,17	47,0	6,00	1,2

Tabell 43. Resultater fra vannprøver på stasjon VT68 Jomfrulandsrenna.

Stasjon	Dato	Dyp	KlfA	TOTN	NOx	NH4	TOTP	PO4	SiO2	TSM	POC	Part. N	Part. P
		(m)	(µg/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg P/L)	(µg N/L)	(µg SiO2/L)	(mg/L)	(µg C/L)	(µg N/L)	(µg P/L)
VT68	04.12.2018	5	1,60	240	33	19	19	10	360	0,53	84,2	11,80	6,0
VT68	09.01.2019	5	0,56	250	102	14	22	13	420	0,33	66,4	7,35	2,0
VT68	12.02.2019	5	0,30	210	65	13	20	13	280	0,15	63,5	1,00	2,0
VT68	12.03.2019	5	1,90	220	61	11	19	10	350	0,44	150,0	1,00	11,0
VT68	25.04.2019	5	1,00	200	10	11	11	2	350	0,44	161,0	22,60	4,6
VT68	21.05.2019	5	2,20	220	2	7	14	4	130	0,85	279,0	91,30	9,0
VT68	13.06.2019	5	1,80	190	11	9	15	2	240	0,56	170,0	28,00	5,0
VT68	09.07.2019	5	0,97	200	4	5	12	3	58	0,30	163,0	20,00	4,0
VT68	19.08.2019	5	1,30	220	1	5	15	3	120	0,27	193,0	22,10	5,0

Stasjon	Dato	Dyp	KlfA	TOTN	NOx	NH4	TOTP	PO4	SiO2	TSM	POC	Part. N	Part. P
		(m)	(µg/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg N/L)	(µg P/L)	(µg N/L)	(µg SiO2/L)	(mg/L)	(µg C/L)	(µg N/L)	(µg P/L)
VT68	17.09.2019	5	3,10	180	6	6	13	4	210	0,39	243,0	42,30	4,0
VT68	09.10.2019	5	3,10	210	24	14	13	4	180	0,52	182,0	21,70	5,0
VT68	13.11.2019	5	1,60	200	43	15	16	10	250	0,33	143,0	21,90	3,7

10.4.3 Utvikling over tid

Tabell 44 til Tabell 55 viser midlet verdi for næringsalter i overflatelaget (0 - 10 m) for alle stasjonene.

Tabell 44. Midlet verdi for målt total nitrogen fra 0-10 m for sommersesongen (juni-august) for hvert år. Enheten er µg N/L.

Sommer/ Årstall	VT67 Langesunds- fjorden	VT66 Håøyfjorden	VT68 Jomfrulands- renna	VT10 Breiangen	VT2 Bastø	VT65 Missingen	VT3 Torbjørn- skjær	VT4 Hvitsten
2012	303.5	219.8						
2013	231.2	242.8		228.3			222.9	
2014	272.2	265.2				203.3	221.7	
2015	207.2			232.3		207.5	206.4	
2016	272.5	212.0		222.0		212.0	193.0	
2017	163.6	148.6		168.9	156.0	151.3	164.6	203.3
2018	145.3	137.8	130.0	146.9	148.8	147.0	139.2	180.0
2019	246.7	220.0	203.3	232.2	225.6	216.7	200.0	

Tabell 45. Midlet verdi for målt total nitrogen fra 0-10 m for vintersesongen (desember-februar) for hvert år. Enheten er µg N/L.

Vinter/ Årstall	VT67 Langesunds- fjorden	VT66 Håøyfjorden	VT68 Jomfrulands- renna	VT10 Breiangen	VT2 Bastø	VT65 Missingen	VT3 Torbjørn- skjær	VT4 Hvitsten
2012- 2013	304.6	290.2						
2013- 2014	302.1	300.9		345.0			314.5	
2014- 2015	202.4			300.2		254.0	262.4	
2015- 2016	191.8	307.3		314.7		269.2	289.4	
2016- 2017	303.3	245.4		274.2		300.0	234.2	
2017- 2018	241.1	232.6		236.4	236.1	239.2	235.6	297.5
2018- 2019	243.3	228.9	233.3	234.4	240.3	241.1	226.7	

Tabell 46. Midlet verdi for målt nitrat og nitritt (sum NO_3+NO_2) fra 0-10 m for sommersesongen (juni-august) for hvert år. Enheten er $\mu\text{g N/L}$.

Sommer/ Årstall	VT67 Langesunds- fjorden	VT66 Håøyfjorden	VT68 Jomfrulands- renna	VT10 Breiangen	VT2 Bastø	VT65 Missingen	VT3 Torbjørn- skjær	VT4 Hvitsten
2012		1.6						
2013	29.7	18.7		24.8			5.1	
2014	41.5	22.0		28.9			22.3	
2015	21.6			29.4			17.3	
2016	38.5	12.9		30.5		4.8	4.8	
2017	21.9	6.1		11.1	4.0	6.4	7.6	25.3
2018	25.3	14.4	2.7	7.1	2.9	2.0	2.0	9.0
2019	18.3	6.9	5.3	22.8	8.9	7.0	4.9	

Tabell 47. Midlet verdi for målt nitrat og nitritt (sum NO_3+NO_2) fra 0-10 m for vintersesongen (desember-februar) for hvert år. Enheten er $\mu\text{g N/L}$.

Vinter/ Årstall	VT67 Langesunds- fjorden	VT66 Håøyfjorden	VT68 Jomfrulands- renna	VT10 Breiangen	VT2 Bastø	VT65 Missingen	VT3 Torbjørn- skjær	VT4 Hvitsten
2012- 2013	122.0	107.5						
2013- 2014	130.1	120.6		141.5			101.8	
2014- 2015	88.8			127.4			111.3	
2015- 2016	88.6	123.3		141.8		125.0	126.2	
2016- 2017	92.0	83.6		143.8		120.0	82.1	
2017- 2018	110.8	105.8		122.6	122.8	106.2	102.3	187.5
2018- 2019	78.9	74.2	66.7	98.4	96.1	96.9	72.9	

Tabell 48. Midlet verdi for målt ammonium (NH₄) fra 0-10 m for sommersesongen (juni-august) for hvert år. Enheten er µg N/L.

