Trøndelag fylkeskommune
Tröndelagen fylhkentjïelte

KUNNSKAPSSTATUS TRONDHEIMSFJORDEN

En kunnskapssammenstilling om miljøtilstanden i Trondheimsfjorden



Kolofon

Utgiver Trøndelag fylkeskommune

Utgivelsesår 2023

Tittel Kunnskapsstatus Trondheimsfjorden

Forfattere
Introduksjon: Torkild Bakken (NTNU Vitenskapsmuseet)
Kap.1 Planktonalger og dyreplankton: Johanne Arff (Multiconsult) og Nils Tokle
Kap.2 Bløtbunnsfauna: Gunhild Borgersen og Hilde Cecilie Trannum (NIVA)
Kap.3 Makroalger: Maia Røst Kile, Trine Bekkby, Janne Kim Gitmark og Siri Røang Moy (NIVA)
Kap.4 Ålegrasenger: Kristina Øie Kvile, Trine Bekkby og Eli Rinde (NIVA)
Kap.5 Fisk: Ingrid Solberg (NINA), Nicole Aberle-Malzahn (NTNU), Sigurd Heiberg Espeland (HI), Mari-Ann Østensen (NTNU), Torkild Bakken (NTNU Vitenskapsmuseet) og Sten Karlsson (NINA)
Kap.6 Sjøørret: Ole Kristian Bjølstad og Per Ivar Bergan (Sweco)
Kap.7 Maneter: Sanna Majaneva (NTNU), Nicole Aberle-Malzahn (NTNU) og Tale Skrove (Salt Lofoten)
Kap.8 Koraller: Johanna Järnegren (NINA)
Kap.9 Sjøfugl: Arne Follestad (NINA), Magne Husby (NTNU Vitenskapsmuseet og Nord universitet), Tore Reinsborg og Svein-Håkon Lorentsen (NINA)
Kap.10 Fysiske inngrep, menneskelig aktivitet og samlet påvirkning på viktige naturområder: Frank Hanssen, Elisabet Forsgren og Arne Follestad (NINA)
Kap.11 Miljøgifter: Erling K. Ytterås, Tone Vassdal, Juho Junttila, Johanne Arff og Øystein Husevåg Helland (Multiconsult)

Prosjektleder Ingrid Hjorth (Asplan Viak)

Forsidefoto Havelle, Elina Immonen

FORORD

Trondheimsfjorden har et utrolig artsmangfold, fra de vennlige strandområdene til de mørke og mystiske dypene. Visste du at det grunneste kaldtvannskorallrevet vi kjenner til, ligger i Trondheimsfjorden? Og at Trondheimsfjorden har omtrent 150 fiskearter?

Fjorden har vært studert siden midten av 1700-tallet med Biskop Gunnerus og stiftelsen av Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab. Nærheten til dyktige fagmiljø er et godt utgangspunkt for forskning på fjorden. Vi har en unik vitenskapshistorisk arv, samtidig som ny forskning og metodeutvikling springer ut fra fagmiljøene og knytter seg til fjorden. Et eksempel på dette er Norsk havteknologisenters satsning OceanLab Observatory, som skal utstyre Trondheimsfjorden med høyteknologisk måleutstyr. Dette blir et verdifullt tilskudd til de mer tradisjonelle metodene for kartlegging og overvåkning i fjorden.

Miljøovervåkning som gjennomføres i henhold til vannforskriften for å klassifisere økologisk tilstand, viser som oftest at det står bra til i fjorden. Dette er betryggende. Likevel er kunnskapen om fjorden begrenset. Vi har for eksempel lite oppdatert informasjon om kommersielt viktige fiskearter. For en del arter av sjøfugl har det vært en dramatisk tilbakegang de senere årene. Vi vet lite om årsakene. Sjøørreten i Trondheimsfjorden sliter.

I 2019 vedtok fylkestinget at kunnskapen om miljøtilstanden i Trondheimsfjorden må styrkes, som et ledd i arbeidet med langsiktig forvaltning av vannressursene og det biologiske mangfoldet i fjorden. For å følge opp vedtaket startet vi Trondheimsfjordprosjektet. Denne rapporten inngår i fase én av prosjektet, der målsettingen har vært å sammenstille eksisterende data og kunnskap om fjorden. Rapporten gir også viktige innspill om hva som bør inngå i framtidig miljøovervåkning. Dette tar vi med oss inn i fase 2 av Trondheimsfjordprosjektet der målsettingen er å gjennomføre miljøovervåkning i et treårig overvåkningsprogram.

Trøndelag, januar 2023

Tore O. Sandvik
Fylkesordfører

Carl-Jakob Midttun
Fylkesdirektør



BAKGRUNNEN FOR DENNE RAPPORTEN –

TRONDHEIMSFJORDPROSJEKTET

I 2019 vedtok fylkestinget at kunnskapen om miljøtilstanden i Trondheimsfjorden må styrkes. I vedtaket (sak 117/19) kan vi bl.a. lese følgende: «Trondheimsfjorden er grunnlaget og forutsetningen for trøndersk bosetting og trøndersk kultur. Det er avgjørende for Trøndelag at fjorden holder seg frisk. Derfor haster det å gjennomføre en kartlegging av Trondheimsfjordens økologiske tilstand, som et ledd i langsiktig sikring av vannressursene og det biologiske mangfoldet i fjorden.»

For å følge opp vedtaket, utarbeidet fylkeskommunen en prosjektplan for Trondheimsfjordprosjektet. Prosjektplanen definerer tre arbeidsmål:

1. Samle sammen, tilgjengeliggjøre og sammenfatte eksisterende informasjon om miljøtilstanden i fjorden
2. Gjennomføre overvåkning i et treårig overvåkningsprogram
3. Etablere organisering/rammer for ivaretakelse av langsiktig overvåkning i fjorden

Denne rapporten inngår som en del av arbeidet med målsetting 1. For hvert av de 11 temaene i denne rapporten, pekes det også på kunnskapsbehov. Rapporten er derfor et viktig innspill når vi nå går i gang med å planlegge ny overvåkning i fjorden etter arbeidsmål 2.

Organisering og samarbeid i Trondheimsfjordprosjektet

Fylkeskommunen har invitert Statsforvalteren, Steinkjer kommune og Trondheim kommune med i en styringsgruppe for Trondheimsfjordprosjektet. Styringsgruppa skal arbeide videre med arbeidsmål 2 og 3 for prosjektet.

For å lykkes, er det viktig å få til gode samarbeid mellom forvaltningen, kunnskapsmiljø og brukere av fjorden. Mange aktører bidrar i dag med viktig kunnskap om fjorden. Offentlige etater bidrar med forvaltningsrelevant kunnskap gjennom utredninger, overvåkning og kartlegging. Store industriaktører med pålegg om overvåkning bidrar med viktige data om miljøtilstand og tidstrender. Fagmiljøene bidrar med forskning, metodeutvikling og kompetanse. Interesseorganisasjoner innehar fagkunnskap og lokalkunnskap og kan bidra med viktige innspill i prosjektet.



Fotograf: Emlyn Davies, SINTEF Ocean

Framtidig overvåkning?

Denne rapporten danner som nevnt et viktig grunnlag for å definere omfanget av det treårige overvåkningsprogrammet (arbeidsmål 2), men også for hva som bør inngå i langsiktig forvaltningssamarbeid og overvåkning (arbeidsmål 3).

Vannforskriften angir kvalitetselementer og parametere for klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand. Miljøovervåkning etter vannforskriften gir et svært viktig kunnskapsgrunnlag for forvaltningen av fjorden. Flere av kapitlene i denne rapporten dreier seg om tema som inngår i klassifiseringssystemet. I disse kapitlene er miljøtilstanden klassifisert i henhold til vannforskriften.

Andre tema i denne rapporten, som f.eks. sjøfugl, fisk og maneter, er ikke kvalitetselementer etter vannforskriften, og benyttes dermed ikke direkte til å klassifisere miljøtilstand i fjorden. Disse temaene er like fullt viktige for å beskrive økologi og utvikling i fjorden. Framtidig kartlegging og overvåkning bør dermed omfatte mer enn bare de klassifiseringsrelevante kvalitetselementene.

Tradisjonelle feltmetoder og «klassisk prøvetaking» som innbefatter f.eks. kartlegging av arter og innsamling av biologisk materiale vil være viktig i framtidig overvåkning av fjorden.

I tillegg vil overvåkning ved hjelp av sensorer gi informasjon om miljøforhold og utvikling i fjorden; Sintef og NTNU har med støtte fra Forskningsrådet etablert OceanLab. Dette er en

samling av infrastruktur for dynamisk og løpende overvåkning av Trondheimsfjorden, gjennom ulike sensorer og plattformer som plasseres i fjorden. De første delene av laboratoriene ble operative i løpet av 2022. Formålet er både å drive marin miljøovervåkning og forskning, utvikling av teknologi og utdanning innen biologi, akvakultur og maritim sektor. Gjennom samarbeid kan infrastrukturen gi verdifulle bidrag til den forvaltningsrelevante kunnskapen om fjorden.

En takk til Jon-Arne Sneli (1935-2018) og Jarle Mork (1946-2019)

Det er mange gjennom historien som har jobbet mye og lenge med å bygge opp kunnskap om Trondheimsfjorden. Alle bidrag er viktig, men noen personer dukker stadig opp. I denne rapporten vil vi se mange henvisninger til Jon-Arne Sneli og Jarle Mork. Noen ganger er de ikke nevnt, men arbeidet de gjorde ligger under og bak mye av kunnskapen som legges til grunn. Eller bak oss, mange av oss som har forfattet kapitlene i rapporten, som veiledere, mentorer og kolleger.



- Jon-Arne Sneli, fotograf Torkild Bakken

Jon-Arne Sneli kom til Trondhjem Biologiske Stasjon i 1970. Spesialfeltet hans skulle bli snegler på havets bunn, arters mangfold og utbredelse. Men han er kanskje vel så kjent for å være en av landets mest solide kunnskapskilder på marine bunndyr generelt. Hans virke ved «Biologen» og NTNU Vitenskapsmuseet spenner vidt, undervisning, veiledning, faunistiske kartlegginger, rådgivning til forvaltningen, media og foredrag for folk flest, for å nevne noe. All kunnskapen han hentet inn fra til sammen tre år på forskningsfartøy i Norskehavet og Svalbard brukte han til å ramme inn hva fantastiske Trondheimsfjorden har å by på. Han var den som trakk frem fjordens rike korallfauna, den hadde ligget litt bortgjemt fra tidligere kartlegginger. Fra rundt 1980 og nesten 20 år fremover drev Jon-Arne en serie med overvåking av miljøforhold på bunnen utenfor papirfabrikken på Skogn. Sikker drift i fire tiår med målinger av temperatur, saltholdighet og oksygen i fjorden kommer til å stå som viktigere i fremtiden enn det var da han holdt serien levende.



- Jarle Mork, fotograf ukjent

Jarle Mork kom til Trondhjem Biologiske Stasjon som en del av «Borgenfjordprosjektet» i 1973 og et påfølgende prosjekt i Beitstadfjorden som la et viktig grunnlag for langtidsstudier av torsk i fjorden. Han var en pionér med genetiske undersøkelser på fiskebestander, og han ble raskt en ressurs innen feltet. Dette formet hans vitenskapelige virke som populasjonsgenetiker og fiskeforsker. Allerede på 70-tallet tok han i bruk isoenzymer for å studere torsk i Trondheimsfjorden. Til dette etablerte han en langtidsserie med data på torsk i perioden 1963-2008. Nasjonalt og internasjonalt samarbeid var en grunnpilar i Jarles arbeid, der erfaringer og metoder fra Trondheimsfjorden ble tatt inn. Det samme gjaldt undervisning, rådgivning til forvaltningen, formidling av kunnskap om fjorden til folk og media, og veiledning av studenter. Forskningen omfattet mange fiskearter og med sin brede kunnskap bidro han både nasjonalt og internasjonalt til å styrke kunnskapsgrunnlaget for forvaltningen av laksefisk og etter hvert torskefisk spesielt. Jarle ble også engasjert i å undersøke konkurransen mellom maneter og fisk i fjorden og hvordan økosystemet påvirkes av klimaendringer. Hovedfokus var på de store masseforekomstene av kronematen *Periphylla periphylla* som startet på 90-tallet, hvordan klimaendringer påvirker manetoppblomstringer og hvordan masseforekomstene av kronematen har påvirket fisk og fiske i fjorden.

INNHOLD

Sammendrag ..... s. 12

Introduksjon - Trondheimsfjorden ..... s. 24

Kapittel 1 - Planktonalger og dyreplankton ..... s. 36

Kapittel 2 - Bløtbunnsfauna ..... s. 58

Kapittel 3 - Makroalger ..... s. 72

Kapittel 4 - Ålegrasenger ..... s. 86

Kapittel 5 - Fisk ..... s. 100

Kapittel 6 - Sjøørret ..... s. 130

Kapittel 7 - Maneter ..... s. 142

Kapittel 8 - Koraller ..... s. 168

Kapittel 9 - Sjøfugl ..... s. 186

Kapittel 10 - Fysiske inngrep, menneskelig aktivitet og samlet påvirkning på viktige naturområder ..... s. 208

Kapittel 11 - Miljøgifter ..... s. 238

Vedlegg ..... s. 259

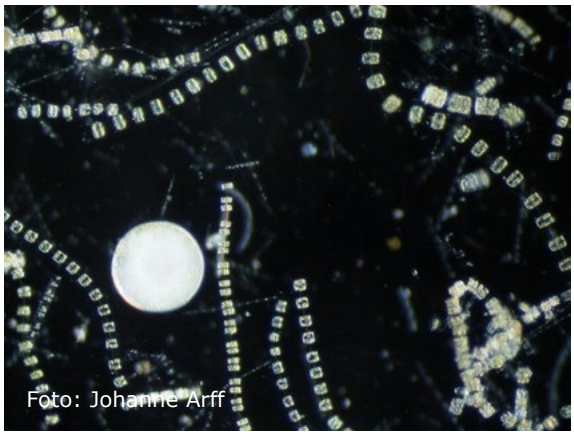


SAMMENDRAG

Plankton

Forfattere: Johanne Arff og Nils Tokle

Planktonalger (også kalt planteplankton, fytoplankton, algeplankton) er havets primærprodusenter og er næringsgrunnlaget for dyreplankton, og er derfor grunnlaget for at Trondheimsfjorden har en rik fiskebestand. Om det skjer endringer i eksempelvis tidspunkt for våroppblomstringen eller om andre (fremmede) arter overtar vil det kunne føre til endringer oppover i økosystemet. Det er derfor viktig at vi har god kjennskap til både artsmangfold og bestandsutvikling over tid hos både planktonalger og dyreplankton.


Foto: Johanne Arff

En sammenstilling av resultater fra overvåking av næringssalter og planktonalger viser at det, med unntak av Botn i Rissa, er god miljøtilstand i fjorden. Artssammensetning og årstidsvariasjonen i planktonalgesamfunnet har ikke endret seg nevneverdig siden 1970-tallet.

Det foreligger ikke nyere data fra overvåking av dyreplankton, og kunnskapsgrunnlaget vurderes derfor å være dårligere enn for planktonalger. Imidlertid har studier utført på 1970- og 1990-tallet vist at bestandsutviklingen hos dyreplankton samsvarer med når en har oppblomstringer av planktonalger i Trondheimsfjorden.

Vi ser at det er behov for å øke kunnskapsgrunnlaget for dyreplankton, planktonalger og næringssalter i store deler av fjorden. Dette vil være viktig med tanke på å kunne avdekke endringer som kan skyldes ulike ytre faktorer, eksempelvis klimaendringer, som vil ha betydning for økosystemet som helhet i Trondheimsfjorden.

Bløtbunnsfauna

Forfattere: Gunhild Borgersen og Hilde Cecilie Trannum

Sjøbunn som består av leire, mudder eller sand kalles for bløtbunn og er jordas største overflate. Bløtbunn bidrar med en rekke viktige økosystemtjenester og har en stor artsrikhet. Bunndyrene som lever her brukes som et verktøy i miljøovervåking for å få informasjon om tilstanden på bunnen.

I Trondheimsfjorden har det vært utført en rekke undersøkelser av bunnfaunaen, men til ulike formål. Det overordnede bildet er at den økologiske tilstanden stort sett har vært god, med unntak av lokaliteter rett ved punktutslipp eller i poller. Det er få tidstrender tilgjengelig for Trondheimsfjorden, men der hvor det er tatt prøver flere ganger, har tilstanden vært stabil eller i bedring.

Fordi de fleste av undersøkelsene som har vært utført har vært rettet mot spesielle forurensningskilder, er det færre tilgjengelige data fra fjordens mer åpne områder og i fjordbassengene. Det er også lite kvantitative data fra Trondheimsfjordens store gruntområder på bløtbunn. Disse områdene er svært viktige for fugl. Fremtidig overvåking bør rettes mot å dekke opp kunnskapshull i områdene som har vært mindre undersøkt frem til nå. Det bør også etableres faste stasjoner som kan gi tidsserier for å overvåke tilstanden systematisk.

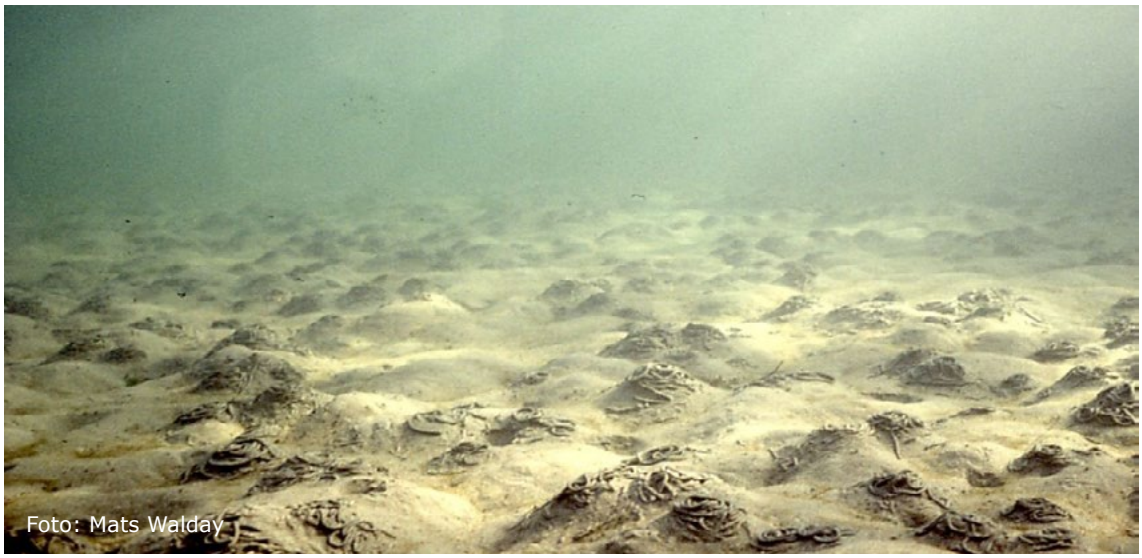


Foto: Mats Walday

Makroalger

Forfattere: Maia Røst Kile, Trine Bekkby, Janne Kim Gitmark, Siri Røang Moy

Makroalgevegetasjonen i Trondheimsfjorden har vært undersøkt gjennom ulike prosjekter de siste 20 årene. I de fleste prosjektene har hovedfokuset vært å undersøke tilstanden i fjæra, men også stortare og sukkertare er blitt kartlagt.

Fjæreundersøkelsene har stort sett vist god eller svært god økologisk tilstand i Trondheimsfjorden. Dette med unntak av Stjørdalsfjorden og området ved utløpet av Stjørdalselva, der tilstanden ble vurdert til henholdsvis moderat og dårlig.



Foto: Janne Kim Gitmark

Kun et fåtall av vannforekomstene i Trondheimsfjorden er undersøkt og mange av undersøkelsene er fra 2015 eller tidligere. Av den grunn anbefaler vi at det gjennomføres fjæresoneundersøkelser i flere vannforekomster, og at flere «eldre» stasjoner gjenbesøkes, for å få et bedre bilde av den økologiske tilstanden i Trondheimsfjorden. Vi anbefaler også at flere kartlagte tareområder gjenbesøkes for å kunne vurdere lokalitetenes økologiske kvalitet samt å se på endringer i utbredelse.

Ålegrasenger

Forfattere: Kristina Øie Kvile, Trine Bekkby, Eli Rinde

Ålegrasenger huser et rikt biologisk mangfold og bidrar med en rekke økosystemtjenester, inkludert opptak og lagring av klimagasser.

Vi finner ålegrasenger på grunn bløtbunn i flere områder i Trondheimsfjorden. Et stort antall enger ble kartlagt i 2009/2010, men kun et fåtall har vært gjenbesøkt etter dette. Noen enger ble gjenbesøkt i 2016 eller 2021, og for disse har den økologiske tilstanden vært relativt stabil de siste ti årene, med tilstandsklasse moderat eller dårlig.

Årsaken til tilstanden i engene er usikker, siden miljøforholdene ikke har vært overvåket. Vi har heller ikke god nok kunnskap om referansetilstanden (naturtilstanden) i fjorden, men den nedre voksegrensen til ålegraset er betydelig lavere (0,7-3,6 m) enn referansetilstanden (7 m). I tillegg er tettheten av engene mindre og det er mer begroingsalger enn det burde være. Dette kan skyldes avrenning fra elver og landområder som gir dårlige lysforhold. Nedbygging og endring i strandsonen kan også forstyrre ålegrasengene. En del av engene ser ut til å ha blitt mer fragmentert slik at vi har fått flere, mindre enger. Årsaken til dette er ukjent.



Foto: Eli Rinde

Generelt trues ålegrasenger av bl.a. økt havtemperatur, overgjødsling og forhøyet tilsig av sedimenter som gir formørking, overfiske og utbygging i strandsonen. For å fange opp endringer i denne viktige naturtypen i Trondheimsfjorden anbefales det å overvåke engene for å følge med på eventuelle endringer, samt kartlegge utbredelse i tillegg til tetthet og nedre voksedyp. Vi anbefaler også å ta vannprøver ved engene for å få bedre forståelse av hvordan de lokale miljøforholdene påvirker engene og hvor det eventuelt er viktig å sette inn tiltak.

Fisk

Forfattere: Ingrid Solberg, Nicole Aberle-Malzahn, Sigurd Heiberg Espeland, Mari-Ann Østensen, Torkild Bakken og Sten Karlsson

Trondheimsfjorden har et stort mangfold av fiskearter med omtrent 150 ulike arter registrert. Kunnskapen om mange av de små, ikke-kommersielle artene og deres forekomst i fjorden er mangelfull, da det hovedsakelig er de økonomisk viktige artene som har vært studert, særlig sild, torsk og rødspette.



Foto: Victoria Klausen Olsen

Trondheimsfjorden har sin egen lokale sildestamme, kalt Trondheimsfjordsild. Denne skiller seg både genetisk og morfologisk fra norsk vårgytende sild. Forskningsstudier tilsier at fjorden også har en egen selvrekrutterende bestand av torsk. I flere tiår ble det gjort grundige undersøkelser av den lokale torsken i fjorden, men manglende satsing på systematisk innsamling og individundersøkelser de senere år har ført til at det i dag ikke eksisterer datagrunnlag for å kunne si noe om hvordan «Trondheimsfjordtorskens» utvikling har vært de siste 15 årene.

Generelt foregår det mindre forskning på fisk i fjorden nå enn før, men enkelte fiskeundersøkelser har nylig blitt utført. En systematisk gytefeltkartelegging ble blant annet gjennomført for første gang i fjorden i 2022. Resultater fra denne indikerte at Trondheimsfjorden har flere gytefelt for torskefisk, flyndrefisk og brisling som kan fungere som unike lokale gytefelt. Det foreligger ingen oppdaterte mengdeestimat av antatte lokale fiskebestander i fjorden, men fangstdata fra det kommersielle fisket og fritidsfiske kan tyde på at det er levedyktige bestander av flere arter av torskefisk i fjorden. Spesielt sei virker å være tallrik.

Fjordens klima er i endring og det er flere ytre, menneskeskapte faktorer som kan påvirke mengde, forekomst og artssammensetning av fisk i fjorden. En langtidsovervåking med tråling og prøvetaking av fisk fra faste stasjoner gjennom året bør gjenopptas slik at man kan registrere variasjoner og endringer over tid og mellom sesonger. En slik langtidsovervåking bør også samkjøres med overvåking av andre organismegrupper, samt inkludere målinger av hydrografiske forhold, for å kunne øke forståelsen av hvordan ulike faktorer påvirker Trondheimsfjordens fiskesamfunn og fjordens økosystem i sin helhet.

Sjøørret

Forfattere: Ole Kristian Bjølstad og Per Ivar Bergan

Trondheimsfjorden er både i nasjonal og internasjonal sammenheng svært viktig for sjøørret. Fjorden har en lang rekke viktige sjøørretvassdrag, men tilstanden for mange av bestandene er i dag dårlig. Statistikk viser at det tidlig på 2000-tallet inntraff en kraftig tilbakegang for sjøørret i en rekke vassdrag rundt fjorden, og mye tyder på at denne tilbakegangen har vedvart fram til i dag.

Det er mange påvirkninger som kan være negativ for sjøørret, både i ferskvanns- og saltvannsfasen. Dette er bl.a. næringstilgang, forurensing, nedbygging av leveområder og lakselus. Det framstår med dagens kunnskapsgrunnlag som svært usikkert hva som er hovedårsaken til nedgangen i sjøørretbestanden i Trondheimsfjorden. Mange av de negative påvirkningene var til stede før 2000-tallet, og enkelte har til og med blitt bedret siden den gang. Det er trolig en sammensetning av flere faktorer og vi kjenner flere av dem for dårlig.

Hovedfokuset videre bør rettes mot hva som skjer med sjøørreten etter at den har vandret ut i fjorden, da kunnskapsgrunnlaget er mye bedre for ferskvannfasen. Skal vi i fremtiden få en høstbar og bærekraftig sjøørretbestand i Trondheimsfjorden, trengs det både ny kunnskap, betydelige midler og vilje til tiltak blant både forvaltning og påvirkere.


Foto: Anders Lamberg

Maneter

Forfattere: Sanna Majaneva, Nicole Aberle-Malzahn og Tale Skrove

Trondheimsfjorden er tilholdssted for et mangfold av maneter. Stormaneter, som glassmanet, er et vanlig syn om sommeren – ofte i store mengder – men i fjorden finnes det også et stort antall arter fra de mindre kjente kammanetene og småmanetene.