Sommer/ Årstall	VT67 Langesunds- fjorden	VT66 Håøyfjorden	VT68 Jomfrulands- renna	VT10 Breiangen	VT2 Bastø	VT65 Missingen	VT3 Torbjørn- skjær	VT4 Hvitsten
2012	17.6	14.3						
2013	16.8	13.5						
2014	21.0	9.8						
2015	13.1							
2016	21.0	10.4		16.5			6.9	
2017	15.7	10.0		14.8	11.3	10.3	11.1	12.0
2018	9.1	6.6	6.0	8.1	6.4	6.1	5.5	5.7
2019	12.8	7.8	6.3	13.3	10.1	7.4	7.7	

Tabell 49. Midlet verdi for målt ammonium (NH₄) fra 0-10 m for vintersesongen (desember-februar) for hvert år. Enheten er µg N/L.

Vinter/ Årstall	VT67 Langesunds- fjorden	VT66 Håøyfjorden	VT68 Jomfrulands- renna	VT10 Breiangen	VT2 Bastø	VT65 Missingen	VT3 Torbjørn- skjær	VT4 Hvitsten
2012- 2013	22.6	16.0						
2013- 2014	29.9	23.6						
2014- 2015	18.9						12.0	
2015- 2016	23.9	21.1						
2016- 2017	5.1	19.9		5.2			6.8	
2017- 2018	20.5	12.3		8.6	12.9	10.0	12.1	11.5
2018- 2019	17.7	17.2	15.3	13.9	14.7	14.1	14.3	

Tabell 50. Midlet verdi for målt total fosfor fra 0-10 m for sommersesongen (juni-august) for hvert år. Enheten er $\mu\text{g P/L}$.

Sommer/ Årstall	VT67 Langesunds- fjorden	VT66 Håøyfjorden	VT68 Jomfrulands- renna	VT10 Breiangen	VT2 Bastø	VT65 Missingen	VT3 Torbjørn- skjær	VT4 Hvitsten
2012	9.8	10.0						
2013	12.3	12.6		9.4			11.7	
2014	12.0	12.4				3.5	9.7	
2015	11.7			11.4		2.7	12.7	
2016	11.3	10.2		10.6		2.2	11.1	
2017	12.8	13.2		10.2	10.6	4.4	13.2	12.0
2018	15.4	15.3	13.7	11.6	12.1	2.5	11.4	10.7
2019	14.1	13.2	14.0	12.0	12.2	12.2	12.6	

Tabell 51. Midlet verdi for målt total fosfor fra 0-10 m for vintersesongen (desember-februar) for hvert år. Enheten er $\mu\text{g P/L}$.

Vinter/ Årstall	VT67 Langesunds- fjorden	VT66 Håøyfjorden	VT68 Jomfrulands- renna	VT10 Breiangen	VT2 Bastø	VT65 Missingen	VT3 Torbjørn- skjær	VT4 Hvitsten
2012- 2013	20.8	22.6						
2013- 2014	17.5	18.7		16.0			23.1	
2014- 2015	13.6			20.8		20,8	23.1	
2015- 2016	13.0	21.2		21.5		22,5	23.2	
2016- 2017	18.9	20.8		22.7		26,0	30.8	
2017- 2018	25.7	25.5		24.9	25.2	26,7	26.5	26.5
2018- 2019	21.0	20.2	20.3	21.9	21.8	21.4	21.1	

Tabell 52. Midlet verdi for målt fosfat (PO_4) fra 0-10 m for sommersesongen (juni-august) for hvert år. Enheten er $\mu g P/L$.

Sommer/ Årstall	VT67 Langesunds- fjorden	VT66 Håøyfjorden	VT68 Jomfrulands- renna	VT10 Breiangen	VT2 Bastø	VT65 Missingen	VT3 Torbjørn- skjær	VT4 Hvitsten
2012	2.8	2.6						
2013	3.9	4.8		4.7			3.3	
2014	3.5	3.7		3.7		3.5	3.4	
2015	3.4			2.3		2.7	3.1	
2016	3.2	2.5		3.6		2.2	2.4	
2017	6.1	6.9		3.8	4.1	4.4	5.7	4.0
2018	4.8	3.8	2.0	2.2	2.4	2.5	2.9	2.0
2019	3.6	2.8	2.7	2.9	2.7	2.4	2.7	

Tabell 53. Midlet verdi for målt fosfat (PO_4) fra 0-10 m for vintersesongen (desember-februar) for hvert år. Enheten er $\mu g P/L$.

Vinter/ Årstall	VT67 Langesunds- fjorden	VT66 Håøyfjorden	VT68 Jomfrulands- renna	VT10 Breiangen	VT2 Bastø	VT65 Missingen	VT3 Torbjørn- skjær	VT4 Hvitsten
2012- 2013	14.9	16.8						
2013- 2014	12.2	13.8		12.0			17.2	
2014- 2015	12.6			16.2		17.2	16.8	
2015- 2016	8.8	14.3		14.4		16.0	16.4	
2016- 2017	11.2	12.1		17.4		11.0	14.1	
2017- 2018	18.4	18.2		18.9	18.4	18.4	18.6	18.5
2018- 2019	12.3	11.6	12.0	13.3	12.8	13.4	12.6	

Tabell 54. Midlet verdi for målt silikat (SiO_2) fra 0-10 m for sommersesongen (juni-august) for hvert år. Enheten er $\mu\text{g SiO}_2/\text{L}$.

Sommer/ Årstall	VT67 Langesunds- fjorden	VT66 Håøyfjorden	VT68 Jomfrulands- renna	VT10 Breiangen	VT2 Bastø	VT65 Missingen	VT3 Torbjørn- skjær	VT4 Hvitsten
2012	1279.6	238.5						
2013	175.2	126.5		208.7			101.5	
2014	188.8	84.9		145.2		177.0	131.9	
2015	151.2			227.1		191.7	122.0	
2016	192.0	73.7		139.8		137.6	70.8	
2017	226.7	204.7		188.2	150.8	140.7	169.2	615.3
2018	164.0	119.5	89.3	109.9	85.7	74.4	65.1	208.3
2019	260	166	139	243	224	177	134	

Tabell 55. Midlet verdi for målt silikat (SiO_2) fra 0-10 m for vintersesongen (desember-februar) for hvert år. Enheten er $\mu\text{g SiO}_2/\text{L}$.