Foto: Erling Svendsen

Manetene har viktige roller i økosystemet både som byttedyr og som rovdyr og de ulike artene kan leve svært forskjellige liv, med varierende grad av påvirkning på omgivelsene. Dette er organismer som har blitt neglisjert i forskning og overvåkning gjennom historien, også i Trondheimsfjorden, mye på grunn av mangel på god metodikk. Dette er heldigvis i endring. Nye metoder og teknologi i kombinasjon med tradisjonelle metoder, åpner for stadig større kunnskap om disse viktige organismene, og de siste årene har en håndfull forskningsprosjekter studert manetene i Trondheimsfjorden. En sammenstilling av disse undersøkelsene viser at det er behov for å øke kunnskapen om maneter i hele fjorden. Det er særlig viktig med en grundig vurdering av det lokale manetmangfoldet, spesielt i lys av klimaendringene. En langtidsovervåkning av maneter i fjorden, sammen med andre organismegrupper, kan gi bedre innsikt i hvordan Trondheimsfjorden fungerer som økosystem.

Koraller

Forfatter: Johanna Järnegren

De fantastiske kaldtvannskorallene i Trondheimsfjorden har en lang og rik vitenskapshistorie som startet på midten av 1700-tallet. I Trondheimsfjorden lever kaldtvannskorallene grunnere en alle andre plasser i verden, like vakre og like viktige som sine tropiske slektninger. Øyekorallen bygger store rev som er levested for et fantastisk rikt dyreliv mens sjøtre, risengrynskorall og sjøbusken skaper korallskoger som huser mange arter. De lever dypt og mørkt, hvor vi ikke finner dem uten å lete med avansert teknologi.

Den generelle tilstanden til korallområder i Norge virker stabil og god, men ingen overvåking foregår i Trondheimsfjorden per i dag. Kartlegging av korallrev og korallskoger må gjøres for å vite hvor de finnes og det er viktig å starte opp langtidsovervåkning. Utfordringene for disse rike systemene er mange. Flere av truslene for koraller er på global skala som havforsuring og temperaturøkning, men det er også lokale trusler som fiske, fysiske inngrep og forurensing.

For å ivareta disse viktige økosystemene må større områder kartlegges, en effektiv beskyttelse komme på plass, mer kunnskap om deres fysiske miljø samles inn og forståelsen for korallrevenes og korallskogenes helsetilstand må bedres. Trondheimsfjorden har kvaliteter som gjør den til et unikt sted for korallforskning i verdenssammenheng og her er det mulig å oppnå den kunnskapen som trengs.

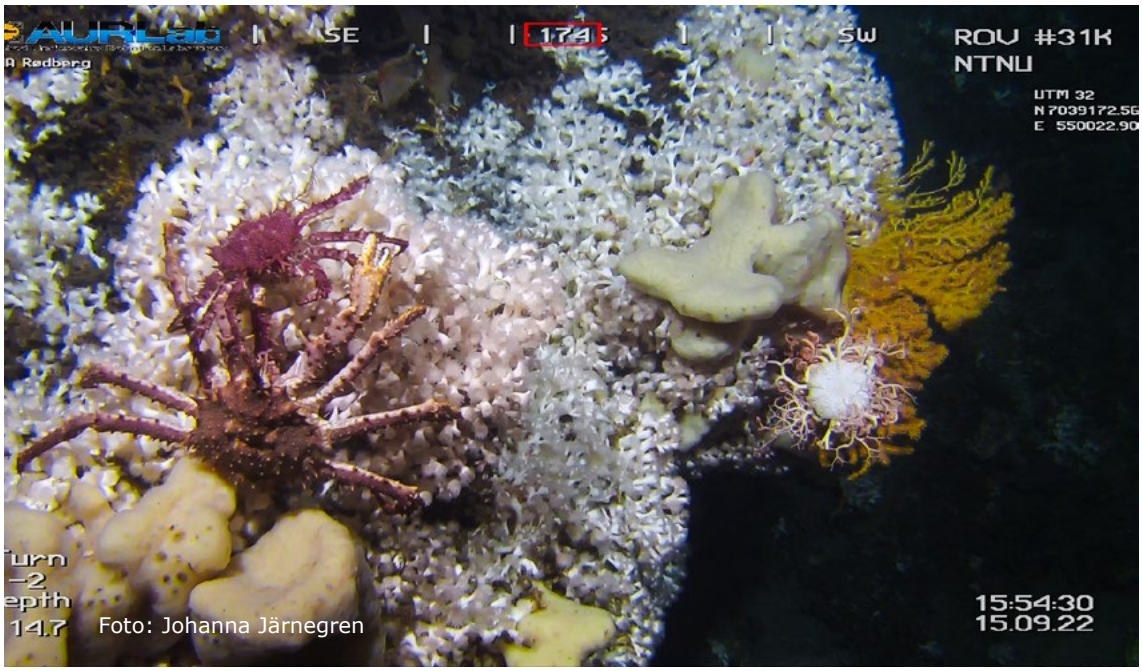
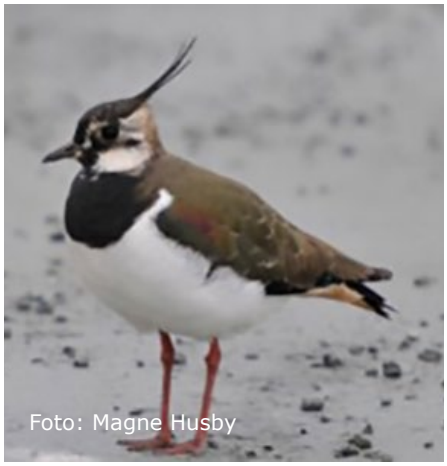


Foto: Johanna Järnegren

Fugl

Forfattere: Arne Follestad, Magne Husby, Tore Reinsborg, Svein-Håkon Lorentsen


Foto: Magne Husby

Trondheimsfjorden har et rikt og variert fugleliv hele året, med store bestander av både hekkende og overvintrende sjøfugler, og mange trekkgjester raster der både vår og høst. De siste tiårene har det vært en til dels dramatisk tilbakegang for flere arter. Langvarig bestandsovervåking av flere overvintrende sjøfuglarter viser at bestanden i fjorden nå bare er rundt 20 % av det den var da tellingene startet rundt 1980. Årsakene til dette kan være både menneskeskapte, som inngrep/-arealbeslag og forstyrrelser, og naturlige, som klimaendringer og endringer i marine økosystemer.

Ærfugl har gått kraftig tilbake både i hekkesesongen og vinterstid. Noen gjess har derimot økt i antall under trekket, og grågåsa har også økt som hekkefugl i fjorden. Det medfører stedvis til dels omfattende beiteskader for landbruket, men også gode muligheter for jakt. Den lokaliteten vi har best oversikt over antall hekkende vadere de siste nesten 50 årene viser en dramatisk nedgang i antall par. Hekkebestanden av måker har vist både nedgang og økning i samsvar med menneskelige inngrep med negativ effekt og skjøtselstiltak som har virket positivt.

Trondheimsfjorden er et viktig matfat for mange fuglearter som trenger god kondisjon for et vellykket hekkeresultat enten de hekker i nærområdene, våre fjellområder, eller på Grønland, Island, Svalbard eller på den russiske tundraen. Om høsten skal de fly lange trekketapper og kanskje overvintre langt nede i Afrika, et trekk som for svært mange individer ikke er mulig uten påfyll av energi i bl.a. Trondheimsfjorden. God forvaltning av viktige fugleområder i Trondheimsfjorden har derfor betydning for fuglelivet både lokalt og over store arealer.

Fysiske inngrep, menneskelig aktivitet og samlet påvirkning på viktige naturområder

Forfattere: Frank Hanssen, Elisabet Forsgren og Arne Follestad

Trondheimsfjorden har gjennom de siste 100 år blitt stadig mer påvirket av menneskelig aktivitet og fysiske inngrep. Kunnskap om hvordan fjordens naturområder påvirkes er viktig for å sikre en mer bærekraftig areal-planlegging og forvaltning av fjorden. For å fremskaffe slik kunnskap har vi beregnet inngrepenes arealbeslag (fotavtrykk) og andelen inngrepsnært areal (som etter Miljødirektoratets definisjon av inngrepsfri natur sier at alt areal nærmere enn 1 km fra større fysiske inngrep kan betegnes som påvirket). Ettersom det ikke nødvendigvis er en direkte sammenheng mellom hvor stor del av et naturområde som er nedbygd/inngrepsnært og hvor påvirket det faktisk er, har vi utviklet en indeks for samlet påvirkning basert på 1) inngrepenes påvirkningsgrad, 2) natur-områdenes beliggenhet og 3) deres sårbarhet for de aktuelle inngrepenes egenart og omfang.

Våre funn viser at selv om inngrepenes totale fotavtrykk er lavt (kun 2% av fjordens areal), er mer enn halvparten av fjordens areal (55%) inngrepsnært i hht. Miljødirektoratets definisjon av inngrepsfri natur. Av de naturtypene vi undersøkte er den samlede påvirkningen av fysiske inngrep på lakseelv-estuarier og ålegrasenger middels (med hhv. 88% og 85% nedbygd/inngrepsnært areal). Enkelte lakseelv-estuarier er i tillegg middels påvirket av småbåt- og skipstrafikk, og avrenning fra landbruk og bebyggelse. Naturvernområder, gyteområder og korallrev er alle i mindre grad påvirket av fysiske inngrep, småbåt- og skipstrafikk og avrenning (med hhv. 63%, 42% og 25% nedbygd/inngrepsnært areal).

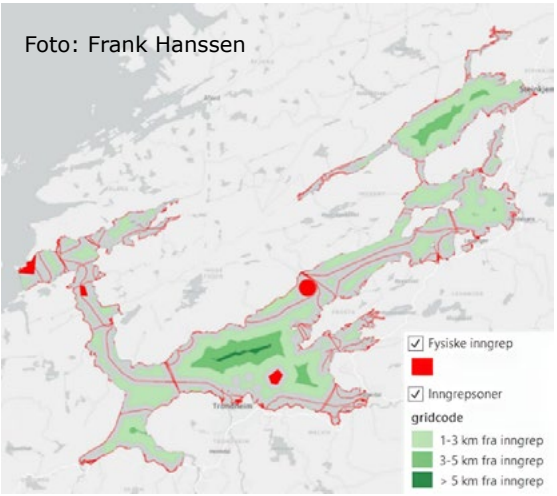


Foto: Frank Hanssen

Det er viktig å understreke at våre resultater kun gir et anslag på påvirkning av utvalgte naturområder. Likevel mener vi at resultatene egner seg godt som kunnskapsgrunnlag for fremtidig utredningsarbeid, arealplanlegging, verneprosesser og forvaltning av fjordens naturområder. Vi anbefaler at det utføres tilsvarende utredninger også i fremtiden, og at offentlige etater i mye større grad prioriterer arbeidet med å sikre og tilgjengeliggjøre historiske inngrepsdata slik at en kan studere endringer over tid.

Miljøgifter

Forfattere: Erling K. Ytterås, Tone Vassdal, Juho Junttila, Johanne Arff og Øystein Husevåg Helland



Miljøgifter er en samlebetegnelse for stoffer som kan utgjøre en alvorlig trussel mot helse og miljø. Stoffene som er relevante i marint miljø, er tungt nedbrytbare og oppkonsentreres i næringskjeden. Dette omfatter blant annet tungmetaller, PCB, TBT og PFAS. Miljøgiftene kan gi negative effekter lokalt, gjennom opptak i lokal fauna, som igjen kan gi behov for kostholdsråd. Videre kan miljøgiftene spres til andre deler av fjorden, til havområdene utenfor, og også opp på land. Dette kan skje ved at stoffene går i vannløsning, eller ved opptak i mindre organismer og videre oppover i næringskjeden, til skalldyr, fisk, sjøpattedyr, fugler og mennesker.

Data for miljøgiftinnhold i sedimenter og biota er i all hovedsak innhentet fra Miljødirektoratets database Vannmiljø. Felles for de fleste registrerte data, både for sediment og biota, er at de er innhentet for et bestemt formål, knyttet til f.eks.. utslippstillatelser for spesifikke tiltak (mudring, utfylling), industri eller kommunale renseanlegg, og i liten grad som del av en generell overvåkning. Datagrunnlaget er preget av dette, og kan derfor gi et skjevt bilde av fjordens tilstand. Det er relativt mye data nær de antatt mest betydningsfulle kildeområdene; Orkanger, Trondheim, Hommelvika og Stjørdal. For andre viktige områder, bl.a. utenfor Steinkjer, Verdal og Gaulosen, foreligger ikke data i Vannmiljø.

Det forventes at kunnskapsgrunnlaget for miljøgifter, spesielt i sedimenter, vil kunne bedres gjennom at manglende data fra tidligere utførte undersøkelser rapporteres inn i Vannmiljø. Men i tillegg vurderes det å være behov for en mer generell kartlegging av miljøgifter i sedimenter, som ikke er knyttet til spesifikke tiltak. En slik kartlegging må da planlegges med utgangspunkt i kilder, strømforhold og bunntopografi. I tillegg bør analysespekteret utvides ved en slik undersøkelse, til også å omfatte prioriterte miljøgifter som det er satt fokus på de siste årene, slik som PFAS. Til nå er det i hovedsak tungmetaller, PAH, PCB og TBT som er kartlagt.

For biota er datagrunnlaget tynt, og her er det et betydelig suppleringsbehov. Mer data om miljøgifter i biota vil gi et bedre grunnlag for å vurdere reell økologisk risiko knyttet til forurensningene.



Foto: Kåre Telnes

INTRODUKSJON - TRONDHEIMSFJORDEN

Forfatter: Torkild Bakken (NTNU Vitenskapsmuseet)

Introduksjon

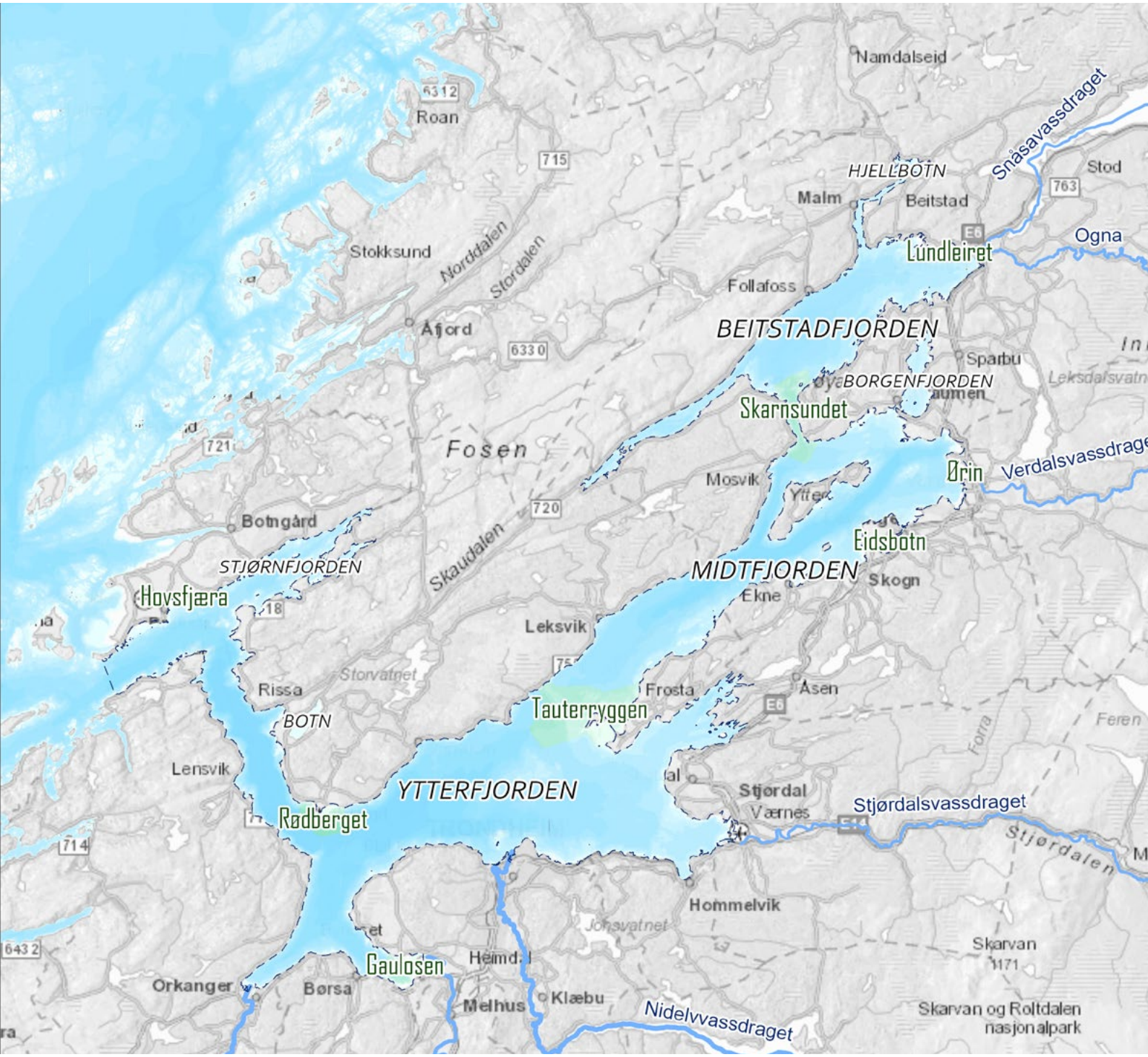
Trondheimsfjorden er Norges tredje lengste fjord og strekker seg omtrent 130 kilometer fra Agdenes til Malm i Hjellebotn. Fjorden har en variert topografi, med bratte sider, store flater med dype bunnområder, trange sund, små og store fjordarmer, og avsnørte poller.

I likhet med de fleste andre fjorder i Norge er Trondheimsfjorden en terskelfjord. Flere terskler deler fjorden inn i tre større naturlig avgrensede bassenger; ytterfjorden, midtfjorden og Beitstadfjorden. Alle tre bassenger er dype, har flere store gruntvannsområder, har god vannsirkulasjon, og har stor aktivitet av ulike typer.

Det har vært vanlig å avgrense Trondheimsfjorden med en strek på kartet mellom Garten og Agdenes, det blir gjort her (figur 1). Her går Trondheimsleia inn i landet mot øst og fortsetter i Stjørnfjorden. Ved Agdenes fyr svinger fjorden mot sør-sørøst. Det ytre fjordbassenget starter her og strekker seg til Tautra. Terskelen inn til det ytre bassenget i fjorden går mellom Agdenes fyr og Brettingsneset. Terskelen ligger på 330 meters dyp og utgjør en barriere mot dypere områder på begge sider. Rett innenfor terskelen, utenfor Hambora, ligger fjordens dypeste punkt med 617 m. Sørover mot Rødberget og Geitaneset er fjorden bare 3-5 km bred, med dybder på den flate bløtbunnen svakt skrånende oppover til drøyt 500 meters dyp. Her er det bratte skråninger med hardbunn. Innenfor Flakk-Rørvik vider fjorden seg ut med varierende bunntopografi, spesielt Strindfjorden mellom Trondheim, Skatval og Frosta som utgjør den videste delen av fjorden, med varierende dybder mellom 150 og 250 meters dyp (1). I den ytre delen av fjorden har det siden istiden være store avsetninger av sediment. Bløtbunnen vi ser på video med undervannsfarkoster er bare overflaten av opptil 700 m tykke lag med sedimenter (2).

Ved Tautra smalner fjorden igjen, og her finner vi en grunn terskel mellom Tautra og Tangen ved Hindrem (1). Terskelen er flere steder så grunn som 40 m. Her finner vi verdens grunneste kaldtvanns-korallrev, som er grundig kartlagt med tanke på forekomst av levende koraller og hvor kompleks strukturen i terskelen med korallrev er (3). Terskelen mellom Tautra og Hindrem utgjør grensen mellom ytre og midtre fjordbasseng. Nordøstover til Ytterøya er også fjorden smal, men dybden går ned til mer enn 400 m, som fortsetter på begge sider av Ytterøya. Ved Straumen går det trange og grunne innløpet til Børgin, eller Borgenfjorden. Det 200 m dype Skarnsundet er trangt, har kraftig strøm, og har bratte sider, avgrenser midtfjorden med Trondheimsfjordens innerste basseng, Beitstadfjorden. Her finner vi fjordens tredje terskel. Skarnsundet er kjent for sine unike og særpregede fauna, spesielt representert med mange ulike arter koralldyr og svamper. Spesielt er at vi finner mange arter mye grunnere i dette området enn det som er vanlig langs kysten.

Beitstadfjorden er sammenlignet med de to andre bassengene et relativt grunt område (1), selv om vi her også finner store flate områder med sjøbunn dypere enn 200 m. Den smale fjordarmen Verrasundet mot sørvest har fått mye oppmerksomhet med tanke på kunnskap om Trondheimsfjordens fisk og maneter (4).



Figur 1: Kart over Trondheimsfjorden. Fjorden er avgrenset med en linje mellom Garten og Mølnbukt i Agdenes.

Kunnskapsgrunnlaget

Trondheimsfjorden har vært studert siden midten av 1700-tallet. Livet i vannmasser, på havbunnen, fiskeri, og plante- og dyreliv langs land har vært studert med ujevne mellomrom og intensitet siden etableringen av det Det kongelige norske videnskabers selskap (DKNVS) i 1760 (kongelig fra 1767). Det som i dag er NTNU Vitenskapsmuseet springer ut fra DKNVS, og med det begynte dokumentasjonen av livet i fjorden. Biskop Gunnerus startet med etableringen av vitenskapsselskapet innsamling av planter og dyr, der noe fortsatt finnes i museets samlinger (5). Med det var grunnlaget for kartlegging og undersøkelser av Trondheimsfjorden lagt, men det var først da Vilhelm Storm ble ansatt i 1856 at kartleggingen av Trondheimsfjorden skjøt fart (6). Storm systematiserte en kartlegging av Trondheimsfjorden fra 1870-tallet med undersøkelser på fjordbunnen, og han beskrev en rekke arter som ikke var kjent tidligere. På bakgrunn av sine undersøkelser utarbeidet han et topografisk kart med utbredelse av ulike arter koralldyr. Dette er så vidt vi vet det første detaljerte kartet av fjordens topografi.

Utover på 1900-tallet økte den marinbiologiske aktiviteten med flere større undersøkelser. Trondhjem Biologiske Stasjon ble etablert i juli 1900, og med det undersøkelser av Trondheimsfjorden, av stasjonens folk, ansatte med DKNVS Museet (dagens NTNU Vitenskapsmuseet) og gjestende nasjonale og internasjonale forsker (7). Fiske og fiskeri var en del av arbeidet ved stasjonen, og spesielt det å klekke ut rødspette som grunnlag for fiskeri i Trondheimsfjorden og spesielt i Borgenfjorden (8). Borgenfjorden ble funnet å være særlig godt egnet til oppdrett av rødspette, eller gullflyndre som den også er kalt (7).

Det ble tidlig slått fast at det biologiske mangfoldet på bunnen av Trondheimsfjorden var stort. Vilhelm Storm kunne etter sine omfattende undersøkelser fra 1870-tallet senere summere opp hvor rikt det var, sett i sammenheng med hva som var rapportert fra andre steder (9). Han trakk særlig frem de rike korallforekomstene i de bratte områdene med hardbunn, og den fauna som er assosiert med korallene. Nettopp korallene og artsmangfoldet har vært studert i lang tid, men det har også bunnfauna generelt, og den høye diversiteten er gjort grundig rede for (10).

Kunnskapsgrunnlaget som er gjort rede for (10) er omfattende. Mye av dette er dokumentert som belegg i de vitenskapelige samlingene til NTNU Vitenskapsmuseet (Figur 2). Disse data er åpent tilgjengelig som kuraterte datasett delt hos Global Biodiversity Information Facility (GBIF), for marine bunndyr (11), fisk (12) og alger (13). De samme data deles til Artsdatabankens visingsportal «Artskart».

På starten av 1970-tallet var kvantitativ prøvetaking på havbunnen internasjonalt etablert som undersøkelser av biologisk diversitet. Trondheimsfjordundersøkelsene 1972-75 var en resipientundersøkelse som dekket både plantenæringsstoffer (14), fysisk oseanografi (15), tilførsel av forurensing (16), tungmetaller (17) og bunndyr (18). Dette var den første omfattende undersøkelsen av Trondheimsfjorden som resipient. For å dekke aktuelle steder i fjorden ble det etablert et stasjonsnett for prøvetaking og det ble sett på tungmetaller og vannkvalitet i tilførselsvassdragen rundt fjorden (17). Borgenfjorden ble også gjenstand for grundige undersøkelser. Etter rike fiskerier etter rødspette, sild og torsk ble det registrert en betydelig nedgang omkring 1940-50, spesielt i bestanden av rødspette. For å studere



Figur 2. De vitenskapelige samlingene ved NTNU Vitenskapsmuseet inneholder belegg av innsamlede dyr og alger fra marint miljø, i all hovedsak fra 1870-tallet og fremover. Samlingene er en viktig dokumentasjon av kunnskapen om Trondheimsfjorden, og er i stadig vekst. En stor del av objektene er oppbevart på etanol (til venstre). Til høyre Torkild Bakken i den delen av samlingen med marine bunndyr som oppbevares tørt. Foto: Julie Gloppe Solem, NTNU.