Vinter/ Årstall	VT67 Langesunds- fjorden	VT66 Håøyfjorden	VT68 Jomfrulands- renna	VT10 Breiangen	VT2 Bastø	VT65 Missingen	VT3 Torbjørn- skjær	VT4 Hvitsten
2012- 2013	427.6	341.1						
2013- 2014	471.3	362.9		1000.0			764.2	
2014- 2015	686.7			556.2		496.2	316.1	
2015- 2016	283.8	350.3		340.8		776.7	640.8	
2016- 2017	240.9	215.2		555.2		990.0	482.8	
2017- 2018	689.2	581.7		640.6	1093.9	968.3	796.3	925.0
2018- 2019	425.6	398.9	353.3	450.0	423.3	445.6	336.7	

Miljødirektoratet

Telefon: 73 58 05 00 | **Faks:** 73 58 05 01

E-post: post@miljodir.no

Nett: www.miljodirektoratet.no

Post: Postboks 5672 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøksadresse Trondheim: Brattørkaia 15, 7010 Trondheim

Besøksadresse Oslo: Grensesvingen 7, 0661 Oslo

Miljødirektoratet jobber for et rent og rikt miljø. Våre hovedoppgaver er å redusere klimagassutslipp, forvalte norsk natur og hindre forurensning.

Vi er et statlig forvaltningsorgan underlagt Klima- og miljødepartementet og har mer enn 700 ansatte ved våre to kontorer i Trondheim og Oslo, og ved Statens naturoppsyn (SNO) sine mer enn 60 lokalkontor.

Vi gjennomfører og gir råd om utvikling av klima- og miljøpolitikken. Vi er faglig uavhengig. Det innebærer at vi opptre selvstendig i enkeltsaker vi avgjør, når vi formidler kunnskap eller gir råd. Samtidig er vi underlagt politisk styring.

Våre viktigste funksjoner er at vi skaffer og formidler miljøinformasjon, utøver og iverksetter forvaltningsmyndighet, styrer og veileder regionalt og kommunalt nivå, gir faglige råd og deltar i internasjonalt miljøarbeid.

Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven

for

Silva Green Fuel AS

Tillatelsen er gitt i medhold av lov om vern mot forurensninger og om avfall av 13. mars 1981 nr. 6, § 11 jf. § 16. Tillatelsen er gitt på grunnlag av opplysninger fremkommet i søknad og under saksbehandlingen. Vilkårene framgår på side 2 til og med side 11.

Hvis bedriften ønsker å foreta endringer i driftsforhold som kan ha betydning for forurensningen fra virksomheten og som ikke er i samsvar med det som ble lagt til grunn da tillatelsen ble gitt eller sist endret, må bedriften i god tid på forhånd søke om endring av tillatelsen. Bedriften bør først kontakte forurensningsmyndigheten for å avklare behovet for slik endring.

Dersom hele eller vesentlige deler av tillatelsen ikke er tatt i bruk innen 4 år etter at tillatelsen er trådt i kraft, skal bedriften sende en redegjørelse for virksomhetens omfang slik at forurensningsmyndigheten kan vurdere eventuelle endringer i tillatelsen.

Bedriftsdata

Bedrift	Silva Green Fuel AS
Beliggenhet/gateadresse	Østre Strandvei 52, Tofte
Postadresse	Postboks 200 Lilleaker, 0216 Oslo
Kommune og fylke	Hurum, Buskerud
Org. nummer (bedrift)	914 631 696
Lokalisering av anlegg	UTM sone 32, øst: 588574, nord: 6601970
NACE-kode og bransje	72.190 Annen forskning og annet utviklingsarbeid innen naturvitenskap og teknikk
Kategori for virksomheten ¹	

Forurensningsmyndighetens referanser

Tillatelsesnummer	Anleggsnummer
2019.0308.T	0628.0057.01

Tillatelse første gang gitt: 08.04.2019	Tillatelse sist revidert i medhold av fl § 18 tredje ledd:	Tillatelse sist endret:
Harald Sørby seksjonsleder		Mabel Katrine Trovum rådgiver

¹ Jf. forskrift om begrensning av forurensning av 06.01.2004 nr. 931 (forurensningsforskriften) kapittel 36 om behandling av tillatelser etter forurensningsloven

1 Tillatelsens ramme

Tillatelsen gjelder forurensning fra et demonstrasjonsanlegg for produksjon av biodrivstoff basert på treflis og sagspon. Tillatelsen gjelder fra d.d. og fem år frem i tid.

Tillatelsen gjelder for en årlig produksjon av inntil 30 fat (4800 liter) bioråolje per døgn.

2 Generelle vilkår

2.1 Utslippsbegrensninger

De utslippskomponenter fra virksomheten som er antatt å ha størst miljømessig betydning, er uttrykkelig regulert gjennom spesifikke vilkår i denne tillatelsens pkt. 3 til 13. Utslipp som ikke er uttrykkelig regulert på denne måten, er også omfattet av tillatelsen så langt opplysninger om slike utslipp er fremkommet i forbindelse med saksbehandlingen eller må anses å ha vært kjent på annen måte da vedtaket ble truffet. Dette gjelder likevel ikke utslipp av prioriterte miljøgifter oppført i vedlegg 1. Utslipp av slike komponenter er bare omfattet av tillatelsen dersom dette framgår gjennom uttrykkelig regulering i vilkårenes pkt. 3 til 13.

2.2 Plikt til å overholde grenseverdier

Alle grenseverdier skal overholdes innenfor de fastsatte midlingstider. Variasjoner i utslippene innenfor de fastsatte midlingstidene skal ikke avvike fra hva som er vanlig for den aktuelle type virksomhet i en slik grad at det kan føre til økt skade eller ulempe for miljøet.

2.3 Plikt til å redusere forurensning så langt som mulig

All forurensning fra bedriften, herunder utslipp til luft og vann, samt støy og avfall, er isolert sett uønsket. Selv om utslippene holdes innenfor fastsatte utslippsgrenser, plikter bedriften å redusere sine utslipp, herunder støy, så langt dette er mulig uten urimelige kostnader. Plikten omfatter også utslipp av komponenter det ikke gjennom vilkår i pkt. 3 flg. uttrykkelig er satt grenser for.

For produksjonsprosesser der utslippene er proporsjonale med produksjonsmengde, skal eventuell reduksjon av produksjonsnivået, medføre en tilsvarende reduksjon i utslippene.

2.4 Utskifting av utstyr og endring av utslippspunkt

Ved utskifting av utstyr må det nye utstyret tilfredsstillende prinsippet om bruk av beste tilgjengelige teknikker med sikte på å motvirke forurensning.