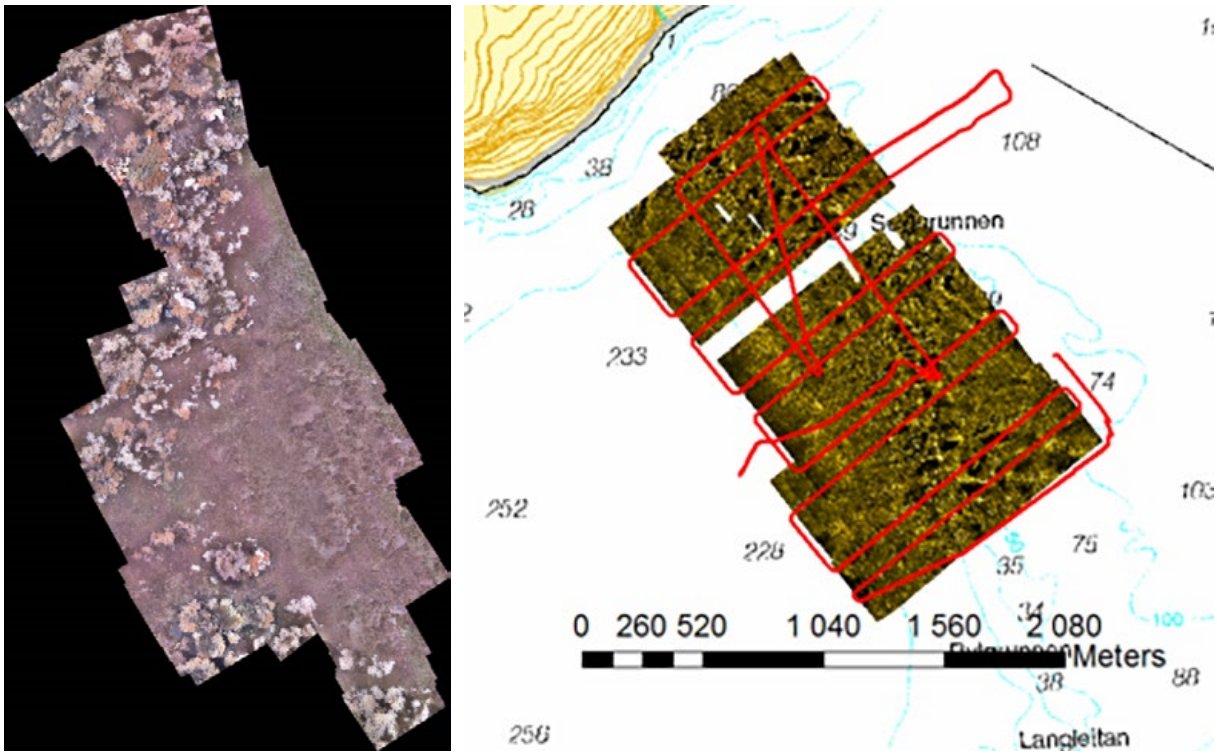
årsaker til dette ble det satt i gang et program, som også skulle se på generelle økologiske problemstillinger i Borgenfjorden, og "Borgenfjordprosjektet 1967-76" var et faktum (19).

I samme periode ble det bestemt å gjøre øya Tautra landfast ved å bygge en vei fra Frosta, noe som ville føre til at Svaet ble tettet av en veifylling. Før bygging ble det gjort en undersøkelse av bunnforhold og biologisk mangfold (20). Dette er fulgt opp flere ganger siden for å se på endringer på sjøbunnen og dermed også for hvordan endringene påvirker fuglelivet som søker næring i og ved sjøen i Tautrasvaet (21). Som følge av denne oppfølgingen ble veiforbindelsen i 2003 åpnet med en bru og vannsirkulasjon gjennom sundet gjenopprettet. Den siste undersøkelse i Tautrasvaet ble gjort i 2011 (22).

Undersøkelser av fjordens oseanografiske egenskaper ved måling av temperatur, saltholdighet, oksygen og strømforhold var tidlig av interesse. Det er gjort flere mindre enkeltvise undersøkelser fra rundt 1900. I 1963 ble det satt i gang en større tidsserie med hydrografiske målinger i regi av Trondhjem Biologiske Stasjon. Det var en målestasjon i hver av de tre fjordbassengene, ved Røbergneset, ved Ytterøya og i Beitstadfjorden. Hyppigheten av målinger er noe ulikt for de tre punktene, men utgangspunktet var månedlige målinger frem til 2002, og noe mer sporadisk frem til 2014. På 1970-tallet ble det gjort flere undersøkelser som beskrev forholdene til vannmassene i fjorden i detalj (15). Dette har senere vært viktig for forståelsen av dynamikken i fjorden med sirkulasjon av vann, utveksling med kysten utenfor, strømsystemer og fordeling av saltholdighet og temperatur gjennom dypet. Dette igjen er viktig for fordeling av arter i fjorden, både i overflaten, vannsøylen og på fjordbunnen.

Det som i dag er NTNU Vitenskapsmuseet med Trondhjem Biologiske Stasjon og Norges Geologiske Undersøkelser hadde frem til 1980-tallet vært mer eller mindre alene om å kartlegge Trondheimsfjorden. Universitetet i Trondheim var etablert, og fra 1980-tallet og utover kom flere institusjoner til, lokalt og nasjonalt, og det ble flere aktører som kunne kartlegge, undersøke og bringe frem kunnskap om fjorden. Det har bidratt til en langt større kunnskap, og det har gjort det mulig å samarbeide om ressurser og jobbe tverrfaglig.

Utvikling av teknologi har blitt en viktig del av kartlegging og undersøkelser av havrommet, som dekker både overflaten, vannsøylen og havbunnen. Dette har skjedd over tid, og videre utvikling vil åpne nye muligheter i fremtiden. Det å jobbe tverrfaglig i operasjoner for å øke kunnskap er svært verdifullt og gir en stor merverdi, i form av effektiv utnyttelse av ressurser og større utbytte av datafangst (23). Undersøkelser av Tautraryggen er et eksempel. Her har kartlegging og undersøkelser av korallrevet på terskelen mellom ytre og midtre basseng i fjorden gitt svært god oversikt over topografi og biologisk mangfold, sammen med utvikling av teknologi for denne typen forskning (Figur 3) (23) (3). Bruk av ulike typer undervannsfarkoster er godt egnet til mye, de vil være plattformer det kan settes ulike typer sensorer på, alt fra hva slags data vi ønsker å hente inn og spørsmål som søkes besvart.

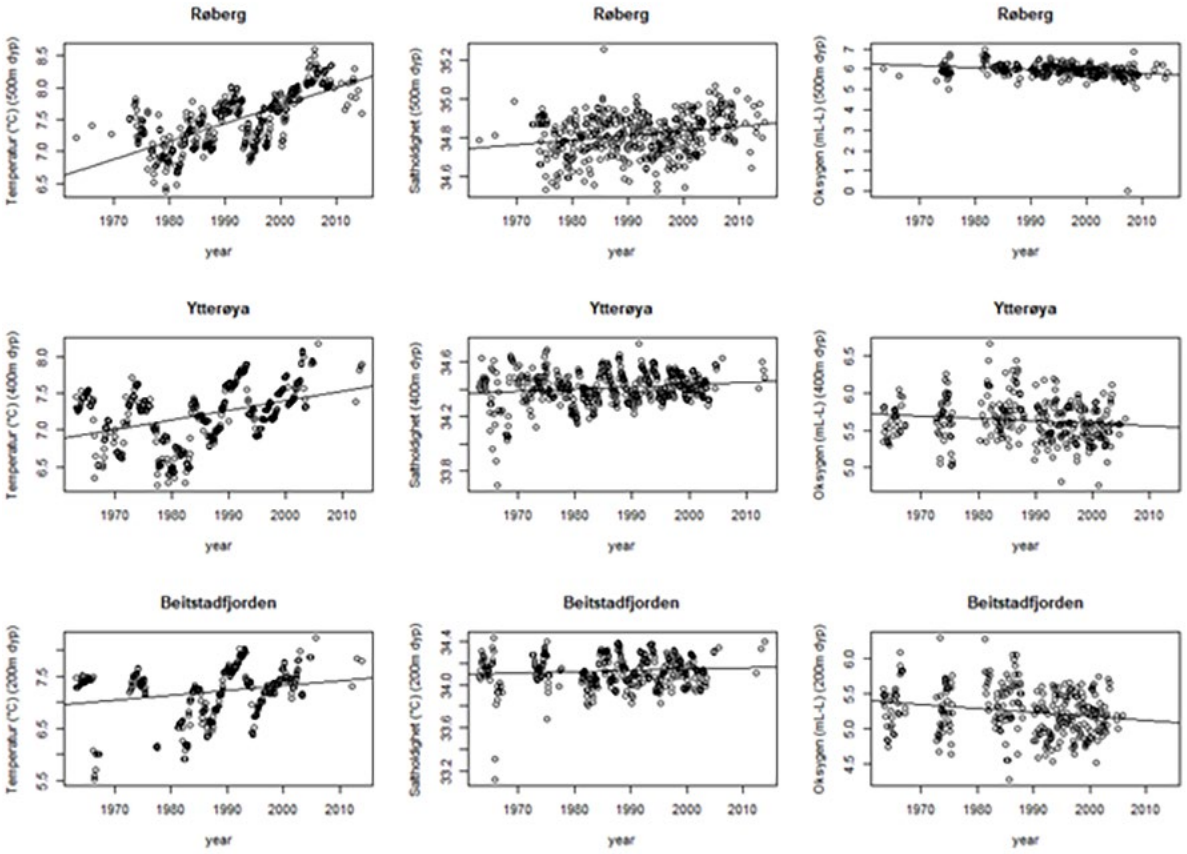


Figur 3. Kartlegging med en kombinasjon av selvgående (AUV - Autonomous Underwater Vehicle) og fjernstyrte (ROV - Remotely Operated Vehicle) undervannsfarkoster ble bruk til å undersøke Tautraryggen topografisk med høyoppløselig sonar på AUV (til venstre), og en fotomosaikk av koraller sammensatt av et stort antall bilder tatt med kamera på en ROV (til høyre). Illustrasjon modifisert etter Bakken 2014 (24).

Tilstand og utvikling

Overvåkingen av egenskapene til vannmassene i Trondheimsfjorden ved regelmessig måling av temperatur, saltholdighet og oksygennivå ved faste stasjoner, var en viktig oppgave ved Trondhjem Biologiske Stasjon fra 1963. Hydrografiserien, som den ble kalt, ble opprettholdt til 2014. Innsamling av data ble gjort hver måned, med noe variasjon. Etter 2002 var hyppigheten noe mer sporadisk, og i 2014 ble serien lagt ned av ressursmessige årsaker. Sammen med fysiske parametere ble det tatt prøver av dyreplankton og planktonalger. Dyreplankton er deponert i samlingene til NTNU Vitenskapsmuseet, men er ikke opparbeidet.

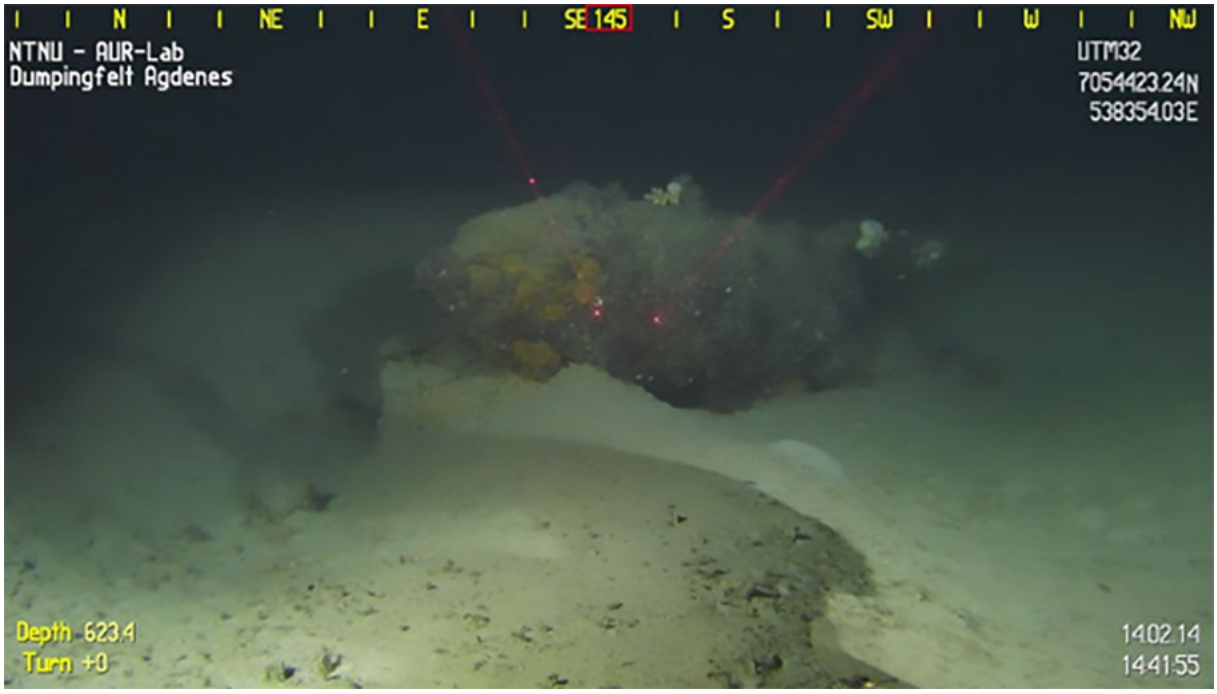
Regelmessigheten ved prøvetaking har noen variasjoner og det har vært noen endringer på hvilke dybder prøvene har vært tatt. Gjennomgående er det tatt standardiserte prøver på flere dyp fra overflaten til bunnen. Her er det valgt å presentere en oversikt over temperatur, saltholdighet og oksygen på de dypeste punktene på hver stasjon (Figur 4). Det er kjent at det er lite variasjon for disse parameterne i dypet gjennom året (15) (32). Målingene viser at det er økende temperatur og saltholdighet over tid, mens verdiene for oksygen går noe ned. Denne trenden stemmer overens med løpende målinger Havforskningsinstituttet for temperatur og saltholdighet gjør i Sognesjøen, som er et sammenlignbart miljø (data tilgjengelig i Havforskningsinstituttet sitt datasenter).