Dersom det skal foretas utskifting av utstyr der det er mulig å oppnå utslippsreduksjoner av betydning, skal bedriften gi melding til forurensningsmyndigheten om dette i god tid før det tas beslutning om valg av utstyr.

Hvis bedriften ønsker å endre utslippspunkter som er fastlagt i tillatelsens vilkår 3.1 og 4.1, må den søke om tillatelse til dette. Der utslippspunkt ikke er fastlagt i tillatelsens vilkår 3.1 og 4.1 må bedriften avklare med forurensningsmyndigheten om en ønsket endring av utslippspunkt krever tillatelse og, for utslipp til luft, også spredningsberegninger.

2.5 Plikt til forebyggende vedlikehold

For å holde de ordinære utslipp på et lavest mulig nivå og for å unngå utilsiktede utslipp skal bedriften sørge for forebyggende vedlikehold av utstyr som kan ha utslippsmessig betydning. System og rutiner for vedlikehold av slikt utstyr skal kunne dokumenteres.

2.6 Tiltakspunkt ved økt forurensningsfare

Dersom det som følge av unormale driftsforhold eller av andre grunner oppstår fare for økt forurensning, plikter bedriften å iverksette de tiltak som er nødvendige for å eliminere eller redusere den økte forurensningsfaren, herunder om nødvendig å redusere eller innstille driften.

Bedriften skal så snart som mulig informere forurensningsmyndigheten om forhold som kan føre til vesentlig økt forurensning eller forurensningsfare. Akutt forurensning skal varsles iht. pkt. 13.4.

2.7 Internkontroll

Bedriften plikter å etablere internkontroll for sin virksomhet i henhold til gjeldende forskrift om dette². Internkontrollen skal blant annet sikre og dokumentere at bedriften overholder krav i denne tillatelsen, forurensningsloven, produktkontrollloven og relevante forskrifter til disse lovene. Bedriften plikter å holde internkontrollen oppdatert.

Bedriften plikter til enhver tid å ha oversikt over alle forhold som kan medføre forurensning og kunne redegjøre for risikoforhold. Plikt til å gjennomføre risikoanalyse med hensyn til *akutt* forurensning følger av punkt 13.1.

3 Utslipp til vann

3.1 Utslippsbegrensninger

3.1.1 Utslipp fra punktkilder

Prosessutslippet vil kunne inneholde en mindre andel arsen, bly, kadmium, kobber, krom, nikkel, sink og kvikksølv. En mer presis, og eventuelt også strengere, regulering vil bli foretatt med grunnlag i den første årlige rapporteringen.

3.1.2 Diffuse utslipp

Virksomheten skal ikke ha diffuse utslipp til vann.

3.1.3 Utslippsreduserende tiltak

Diffuse utslipp fra produksjonsprosesser og fra utearealer, for eksempel avrenning fra lagerområder og områder for lossing/lasting, som kan medføre skade eller ulempe for miljøet, skal begrenses mest mulig. Avrenning av overflatevann fra bedriftens utearealer skal håndteres slik at det ikke kan medføre skade eller ulempe for miljøet.

Eventuelt oljeholdig avløpsvann fra verksteder eller lignende skal renses tilfredsstillende i oljeutskiller eller tilsvarende rensenhet.

² Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (internkontrollforskriften) av 06.12.1996 nr. 1127

3.2 Utslippspunkt for prosessavløp

Prosessavløpsvannet skal føres ut i Oslofjorden (vannforekomst Breiangen-øst) minst 300 meter fra land og til 37 meters dyp, via utslippsledningen til tidligere industribedrift Södra Cell Tofte. Avstanden fra land regnes som horisontal avstand fra strandkanten ved middelvannstand. Utslippet skal foregå på en slik måte at innblandingen i vannmassene blir best mulig.

Utlegging av utslippsledning eller lignende tiltak som kan påvirke sikkerheten eller fremkommeligheten i kommunens sjøområde, krever tillatelse av den kommune der tiltaket skal settes i verk, jf. havne- og farvannsloven (lov 17.04.2009 nr. 19) § 27.

3.3 Kjølevann

Kjølevannet skal føres ut i Oslofjorden (vannforekomst Breiangen-øst) minst 300 meter fra land og til 37 meters dyp gjennom etablert utslippsledning, på en slik måte at innblandingen i vannmassene blir best mulig og skal ikke medføre temperaturrendringer av betydning i resipienten.

Bruk av begroingshindrende midler i kjølevann med utslipp til vann er ikke tillatt.

3.4 Sanitæravløpsvann

Kommunen er myndighet for regulering av sanitæravløpsvannet fra bedriften.

3.5 Mudring

Dersom det som følge av bedriftens virksomhet skulle vise seg å være nødvendig med mudring, skal det innhentes nødvendig tillatelse fra forurensningsmyndigheten.

4 Utslipp til luft

4.1 Utslippsbegrensninger

4.1.1 Utslipp fra punktkilder

Utslippet fra faking av gass vil kunne inneholde en mindre andel NO_x, VOC, og CO. En mer presis, og eventuelt også strengere, regulering vil bli foretatt med grunnlag i den første årlige rapporteringen.

4.1.2 Diffuse utslipp

Virksomheten skal ikke ha diffuse utslipp til luft.

4.1.3 Utslippsreducerende tiltak

Diffuse utslipp fra produksjonsprosesser og fra utearealer, for eksempel lagerområder, områder for lossing/lasting og renseanlegg, som kan medføre skade eller ulempe herunder lukt for miljøet, skal begrenses mest mulig.

4.2 Krav til utslippspunkter

Avgasser fra eksisterende anlegg/prosessenheter tillates ledet ut gjennom utslippssystem med lukket fakkell.

4.3 Lukt

4.3.1 Luktbegrensning

Virksomheten skal drives slik at luktulemper i omgivelsene begrenses mest mulig.

4.3.2 Luktrisikovurdering

Det skal gjennomføres en luktrisikovurdering i tråd med anbefalingene i vedlegg 3 i *Miljødirektoratets veileder TA 3019/2013 Regulering av luktutslipp i tillatelser etter forurensningsloven*. Ved modifikasjoner og endrede produksjonsforhold skal luktrisikovurderingen oppdateres.

4.3.3 Forebyggende tiltak og driftsplan

På bakgrunn av luktrisikovurderingen skal bedriften iverksette luktrisikoreduserende tiltak. Bedriften skal ha en driftsplan som sikrer at luktulemper ved virksomheten begrenses. Planen skal være i tråd med anbefalingene gitt i vedlegg 4 i *Miljødirektoratets veileder TA 3019/2013 Regulering av luktutslipp i tillatelser etter forurensningsloven*. Ved modifikasjoner og endrede produksjonsforhold skal driftsplanen oppdateres.

Bedriften skal daglig føre en driftslogg, slik at det kan dokumenteres at driftsplanen er fulgt.

4.3.4 Lukthåndteringsplan, kommunikasjonsplan og klageregistrering

Bedriften skal ha en lukthåndteringsplan og en kommunikasjonsplan som er i tråd med anbefalingene gitt i *Miljødirektoratets veileder TA 3019/2013 Regulering av luktutslipp i tillatelser etter forurensningsloven*.

Bedriften skal informere naboer når det planlegges aktivitet som midlertidig kan medføre økt luktbelastning. Det samme gjelder dersom svikt i utstyr el.l. kan medføre økte luktplager.

Bedriften skal ha et system for registrering av innkommende luktklager som skal knyttes til sted og tid. Det skal gjøres en vurdering av klagen opp mot driftsplanen og andre relevante forhold, og eventuelle gjennomførte tiltak skal beskrives. Denne informasjonen skal gjøres tilgjengelig for naboene og rapporteres til forurensningsmyndigheten iht. punkt 11.5.

5 Grunnforurensning og forurensede sedimenter

Virksomheten skal ikke medføre utslipp til grunn eller grunnvann som kan medføre skader eller ulemper for miljøet.

Bedriften plikter å gjennomføre forebyggende tiltak som skal hindre utslipp til grunn og grunnvann. Bedriften plikter videre å gjennomføre tiltak som er egnet til å begrense miljøvirkningene av et eventuelt utslipp til grunn og grunnvann. Utstyr og tiltak som skal forhindre utslipp til grunn og grunnvann eller hindre at eventuelle utslipp medfører skade eller ulempe for miljøet, skal overvåkes og vedlikeholdes regelmessig. Plikten etter dette avsnittet gjelder tiltak som står i et rimelig forhold til de skader og ulemper som skal unngås.

Bedriften skal holde løpende oversikt over eventuell eksisterende forurenset grunn på bedriftsområdet og forurensede sedimenter utenfor, herunder faren for spredning, samt vurdere behovet for undersøkelser og tiltak. Er det grunn til å anta at undersøkelser eller andre tiltak vil være nødvendig, skal forurensningsmyndigheten varsles om dette.

Terrenginngrep som kan medføre fare for at forurensning i grunnen sprer seg, må ha godkjent tiltaksplan etter forurensningsforskriften kapittel 2³, eventuelt tillatelse etter forurensningsloven. Tiltak i forurensede sedimenter må ha tillatelse etter forurensningsloven eller forurensningsforskriften kapittel 22.

6 Kjemikalier

Med kjemikalier menes her kjemiske stoffer og stoffblandinger som brukes i virksomheten, både som råstoff i prosess og som hjelpekjemikalier, for eksempel begroingshindrende midler, vaskemidler, hydraulikkvæsker, brannbekjempningsmidler.

For kjemikalier som benyttes på en slik måte at det kan medføre fare for forurensning, skal bedriften dokumentere at den har foretatt en vurdering av kjemikalienes helse- og miljøegenskaper på bakgrunn av testing eller annen relevant dokumentasjon, jf. også punkt 2.7 om internkontroll.

Bedriften plikter å etablere et dokumentert system for substitusjon av kjemikalier. Det skal foretas en løpende vurdering av faren for skadelige effekter på helse og miljø forårsaket av de kjemikalier som benyttes, og av om alternativer finnes. Skadelige effekter knyttet til produksjon, bruk og endelig disponering av produktet, skal vurderes. Der bedre alternativer finnes, plikter bedriften å benytte disse så langt dette kan skje uten urimelig kostnad eller ulempe.⁴

Stoffer alene, i stoffblandinger og/eller i produkter, skal ikke framstilles, bringes i omsetning, eller brukes uten at de er i overensstemmelse med kravene i REACH-regelverket⁵ og andre regelverk som gjelder for kjemikalier.

7 Støy

Bedriftens bidrag til utendørs støy ved omkringliggende boliger, sykehus, pleieinstitusjoner, fritidsboliger, utdanningsinstitusjoner og barnehager skal ikke overskride følgende grenser, målt eller beregnet som innfallende lydtrykknivå ved mest støyutsatte fasade:

Dag (kl. 07-19) $L_{pAekv12h}$	Kveld (kl. 19-23) $L_{pAekv12h}$	Lørdag (kl. 07-23) $L_{pAekv12h}$	Søn-/helligdager (kl. 07-24) $L_{pAekv12h}$	Natt (kl. 23-07) $L_{pAekv12h}$	Natt (kl. 23-07) L_{AFmax}
50 dB(A)	45 dB(A)	45 dB(A)	45 dB(A)	40 dB(A)	50 dB(A)

L_{pAeqT} er A-veiet gjennomsnittsnivå (dBA) midlet over driftstid der T angir midlingstiden i antall timer.

L_{AFmax} , som er gjennomsnittlig A-veiet maksimalnivå for de 5-10 mest støyende hendelsene i perioden med tidskonstant "Fast" på 125 ms.

Alle støygrenser skal overholdes innenfor alle driftsdøgn. Støygrensene gjelder all støy fra bedriftens virksomhet, inkludert intern transport på bedriftsområdet samt lossing/lasting av råvarer og produkter. Støy fra midlertidig bygg- og anleggsvirksomhet og fra persontransport av ansatte til og fra bedriftsområdet er likevel ikke omfattet av grensene.

³ Jf. forurensningsforskriftens kapittel 2 om opprydning i forurenset grunn ved bygge- og gravearbeider

⁴ Jf. lov om kontroll med produkter og forbrukertjenester (produktkontrollloven) av 11.06.1976 nr. 79 § 3a om substitusjonsplikt

⁵ Forskrift om registrering, vurdering, godkjenning og begrenning av kjemikalier (REACH-forskriften) av 30.05.2008 nr. 516

8 Energi

8.1 Energiledelse

Bedriften skal ha et system for energiledelse i bedriften for kontinuerlig, systematisk og målrettet vurdering av tiltak som kan iverksettes for å oppnå en mest mulig energieffektiv produksjon og drift. Systemet for energiledelse skal inngå i bedriftens internkontroll, jf. vilkår 2.7. og følge prinsippene og metodene angitt i norsk standard for energiledelse.