Figur 4. Oversikt over utvikling av temperatur, saltholdighet og oksygennivå på dypt vann i hver av de tre bassengene i Trondheimsfjorden fra 1963 til 2014. Det er valgt det dypeste målepunktet i hvert basseng. Diagrammene viser temperatur (venstre), saltholdighet (midten) og oksygen (høyre) for stasjonene ved Røberg (øverst), Ytterøya (midten) og Beitstadfjorden (nederst). Det er ulikt hvor mange datapunkter det er for hver av de tre parameterne. Linjen gjennom datapunktene er en lineær regresjon som viser økning eller nedgang over tid.

Etter de første resipientundersøkelsene med "Trondheimsfjordprosjektet 1972-1975" er det gjort flere tilsvarende undersøkelser flere steder i fjorden, både som kartlegging, for å utrede behov for rensing av utslipp og som tilstandsundersøkelser. Overvåkingsprogrammet "Økokyst" i regi av Miljødirektoratet er et nasjonalt program for overvåking langs kysten, inkludert i Trondheimsfjorden. Dette er en fortsettelse av flere programmer som hadde sin start i 1990, men som på dette tidspunktet ikke omfattet Trondheimsfjorden (informasjon om Økokyst er tilgjengelig på nettsidene til Miljødirektoratet). Data fra Økokyst hentes inn med gitte sykluser og rapporteres som en del av oppfølgingen av EUs vanndirektiv.

Havet har vært brukt til å kvitte seg med ting til alle tider. Trondheimsfjorden har vært gjenstand for forurensing og påvirkning fra menneskelig aktivitet. I sjøkartet er det tegnet inn tre dumpefelt som ikke lengre er i bruk. Disse har vært regulerte områder der en kunne dumpe båter, busser og andre ting. Det mest kjente er nok det 1,9 km2 store feltet på dybder større enn 600 m ved Agdenes. Dette ble benyttet til å dumpe ammunisjon og er merket som eksplosivdumpefelt i sjøkartet (25) (Figur 5). De to andre dumpefeltene ligger i Strindfjorden og utenfor Leksvik.



Figur 5. Bilde av en uidentifisert gjenstand i dumpefeltet ved Agdenes på 620 m dyp. Dumpefeltet har vært brukt til å dumpe ammunisjon, men også en hel buss er observert her. Gjenstander som blir liggende på bunnen representerer substrat for bunnlevende arter, og sånn sett hardbunn i et område som ellers består av bløtbunn. Mange av objektene som observeres her er begrodd med koraller og sjøanemoner. De to røde laser-punktene som ses på objektet, er 10 cm fra hverandre. (Bilde er tatt med ROV fra AUR-lab, NTNU. Fra Kjeken 2017 (25)).

Etablering av byer og tettsteder i fjorden har ført med seg kilder til forurensing og påvirkning av fjorden. En del av dette har hatt betydning i form av tungmetaller og andre utslipp som er skadelig for miljøet, noe som var tema i den første resipientundersøkelsen (17). Dette er fulgt opp siden i mange sammenhenger. Blant annet er det i havneområdet i Trondheim gjennomført et prosjekt "Renere havn" for utbedring og restaurering av bunnen (26). Tilsvarende prosjekter som søker å kartlegge og utbedre steder, kilder og grad av påvirkning lokalt og for fjorden generelt vil være bidrag til å løse problemer med skadelige menneskelige påvirkninger, men også være bidrag til å kartlegge og overvåke fjorden, og med det bygge kunnskap.

Kunnskaps- og overvåkningsbehov

Det er samlet mye kunnskap siden kartlegging av biologisk mangfold på fjordbunnen startet for alvor på 1870-tallet. Dette har økt betydelig i omfang de siste tiårene, der kartlegging av naturtyper, endringer over tid, ytre påvirkning og forurensning har kommet til. På mange områder vil det fremover være ønskelig med koordinert og samlet innsats for å definere kunnskapshull, bygge ut kunnskap og overvåke endringer. Trondheimsfjorden kan synes godt undersøkt, men kartlegging og overvåking vil fortsatt være viktig. Dokumentasjon og tilgjengelighet av kunnskap vil få økt betydning, harmonisering av datafangst og deling av data må derfor få prioritet.

Det finnes bakgrunnsdata for veldig mye av kunnskapen som er hentet inn over lang tid. I mange tilfeller hentes det inne mer kunnskap og data enn det det er spurt om til en konkret undersøkelse. Slik bifangst av kunnskap og data blir lagt til side av ressursmessige årsaker. Ikke alt er dermed delt eller ferdig opparbeidet. En anerkjennelse av at innsamling, opparbeiding og analyse av data er ressurskrevende og å se på det som verdifulle ressurser er viktig for en styrket kunnskap.

Det er behov for en styrket innsats på deling av data med en harmonisering og koordinering. For eksempel bygger flere institusjoner de samme primærdata inn i egne databaser med hver sine ID-er i respektive databaser. Det skaper utfordringer hvis eier av primærdata gjør oppdateringer. Det er heller ikke ressurseffektivt. Deling av data for å bygge et størst mulig kunnskapsgrunnlag må være et premiss for all aktivitet.

Trondheimsfjorden er i en unik situasjon der de hydrografiske forholdene har vært samlet inn over en svært lang periode, der tre faste målepunkter over fem tiår gir en verdifull og unik oversikt. Denne serien må startes opp igjen og videreføres. Det vil være termometeret på helsetilstanden til fjorden.

Trondheimsfjorden har en rekke verneområder (se Figur 5 i kapittel 10). Flere er nye og vernet etter Naturmangfoldlovens bestemmelse om marint verneområde. Andre er eldre og har et gitt verneformål som kan synes for spesifikt etter den kunnskap vi har om natur generelt, og vern som formål slik det brukes i dag. Mange av verneområdene er små, tildels svært små, som mange av fuglefredningsområdene. Allikevel er disse svært viktige ut fra formålet og den plassering de er gitt. Det er dermed også grunn til å være aktsom med unntaksbestemmelser for områdene. Ulike typer påvirkning, også de som kan skje utilsiktet, vil kunne ha store konsekvenser. Dette burde frembringe tydelige forvaltningsplaner og et større overvåkingsbehov.

Korallrev med tilhørende koralldyr og øvrig biologisk mangfold har vært viktig som grunnlag for kunnskap, og som kunnskaps- og forskningsarena i Trondheimsfjorden siden Gunnerus sine dager. Kunnskapen er bygd opp for å forstå og kunne ta vare på naturen og de miljøforholdene som finnes (10). Viktige områder er derfor også vernet, i tre marine verneområder i Røberget,

Tauterryggen og Skarnsundet. Balansen med vern og forvaltning av ressurser i havet kommer til syne her, og viser et større behov for sektorovergripende samarbeid. I alle tre verneområder som i sine verneformål gir vern for å ta vare på korallforekomster, er det gjort unntak for fiske. Påvirkning av habitatet, som fiske, legging av rør og kabler og oppankring er den største trusselen mot koraller, og grunnen til at korallrev står på rødlista for naturtyper. Sånn sett er unntakene gitt i vernebestemmelsene i direkte motsetning til vernets formål. Det gjør også at vernet ikke tilfredsstiller FNs krav til marint vern (27), selv om norske myndigheter rapporter de med sterkt vern. Trondheimsfjorden har mulighet til å gå foran som et godt eksempel og revidere vernebestemmelsene slik at disse tre områdene får en sterk begrensing av fiske innenfor eksisterende vernegrenser. Overvåking av områdene vil med stor sannsynlighet vise at økning i bestander innenfor områdene blir et større ressursgrunnlag for fiske utenfor verneområdene, slik det er gjort andre steder (28). Det er også grunn til å peke på samarbeid mellom interessehavere, kunnskapsprodusenter og forvaltning for gode prosesser i arbeid med vern og verneområder (29).

Trondheimsfjorden er en vedtatt nasjonal laksefjord, med sju nasjonale laksevassdrag med utløp i fjorden. Hensikten med ordningen med nasjonale laksefjorder og vassdrag, er å gi villaksen en egen beskyttelse (30). Laksebestandene skal beskyttes mot inngrep og trusselfaktorer motvirkes gjennom tiltak. Stortingsproposisjonen som ligger til grunn for ferdigstillelse av nasjonale laksefjorder (31) er spesifikk på villaks, men omtaler også mer generelt tiltak knyttet til fiskeoppdrett. Det er grunn til å trekke dette videre for andre arter, som torskefisk. Torsken i Trondheimsfjorden er i stor grad stasjonær, som en stedegen bestand. Eventuell matfiskproduksjon av torsk gjennom oppdrett vil på flere områder være sammenlignbart med lakseoppdrett med tanke på påvirkning på stedegne bestander. Det er god grunn til å tenke mer generelt om aktivitet med grunnlag i andre utredninger og regelverk som et bidrag til å kunne opprettholde økologisk tilstand i Trondheimsfjorden.

Referanser

1. **Bakken, T.** Topografien i Trondheimsfjorden. [bokforf.] E. Sakshaug og J.-A. Sneli. *Trondheimsfjorden.* Trondheim : Tapir forlag, 2000, ss. 12-18.

2. **Rise, L., et al.** The deglaciation history of Trondheimsfjorden and Trondheimsleia, Central Norway. *Norwegian Journal of Geology,* 86(4). 2006, ss. 415-434.

3. **Mogstad, A.A., et al.** Remote Sensing of the Tautra Ridge: An Overview of the World's Shallowest Cold-Water Coral Reefs. *Frontiers in Marine Science.* 9 2022.

4. **Mork, J.** Fisk og fiskerier i Trondheimsfjorden. [bokforf.] I. Sakshaug og Sneli J-A. *Trondheimsfjorden.* Trondheim : Tapir forlag, 2000, ss. 110-132.

5. **Bakken, T., Fremstad, E. og Aagaard, K.** Bishop Gunnerus as a naturalist: His impact on biodiversity research today. *Det Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter 2011(2).* 2011, ss. 109-128.

6. **Mork, J. og Sneli, J.-A.** Vilhelm Storm Bidrag til Kundskap om Trondheimsfjordens Fauna. *Det Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter.* 4 2011, ss. 43-51.

7. **Nordgård, O.** Trondhjems Biologiske Stasjon 1900-1925. *Det Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter, 1925(1).* 1926, ss. 1-96.

8. **Nordgaard, O.** Beretning om forsøk med utklækning av guldflyndre (Pleuronectes platessa, Lin.) ved Trondhjems biologiske stasjon i aarene 1910-1914. *Det Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter, 1914(6).* 1914, ss. 1-104.

9. **Storm, V.** *Oversigt over Throdnhjemsfjordens fauna. Beretning fra arbeidskomiteen for Trondhjems biologiske station, 1900.* 1901.

10. **Gulliksen, B., et al.** Dyrelivet på fjordbunnen. [bokforf.] E. Sakshaug og J.-A. Sneli. *Trondheimsfjorden.* Trondheim : Tapir forlag, 2000, ss. 133-148.

11. **Bakken, T., Hårsaker, K. og Daverdin, M.** Marine invertebrate collection NTNU University Museum. Version 1.1292. [Internett] 2022. Occurrence dataset https://doi.org/10.15468/ddbs14 accessed via GBIF.org on 2022-08-09..

12. **Hårsaker, K., et al.** Fish collection NTNU University Museum. Version 1.971. [Internett] Occurrence dataset https://doi.org/10.15468/q909ac accessed via GBIF.org on 2022-06-24.

13. **Norwegian University of Science and Technology.** Algae herbarium TRH, NTNU University Museum. Version 11.2265. [Internett] 2022. Occurrence dataset https://doi.org/10.15468/elzhsu accessed via GBIF.org on 2022-08-09.

14. **Sakshaug, E.** *Resipientundersøkelse av Trondheimsfjorden. Sluttrapport. Variasjon av plantenæringsstoffer og klorofyll* a. s.l. : Royal Norwegian Society of Sciences and Letters, The Museum, 1976.

15. **Jacobson, P.** Physical oceanography of the Trondheimsfjord. *Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics.* 1983, ss. 3-26.

16. **NIVA.** *Resipientundersøkelse av Trondheimsfjorden. Forurensningstilførsler.* s.l. : Norsk institutt for vannforskning, 1976.

17. **Lande, E.** Heavy metal pollution in trondheimsfjorden, Norway, and the recorded effects on the fauna and flora. *Environmental Pollution.* 1977, 12(3).

18. **Holthe, T.** A quantitative investigation of the level-bottom macrofauna of Trondheimsfjorden, Norway. *Gunneria,* 28. 1977, ss. 1-20.

19. **Gulliksen, B.** *Borgenfjordprosjektet. Sluttrapport.* s.l. : Trondhjem biologiske stasjon, 1977.

20. **Lande, E. (red.).** Resipientundersøkelse av Trondheimsfjorden 1972-1975. Biologiske undersøkelser. Sammendrag og sluttrapporter. Det Kongelige norske Videnskabers Selskab, Museet . *Zoologisk Serie 1977-11.* 1976, ss. 1-228.

21. **Thingstad, P.G**. Tautra - den mangfoldige øya i Trondheimsfjorden. *Bli med ut! 13*. 2014, ss. 1-120.

22. **Thingstad, P.G., Bakken, T. og Stokland, Ø**. *NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 2015-7 Ramsarområdet Tautra med Svaet: Respons hos vannfugl og bunndyrfauna på bruåpningen i veimoloen ut til Tautra.* s.l. : NTNU Vitenskapsmuseet, 2015.

23. **Ludvigsen, M., et al.** Scientific Operations Combining ROV and AUV in the Trondheim Fjord. *Marine Technology Society Journal,* 48(2). 2014, ss. 59-71.

24. **Bakken, T.** Svaets bunndyrfauna. [bokforf.] G.P. Thingstad. *Tautra - den mangfoldige fugleøya i Trondheimsfjorden.* Bli med ut! 2014, ss. 55-64.

25. **Kjeken, J.** MSc Thesis. *The growth of benthic organisms in a dumping ground for military bombs and munitions.* Trondheim : Department og Biology, Norwegian University of Science and Technology, 2017.

26. **Kvennås, M. og Moseid, M.** *Renere havn. Sluttrapport tiltak i Trondheim havn. NGI Rapport 20130339-26-R* . s.l. : Norges geotekniske institutt, 2017.

27. **Jørgensen, L.L.** Marint vern — Havforskningsinstituttets ekspertvurdering av utfordringer og status for arbeid med marint vern og beskyttelse i Norge. *Rapport fra havforskningen.* 9 2001, ss. 1-28.

28. **Moland, E., et al.** Restoration of Abundance and Dynamics of Coastal Fish and Lobster Within Northern Marine Protected Areas Across Two Decades . *Frontiers in Marine Science.* 8 2021.

29. **Knutsen, J. A., et al.** Lobster reserves as a management tool in coastal waters: Two decades of experience in Norway. *Marine Policy 136(2347):104908.* 2022.

30. **Miljøstatus.** Nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. [Internett] 2021. https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/ferskvann/laks/nasjonale-laksevassdrag-og-laksefjorder/ den 09.08.2022.

31. **Miljøverndepartementet.** Om vern av villaksen og ferdigstilling av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. St.prp. nr. 32 (2006-2007). 2006.

32. **Bakken, T., Holthe, T. og Sneli, J.-A.** Strøm, vannutskiftning og tidevann. [bokforf.] E. Sakshaug og J.-A. Sneli. *Trondheimsfjorden.* Trondheim : Tapir forlag, 2000, ss. 42-58.



KAPITTEL 1: PLANKTONALGER OG DYREPLANKTON

Forfattere: Johanne Arff (Multiconsult), Nils Tokle

Planktonalger (også kalt planteplankton, fytoplankton, algeplankton) er havets primærprodusenter og er næringsgrunnlaget for dyreplankton, og er derfor grunnlaget for at Trondheimsfjorden har en rik fiskebestand. Om det skjer endringer i eksempelvis tidspunkt for våroppblomstringen eller om andre (fremmede) arter overtar vil det kunne føre til endringer oppover i økosystemet. Det er derfor viktig at vi har god kjennskap til både artsmangfold og bestandsutvikling over tid hos både planktonalger og dyreplankton.

En sammenstilling av resultater fra overvåking av næringssalter og planktonalger viser at det, med unntak av Botn i Rissa, er god miljøtilstand i fjorden. Artssammensetning og årstidsvariasjonen i planktonalgesamfunnet har ikke endret seg nevneverdig siden 1970-tallet.

Det foreligger ikke nyere data fra overvåking av dyreplankton, og kunnskapsgrunnlaget vurderes derfor å være dårligere enn for planktonalger. Imidlertid har studier utført på 1970- og 1990-tallet vist at bestandsutviklingen hos dyreplankton samsvarer med når en har oppblomstringer av planktonalger i Trondheimsfjorden.

Vi ser at det er behov for å øke kunnskapsgrunnlaget for dyreplankton, planktonalger og næringssalter i store deler av fjorden. Dette vil være viktig med tanke på å kunne avdekke endringer som kan skyldes ulike ytre faktorer, eksempelvis klimaendringer, som vil ha betydning for økosystemet som helhet i Trondheimsfjorden.

Introduksjon

Plankton er fundamentet i næringsnettet og gir grunnlag for bestander av arter på høyere nivå i næringskjeden som fisk, krepsdyr, bunnlevende organismer, sjøfugl og pattedyr. Næringssalter er essensielle for vekst av planktonalger, og planktonalger blir igjen spist av dyreplankton. Enkelte havområder har et naturlig høyt nivå av næringssalter, og dette er ofte områder som er rike på biologiske ressurser. Andre områder er mer sårbare, som for eksempel fjorder med høy terskel og begrenset vannutskiftning. I slike områder kan høy produksjon føre til negative konsekvenser i det lokale økosystemet.

Det er avgjørende å ha oversikt over alle nivå i næringskjeden for å forstå interaksjoner i det planktoniske næringsnettet. For å forstå dynamikken i planktonsamfunnet er det også viktig å ha oversikt over fysiske og kjemiske parametere i vannmassene, slik som for eksempel næringssalter, temperatur og saltholdighet.

Det har de siste par tiår vært en økende interesse for høsting på lavere nivå i det marine næringsnettet. Det er gitt en kommersiell kvote på raudåte, men ikke i norske fjorder. For ytterligere informasjon om kommersiell høsting av dyreplankton vises det til Vedlegg 1.1.

Planktonalger er et av flere biologiske kvalitetselement, som sammen med fysisk-kjemiske støtteparametere, benyttes til å klassifisere økologisk tilstand i kystvann. Metoden som benyttes for å tilstandsklassifisere planktonalger i Norge er innsamling av sjøvann fra det produktive overflatelaget (0 – 10 m), som analyseres for klorofyll a. I tillegg tas det ut prøver til analyser av kjemiske støtteparametere (næringssalter), samtidig som det utføres målinger av de fysiske støtteparameterne (saltholdighet, temperatur, siktedyp). De fysisk-kjemiske støtteparameterne gir verdifull tilleggsinformasjon som er nødvendig for å kunne tolke og vurdere den økologiske tilstanden i en vannforekomst. Dyreplankton inngår ikke som et biologisk kvalitetselement i vannforskriften med tilhørende veiledere.

Kunnskapsgrunnlaget

De første omfattende undersøkelsene av planktonalger i Trondheimsfjorden ble utført allerede tidlig på 1970-tallet (1), og datagrunnlaget fra disse undersøkelsene gir et godt grunnlag for å se på evt. endringer i bestandsutviklingen over tid. Samtidig som det ble samlet inn planktonprøver ble det også tatt ut prøver til analyser av næringsstoffer (nitrat- og fosfatforbindelser, samt silikat). Som en del av undersøkelsene ble det også sett på betydningen av tilførsler av næringsstoffer fra de store elvene, Orkla, Gaula, Nidelva og Stjørdalselva til Trondheimsfjorden. Resultatene fra disse undersøkelsene vurderes fremdeles å være svært relevante for den forståelsen vi har for de sesongmessige variasjonene i planktonalgebestander med påfølgende utvikling av dyreplankton i Trondheimsfjorden.

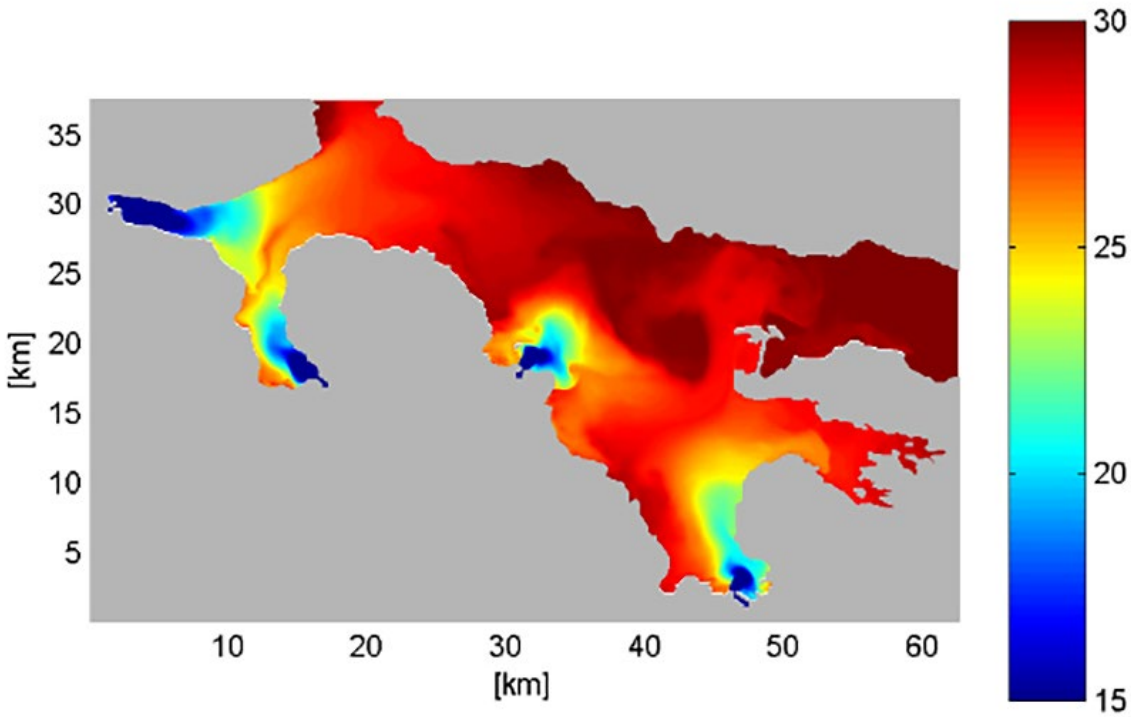
Når det gjelder dyreplankton foreligger det mer sparsomt med historiske data. På slutten av 1960-og på begynnelsen av 1970-tallet ble det gjort undersøkelser av dyreplankton på flere stasjoner i Trondheimsfjorden (2;3). I tillegg foreligger det data fra en stasjon i ytterfjorden, Trollet, der en startet med kartlegging av plankton i 1996. I perioden 2009 – 2011 ble det fokusert på raudåte, og ikke de mindre hoppekreps som også er vanlige i Trondheimsfjorden. Dette arbeidet har resultert i tre hovedfagsoppgaver (4;5;6), samt to doktorgradsavhandlinger (7;8). Per dags dato er det ingen pågående overvåkningsprogram med innsamling av dyreplankton fra fjorden, selv om det pågår noe forskning i form av f.eks. hovedfagsoppgaver og doktorgradsavhandlinger knyttet til dyreplankton.

NTNU ved Trondhjem biologiske stasjon (TBS) gjennomførte i perioden 1970 – 2009 månedlige hydrografiundersøkelser, det vil si undersøkelser av saltholdighet og temperatur i hele vannsøylen, på tre stasjoner i Trondheimsfjorden. I Miljødirektoratets database Vannmiljø foreligger det kun data fra målinger av siktedyp fra disse toktene. Siktedyp er et indirekte mål på vannets gjennomsiktighet og forteller oss noe om innholdet av partikler i sjøen. Et lavt innhold av partikler gir god sikt, mens et høyt innhold av partikler gir redusert sikt og ofte misfarging (dvs. en annen farge enn blå) av sjøen. Partiklene kan ha ulikt opphav, som planktonalger eller leirpartikler som fraktes ut til fjorden med elvevannet, noe som også vil ha betydning for fargen på sjøen.

Det er i løpet av de siste 40 årene utført flere resipientundersøkelser i Trondheimsfjorden knyttet til enten kommunale avløp eller industriutslipp. Flere av undersøkelsene har bidratt til å dokumentere innholdet av næringsstoffer og planktonalger i fjordens overflatelag (0-10 m dyp), og det foreligger data fra de siste 20 årene fra sjøområdene utenfor Trondheim til dels i Vannmiljø og i rapportform.

Overvåking av økosystem i kystområder (ØKOKYST) finansiert av Miljødirektoratet har som mål å overvåke økosystemer i norske kyst- og fjordområder, og skal fange opp uønskede virkninger av blant annet næringssalter. I Trondheimsfjorden er det etablert tre hydrografistasjoner i ØKOKYST-programmet, som alle ligger i ytterfjorden, der det i tillegg til målinger av temperatur, saltholdighet og oksygen i vannsøylen også samles inn av prøver fra overflatelaget som analyseres for næringssalter, klorofyll a (indirekte mål for planktonalger) og planktonalger. Programoppstart i Trøndelag var i 2011 med månedlig prøvefrekvens.

Mattilsynet har siden 1992 overvåket innholdet av algetoksiner i blåskjell, som en del av grunnlaget for blåskjellvarslene gjennomføres det ukentlige analyser av planktonalger på stasjonene som inngår i overvåkingsprogrammet. Stasjonsnettet kan variere mellom år, noe det også har gjort i Trondheimsfjorden.



Figur 1: Spredning av ferskvann, vist som modellert saltholdighet i overflaten våren 2002, fra de fire store elvene som drenerer ut til ytterfjorden. Fra venstre til høyre: Orkla, Gaula, Nidelva og Stjørdalsfjorden. NB kartet er ikke orientert sør – nord. Figuren er hentet fra Ellingsen 2004 (11).