Systemet skal være etablert senest 2 måneder før oppstart.

8.2 Utnyttelse av overskuddsenergi

Bedriften skal i størst mulig grad utnytte overskuddsenergi fra eksisterende og nye anlegg internt. Bedriften skal også gjennom tiltak på eget bedriftsområde legge til rette for at overskuddsenergi skal kunne utnyttes eksternt med mindre det kan godtgjøres at dette ikke er teknisk eller økonomisk mulig.

8.3 Spesifikt energiforbruk

Spesifikt energiforbruk skal beregnes og rapporteres årlig, jf. pkt. 11.5.

9 Avfall

9.1 Generelle krav

Bedriften plikter så langt det er mulig uten urimelige kostnader eller ulemper å unngå at det dannes avfall som følge av virksomheten. For materiale som utnyttes som biprodukt, skal det foreligge skriftlig dokumentasjon som viser at kriteriene i forurensningsloven § 27 andre ledd er oppfylt.

Innholdet av skadelige stoffer i avfallet skal begrenses mest mulig.

Avfall som oppstår i bedriften, skal primært søkes ombrukt i bedriftens produksjon eller i andres produksjon. Hvis dette ikke er mulig eller medfører urimelig kostnad, skal det fortrinnsvis materialgjenvinnes. Dersom dette heller ikke er mulig uten urimelig kostnad, skal avfallet så langt mulig gjenvinnes på annen måte.

Bedriften plikter å sørge for at all håndtering av avfall, herunder gjenvinning, skjer i overensstemmelse med regler fastsatt i eller i medhold av forurensningsloven.⁶

Farlig avfall kan ikke fortynnes med den virkning at det blir regnet som ordinært avfall. Ulike typer farlig avfall kan ikke sammenblandes hvis dette kan medføre fare for forurensning eller skape problemer for den videre håndteringen av avfallet. Farlig avfall kan heller ikke blandes sammen med annet avfall, med mindre det letter den videre behandlingen av det farlige avfallet og dette gir en miljømessig minst like god løsning.

⁶ Se blant annet avfallsforskriften av 1.6.2004 nr 930 og kapittel 18 i forurensningsforskriften av 1.6.2004 nr 931.

10 Deponi for eget avfall

Bedriften har ikke deponi for eget avfall.

11 Utslippskontroll og rapportering til forurensningsmyndigheten

11.1 Kartlegging av utslipp

Bedriften plikter systematisk å kartlegge virksomhetens utslipp til luft og vann. Dette gjelder både diffuse utslipp og punktutslipp. Bedriften skal legge denne kartleggingen til grunn for utarbeidelsen av programmet for utslippskontroll (punkt 11.4).

Bedriften skal også kartlegge virksomhetens bidrag til støy, jf. punkt 7.

11.2 Utslippskontroll

Bedriften skal kontrollere og dokumentere utslippene til luft og vann ved å gjennomføre målinger. Målinger består av volumstrømsmåling, prøvetaking, analyse og beregning.

Målinger skal utføres slik at de blir representative for virksomhetens faktiske utslipp og skal omfatte:

- utslipp av komponenter i prosessvann:
 - KOF, fenoler, pH, arsen, bly, kadmium, kobber, krom, nikkel, sink og kvikksølv
- utslipp av komponenter fra fakling av gass:
 - NO_x, VOC, CO, partikler
- utslipp av komponenter som er regulert gjennom grenseverdier fastsatt i forskrift
- utslipp av andre komponenter som kan ha miljømessig betydning og dermed er omfattet av rapporteringsplikten

Bedriften skal vurdere usikkerhetsbidragene ved de forskjellige trinnene i målingene (volumstrømsmåling - prøvetaking - analyse - beregning) og velge løsninger som reduserer den totale usikkerheten til et akseptabelt nivå. For alle målinger skal det være en prøvetakingsfrekvens som sikrer representative prøver.

For utslipp av komponentene i listen over, skal bedriften årlig foreta en faglig begrunnet vurdering av utslippsmengde og rapportere dette i henhold til punkt 11.5.

11.3 Kvalitetssikring av målingene

Bedriften er ansvarlig for at måleutstyr, metoder og gjennomføring av målingene er forsvarlig kvalitetssikret blant annet ved å:

- utføre målingene etter Norsk standard. Dersom det ikke finnes, kan internasjonal standard benyttes. Bedriften kan benytte andre metoder enn norsk eller internasjonal standard dersom særlige hensyn tilsier det. Bedriften må i tilfelle dokumentere at særlige hensyn foreligger og at den valgte metoden gir representative tall for virksomhetens faktiske utslipp.
- bruke akkrediterte laboratorier / tjenester når volumstrømsmåling, prøvetaking og analyse utføres av eksterne. Tjenesteyter skal være akkreditert for den aktuelle tjenesten dersom slik tjenesteyter finnes.
- delta i sammenlignende laboratorieprøving (SLP) og/eller jevnlig verifisere analyser med et eksternt, akkreditert laboratorium for de parameterne som er regulert gjennom presise grenseverdier, når bedriften selv analyserer.

- jevnlig vurdere om plassering av prøvetakingspunkter, valg av prøvetakingsmetoder og -frekvenser gir representative prøver.
- jevnlig utføre kontroll og kalibrering av måleutstyr

11.4 Program for utslippskontroll

Bedriften skal ha et program for utslippskontroll som inngår i bedriftens dokumenterte internkontroll.

I programmet skal bedriften redegjøre for de kartlagte utslippene (punkt 11.1 første avsnitt), gjennomføringen av utslippskontrollen (punkt 11.2) og kvalitetssikring av målingene (punkt 11.3).

Programmet for utslippskontroll skal inneholde:

- en redegjørelse for virksomhetens faktiske utslipp til luft og vann, samt støy, med en oversikt over alle utslippstrømmer, volum og innhold, til luft og vann
- en beskrivelse av de forskjellige trinnene i målingene (volumstrømsmåling - prøvetaking - analyse - beregning) for hver strøm og komponent
- en beskrivelse av måleutstyr som benyttes til målinger, samt frekvens for måleutstyrskontroll og kalibrering
- en begrunnelse for valgte prøvetakingspunkter og prøvetakingsmetodikk (metoder og frekvens)
- en beskrivelse av valgte metoder/standarder for analyse
- hvis aktuelt, en begrunnelse for valgt frekvens for deltagelse i SLP og/eller verifisering av analyser med et akkreditert laboratorium
- en redegjørelse for hvilke usikkerhetsbidrag de ulike trinnene gir

Programmet for utslippskontroll skal holdes oppdatert.

11.5 Rapportering til forurensningsmyndigheten

Bedriften skal innen 1. mars hvert år rapportere miljødata og eventuelle avvik for foregående år via www.altinn.no. Miljødata omfatter blant annet produksjonsmengder, avfallsmengder, energiforbruk og resultater fra utslippskontroll. Rapportering skal skje i henhold til Miljødirektoratets veileder til bedriftenes egenrapportering, se www.miljodirektoratet.no.

For utslipp av stoffer der utslippsbegrensningene i punkt 3.1 og 4.1 ikke er fastsatt ved presise grenseverdier, vil forurensningsmyndigheten ved gjennomgang av egenkontrollrapportene vurdere behovet for å fastsette mer presise, og eventuelt strengere, grenser.

12 Miljøovervåking

Det stilles ikke krav til miljøovervåking.

13 Forebyggende og beredskapsmessige tiltak mot akutt forurensning

13.1 Miljørisikoanalyse for akutt forurensning

Bedriften skal kartlegge og identifisere alle aktuelle kilder (installasjoner, aktiviteter, operasjoner og barrierer) og mulige hendelser som kan føre til akutt forurensning med fare for helse- og/eller miljøskader. Videre skal bedriften ha oversikt over lokale miljøverdier og sårbare naturområder som kan påvirkes ved akutt forurensning.

For alle mulige hendelser for alle kilder skal det utarbeides hendelsens sannsynlighet og konsekvens for ytre miljø (sannsynlighet x konsekvens = risiko).

Miljørisikoanalysen og bakgrunnen for vurderingene skal være dokumentert og holdes oppdatert.

13.2 Forebyggende tiltak

På basis av miljørisikoanalysen skal bedriften iverksette risikoreduserende tiltak for å få miljøriskoen ned til et akseptabelt nivå. Både sannsynlighetsreduserende og konsekvensreduserende tiltak skal vurderes. Bedriften skal ha en oppdatert oversikt over de forebyggende tiltakene.

13.3 Beredskapsanalyse

På grunnlag av miljørisikoanalysen skal bedriften utarbeide en beredskapsanalyse for den eventuelle restrisiko som gjenstår etter at forebyggende tiltak er iverksatt. For hver av hendelsene som er identifisert i miljørisikoanalysen skal bedriften utarbeide og begrunne

- a. organisering av beredskapen
- b. nødvendig beredskapsutstyr
- c. nødvendig mannskap
- d. responstid

Beredskapen skal stå i et rimelig forhold til risiko for akutt forurensning.

13.4 Beredskapsplan

Miljørisikoanalyse, beredskapsanalyse, forebyggende tiltak og beredskapsetablering skal dokumenteres i en beredskapsplan som er en del av bedriftens internkontrolldokumentasjon.

Beredskapsplanen skal som et minimum beskrive den etablerte beredskapens organisering, bemanning, innsatsutstyr og personlig utstyr og angi innsatsplaner for dimensjonerende scenarier.

Beredskapsplanen skal holdes oppdatert og kunne fremvises ved behov.

13.5 Beredskapsetablering

Basert på beredskapsplanen skal det etableres en beredskapsorganisasjon med mannskap og nødvendig utstyr. Kompetanse, opplæring og organisering skal være dimensjonert for de potensielle hendelsene som er vurdert å utgjøre størst miljørisiko.

13.6 Øving av beredskap

Det skal utarbeides en plan for å øve på beredskapen og det skal gjennomføres øvelse minst en gang pr. år. Det skal utarbeides klare mål for øvelsen, inkludert mål for responstid. Øvelsen skal dokumenteres i rapporter, med eventuelle anbefalinger om forbedringer. Hvordan eventuelle anbefalinger om forbedringer er fulgt opp og lukket skal være dokumentert i internkontrollen.

14 Undersøkelser og utredninger

14.1 Utredning av utslipp av prioriterte miljøgifter

Bedriften skal redegjøre for sine utslipp av prioriterte miljøgifter til vann og luft ved å

- vurdere om virksomhetens punktutslipp og diffuse utslipp kan inneholde prioriterte miljøgifter (jf. vedlegg 1). Dersom slike utslipp er påregnelige, skal bedriften utføre

nødvendige målinger for å kunne bestemme innhold av de aktuelle prioriterte miljøgiftene i utslippene

- foreta en miljørisikovurdering av disse utslippene

Utredningen skal sendes forurensningsmyndigheten innen 6 måneder etter oppstart av virksomheten.

14.2 Utarbeidelse av program for utslippskontroll

Bedriften skal utarbeide måleprogram for kontroll med utslipp av rapporteringspliktige komponenter.

15 Eierskifte, omdanning m.v.

Hvis bedriften overdras til ny eier, skal melding sendes forurensningsmyndigheten så snart som mulig og senest én måned etter eierskiftet.

16 Nedleggelse

Hvis et anlegg blir nedlagt eller en virksomhet stanser for en lengre periode, skal eieren eller brukeren gjøre det som til enhver tid er nødvendig for å motvirke fare for forurensninger. Hvis anlegget eller virksomheten kan medføre forurensninger etter nedleggelsen eller driftsstansen, skal det i rimelig tid på forhånd gis melding til forurensningsmyndigheten.

Forurensningsmyndigheten kan fastsette nærmere hvilke tiltak som er nødvendig for å motvirke forurensning. Forurensningsmyndigheten kan pålegge eieren eller brukeren å stille ytterligere garanti for dekning av framtidige utgifter og mulig erstatningsansvar. Sikkerhet/garanti som allerede er stilt iht. tillatelsen løper videre inntil forurensningsmyndigheten etter søknad fra det driftsansvarlige selskapet eller eier godkjenner reduksjon og/eller bortfall av slik sikkerhet.

Ved nedleggelse eller stans skal bedriften sørge for at råvarer, hjelpestoff, halvfabrikat eller ferdig vare, produksjonsutstyr og avfall tas hånd om på forsvarlig måte, herunder at farlig avfall håndteres i henhold til gjeldende forskrift⁷. De tiltak som treffes i denne forbindelse, skal rapporteres til forurensningsmyndigheten innen 3 måneder etter nedleggelse eller stans. Rapporten skal også inneholde dokumentasjon av disponeringen av kjemikalierester og ubrukte kjemikalier og navn på eventuell(e) kjøper(e).

Ved nedleggelse av en virksomhet skal den ansvarlige sørge for at driftsstedet settes i miljømessig tilfredsstillende stand igjen.

Dersom virksomheten ønskes startet på nytt, skal det gis melding til forurensningsmyndigheten i god tid før start er planlagt.

17 Tilsyn

Bedriften plikter å la representanter for forurensningsmyndigheten eller de som denne bemyndiger, føre tilsyn med anleggene til enhver tid.

⁷ Avfallsforskriftens kapittel 11 om farlig avfall

Vedlegg 1

Liste over prioriterte miljøgifter, jf. punkt 2.1.

Utslipp av disse komponenter er bare omfattet av tillatelsen dersom dette framgår uttrykkelig av vilkårene i pkt. 3 flg.

Metaller og metallforbindelser:

	Forkortelser
Arsen og arsenforbindelser	As og As-forbindelser
Bly og blyforbindelser	Pb og Pb-forbindelser
Kadmium og kadmiumforbindelser	Cd og Cd-forbindelser
Krom og kromforbindelser	Cr og Cr-forbindelser
Kvikksølv og kvikksølvforbindelser	Hg og Hg-forbindelser

Organiske forbindelser:

Bromerte flammehemmere	Vanlige forkortelser
Penta-bromdifenyleter (difenyleter, pentabromderivat)	Penta-BDE
Okta-bromdifenyleter (defenyleter, oktabromderivat)	Okta-BDE, octa-BDE
Deka-bromdifenyleter (bis(pentabromfenyl)eter)	Deka-BDE, deca-BDE
Heksabromcyclododekan	HBCDD
Tetrabrombisfenol A (2,2',6,6'-tetrabromo-4,4'-isopropyliden difenol)	TBBPA

Klorerte organiske forbindelser

Dekloran pluss (syn og anti isomere former)	DP (syn-DP, anti DP)
1,2-Dikloreten	EDC
Klorerte dioksiner og furaner	Dioksiner, PCDD/PCDF
Heksaklorbenzen	HCB
Kortkjedete klorparafiner C ₁₀ - C ₁₃ (kloralkaner C ₁₀ - C ₁₃)	SCCP
Mellomkjedete klorparafiner C ₁₄ - C ₁₇ (kloralkaner C ₁₄ - C ₁₇)	MCCP
Klorerte alkylbenzener	KAB
Pentaklorfenol	PCF, PCP
Polyklorerte bifenyler	PCB
Triklorbenzen	TCB
Tetrakloreten	PER
Triklloreten	TRI
Trikloran (2,4,4'-Triklor-2'-hydroksydifenyleter)	TCS
Tris(2-kloretyl)fosfat	TCEP

Enkelte tensider

Ditalg-dimetylammoniumklorid	DTDMAC
Dimetyldioktadekylammoniumklorid	DSDMAC
Di(hydrogenert talg)dimetylammoniumklorid	DHTMAC

Nitromuskforbindelser

Muskxylen	
-----------	--

Alkylfenoler og alkylfenoletoksylater

Nonylfenol og nonylfenoletoksylater	NF, NP, NFE, NPE
Oktylfenol og oktylfenoletoksylater	OF, OP, OFE, OPE
4-heptylfenoler (forgrenet og rettkjedet)	4-HPbl
4-tert-pentylfenol	4-t-PP
4-tert-butylfenol	4-t-BP
Dodecylfenol m. isomerer	DDP
2,4,6 tri-tert-butylfenol	TTB-fenol

Per- og polyfluoreerte alkylforbindelser (PFAS)

Perfluoroktansulfonsyre (PFOS), inkl. salter av PFOS og relaterte forbindelser	PFOS, PFOS-relaterte forbindelser
Perfluorheksansulfonsyre (PFHxS), inkl. salter av PFHxS og relaterte forbindelser	PFHxS, PFHxS-relaterte forbindelser
Perfluorobutansulfonsyre (PFBS), inkl. salter av PFBS og relaterte forbindelser	PFBS, PFBS-relaterte forbindelser
Perfluoroktansyre	PFOA
Langkjedete perfluoreerte karboksylsyrer C9-PFCA - C14-PFCA	PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTTrDA, PFTeDA

Tinnorganiske forbindelser

Tributyltinnforbindelser	TBT
Trifenyltinnforbindelser	TFT, TPT
Dibutyltinnforbindelser	DBT
Dioktyltinnforbindelser	DOT

Polysykliske aromatiske hydrokarboner

PAH

Ftalater

Dietylheksylftalat (bis(2-etylheksyl)ftalat)	DEHP
Benzylbutylftalat	BBP
Dibutylftalat	DBP
Diisobutylftalat	DIBP

Bisfenol A

BPA

Siloksaner

Dodekametylsykloheksasiloksan	D6
Dekametylsyklopentasiloksan	D5
Oktametylsykladetrasiloksan	D4

Benzotriazolbaserte UV-filtre

2-Benzotriazol-2-yl-4,6-di-tert-butylphenol	UV-320
2,4-di-tert-butyl-6-(5-chlorobenzotriazol-2-yl)phenol	UV-327
2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4,6-ditertpentylphenol	UV-328
2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-4-(tert-butyl)-6-(sec-butyl)phenol	UV-350

Fra: Haarstad, Harald[harald.haarstad@multiconsult.no]

Sendt: 3. aug 2020 10:40:43

Til: Postmottak FMOV; Vestgård, Martina

Kopi: Trude.Fjeldstad@statkraft.com

Tittel: 2019/23184 - Statkraft Tofte - Tilleggsopplysninger til søknad om utslippstillatelse

Det vises til Fylkesmannens brev datert 03.06.2020.

Vedlagt brev med vedlegg som besvarer gjenstående spørsmål stilt av Fylkesmannen

Mvh

HARALD HAARSTAD

Senior Rådgiver, Siv.ing | Prosjektutvikling - Industri

(+47) 97 08 60 85 | harald.haarstad@multiconsult.no

www.multiconsult.no

Multiconsult