De store elvene, Orkla, Gaula, Nea/Nidelva og Stjørdalselva, drenerer alle ut til ytterfjorden (Figur 1), mens Verdalselva og Steinkjerelva drenerer til hhv. midtfjorden og Beitstadfjorden. Disse elvene fører med seg store mengder næringsstoffer og partikler til fjorden (9). NVE har vannføringsstasjoner i de store elvene som drenerer ut til Trondheimsfjorden hvor det gjennomføres døgnkontinuerlig logging av blant annet vannføring (10). I tillegg foregår det overvåking av ulike vannkvalitetselement, som suspendert stoff og næringssalter, i flere elver.

Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) er et nasjonalt overvåkingsprogram som ble startet opp i 1992 og har som formål å dokumentere miljøeffekter fra landbruket på vannforekomster. Hotranelva, som ligger i et jordbruksintensivt område i Levanger kommune, overvåkes som en del av JOVA-programmet (12). Dette overvåkingsprogrammet er interessant da det gir oss informasjon om vannføring, samt tilførsler av partikler og næringsstoffer fra landbruket til et vassdrag som drenerer ut i midtfjorden, like sør av Fiborgtangen/Skogn.

Vi vil rette en stor takk til Yngvar Olsen ved NTNU, som har stilt upubliserte data fra Trollet til rådighet for prosjektet. Likeledes vil vi takke Mattilsynet ved Merete Hestdal for tilgang til historiske data fra overvåkingen av algetoksiner i skjell, samt SINTEF Ocean for tilgang til upubliserte rådata fra algeanalysene som lå til grunn for Mattilsynets blåskjellvarsel i perioden 2006-2016. Videre vil vi takke Per Nonstad ved Norske Skog Skogn som har gitt oss tillatelse til å benytte data fra en nylig gjennomført resipientundersøkelse i sjøområdene utenfor fabrikkanlegget på Fiborgtangen i det videre arbeidet.

Metodikk

Vi har innhentet informasjon fra ulike kilder. Næringssalter, klorofyll a og siktedyp er hentet fra Miljødirektoratets database Vannmiljø. Alle data som er lastet ned fra Vannmiljø er kontrollert og det er gjort en vurdering av hvilke data som egner seg for videre databehandling. De viktigste kriteriene som ligger til grunn for utvelgelsen er om det foreligger data over flere år og om datagrunnlaget tilfredsstiller kravene for å kunne gjennomføre en tilstandsklassifisering iht. Veileder 02:2018 (13). Dette betyr at vi ikke har brukt enkeltmålinger eller for korte dataserier i det videre arbeidet. Ettersom det ikke foreligger opplysninger om diameter på sikteskiven som er brukt til å måle siktedypet i alle undersøkelser har vi valgt å ikke bruke disse dataene i prosjektet.

Vannføringsdata for de store elvene som drenerer ut til Trondheimsfjorden er hentet fra NVEs database Sildre (10). I de grafiske fremstillingene av vannføring i **Vedlegg 1.3** benyttes hydrologisk år, som er definert som mai i ett år til april i påfølgende år.

Data fra algeanalyser finansiert av Mattilsynet er sammenstilt og vi har valgt å kun benytte datagrunnlag som vurderes som godt nok for å si noe om evt. endringer over tid på et og samme sted i fjorden. Vi har også vektlagt at det er analysert prøver fra både ytterfjorden, midtfjorden og Beitstadfjorden i det samme året.

Bakgrunnsmaterialet som er lagt til grunn for en vurdering av kunnskaps- og overvåkningsbehov for dyreplankton i Trondheimsfjorden er ulike langtids-serier, hovedfags- og

doktorgradsstudier, samt enkeltmålinger som er utført av Trondhjem biologiske stasjon (NTNU) og andre forskningsinstitusjoner. I tillegg redegjør vi for erfaringer høstet av Planktonic AS i forbindelse med at de hadde en forskningskvote på dyreplankton langs norskekysten inklusive Trondheimsfjorden.

Tilstand og utvikling

Planktonalger

Artsmangfold, dynamikk og utvikling

I Trondheimsfjorden er både kiselalger og dinoflagellater (gjerne omtalt som fureflagellater på norsk) vanlige til ulike tider av året. I tillegg er det et mangfold av små flagellater og monader som opptrer i varierende mengder gjennom hele året. Kiselalgene er vanlige gjennom hele vekstsesongen (mars – oktober) med topper knyttet til våroppblomstringen (mars-april) og vårflommen (april-mai), se Figur 2. I tillegg kan det oppstå oppblomstringer av kiselalger også om sommeren og høsten. Ved store mengder av kiselalger kan sjøen få en olivengrønn til brunlig farge. Innslaget av dinoflagellater øker utover sommeren (Figur 3), og i enkelte år opptrer dinoflagellater om høsten i slike mengder at forekomsten er synlig som morild eller rødlig/kaffebrun sjø avhengig av hvilken art som dominerer. Oppblomstringer av små flagellater og monader er som regel ikke like lett synlige som når en har store bestander av kiselalger og/eller dinoflagellater. Det er imidlertid to flagellater som begge tilhører samme algegruppe som kan opptre i så høye konsentrasjoner at det fører til tydelig misfarging av sjøen. Den ene er gelealgen *Phaeocystis pouchetii*, som er vanlig sammen med kiselalger under våroppblomstringen, og bidrar til at fjorden blir brunfarget i denne perioden. I enkelte år kan kalkflagellaten *Emiliania huxleyi* forekomme i så store mengder at fjorden får en farge som likner på brevann (turkis, blakket/melkehvit farge) på forsommeren (mai – juni). Sammenliknet med fjorder på Vestlandet, der en årlig har turkisfarget sjø på grunn av *Emiliania*, er dette fenomenet mer sjeldent i Trondheimsfjorden selv om denne algen årlig påvises i prøver fra fjorden. Om høsten observeres det fra år til annet innslag av varmekjære (sørlige) arter som transporteres inn til fjorden med havstrømmene.

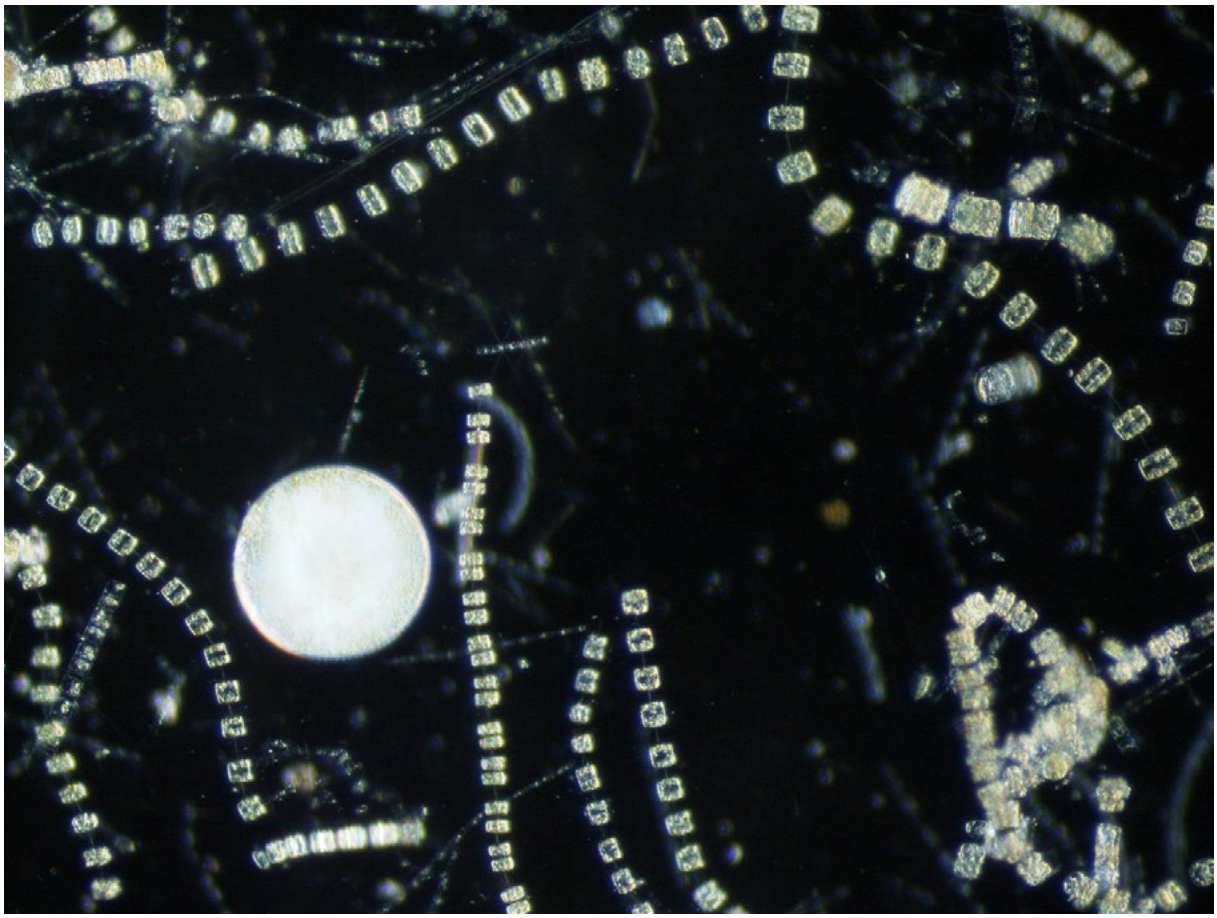
En gjennomgang av upubliserte data fra algeanalyser utført av SINTEF Ocean i perioden 2006 til 2016 viser at bestandsutviklingen gjennom året ikke har endret seg siden undersøkelsene utført av Sakshaug og Myklestad tidlig på 1970-tallet (1) og en studie av planktonalgesamfunnet utført på Trollet av en hovedfagsstudent ved NTNU i 1996 (14). I løpet av ØKOKYST-perioden 2017-2021 (15) sammenfaller tidspunktene for når våroppblomstringen av kiselalger og høstblomstringen av kiselalger og/eller dinoflagellater opptrer i ytre Trondheimsfjorden med det som er funnet tidligere. En typisk bestandsutvikling gjennom året i ytterfjorden, midtfjorden og Beitstadfjorden er vist Vedlegg 1.2.

Boks 1

Utvikling av planktonalgesamfunnet gjennom året i Trondheimsfjorden

- Vårоppblomstring i mars-april dominert av kiselalger *(Skeletonema, Chaetoceros, Thalassiosira, Pseudo-nitzschia)* og gelealger *(Phaeocystis pouchetii)*
- Oppblomstring av kiselalger *(Skeletonema, Chaetoceros, Pseudo-nitzschia, Thalassionema)* under vårflommen
- Oppblomstringsmengder av kiselalger *(Skeletonema, Pseudo-nitzschia, Leptocylindrus)*, dinoflagellater *(Heterocapsa)* og/eller flagellater *(Emiliania huxleyi)* gjennom sommermånedene
- Høstoppblomstring av enten kiselalger *(Pseudo-nitzschia)* eller dinoflagellater *(Tripos, Scrippsiella, Heterocapsa)* i løpet september - november
- Avtagende algemengder med vinterminimum i desember – februar

Kilder: 1, 14, 15, 23, 24



Figur 2: Vårsamfunn av kjededannende og solitære kiselalger i Trondheimsfjorden. Foto: Johanne Arff



Figur 3: Typisk høstplankton i Trondheimsfjorden med store dinoflagellater (*Tripos spp.*) og en stor, kjededannende kiselalge (*Chaetoceros convolutus*) i sentrum av bildet. Foto: Johanne Arff

Giftproduserende planktonalger

Enkelte planktonalger produserer giftstoffer (biotoksiner) som kan være skadelig ved inntak av sjømat eller for fisk i oppdrett. De fleste toksinproduserende planktonalger som er kjent fra norske farvann er vanlige i Trondheimsfjorden. Ettersom Trondheimsfjorden er en nasjonal laksefjord drives det ikke med oppdrett i fjorden og kunnskapen om eventuelle masseforekomster av alger som er skadelig for oppdrettsfisk er derfor liten.

Når det gjelder alger som produserer giftstoffer som oppkonsentreres i næringskjeden har vi gjennom Mattilsynets overvåkingsprogram for algegifter i blåskjell, som har pågått siden 1992, god kunnskap om forholdene i Trondheimsfjorden. Alger som overvåkes tilhører både kiselalger *(Pseudo-nitszchia)* og dinoflagellater *(Alexandrium, Dinophysis, og Azadinium)*. Fra 1992 og frem til i dag har listen over arter som inngår i overvåkingen endret seg i takt med økende kunnskap om hvilke arter som faktisk produserer toksiner og hvor farlig det er å få i seg de enkelte toksinene.

En gjennomgang av Mattilsynets kostholdsråd viser at det gis flest råd om å ikke spise skjell knyttet til forekomster av *Dinophysis*-arter og diaretoksiner i Trondheimsfjorden. *Dinophysis*-arter har sin hovedsesong fra mai – oktober i Trondheimsfjorden (se **Vedlegg 1.2**).

Tilførsler av næringssalter og partikler til fjorden

Bidrag fra elvene

Alle fotosyntetiserende planktonalger er avhengige av tilgang til næringssalter, og i kystvann er det i motsetning til ferskvann nitrogenforbindelsene som er begrensende næringsstoff. Trondheimsfjorden tilføres næringssalter fra både atlantisk vann som strømmer inn over tersklene om vinteren, samt fra de store elvene som drenerer ut i fjorden.

I situasjoner med stor vannføring vil elvene tilføre fjorden store mengder partikulært materiale (16), hovedsakelig leirpartikler, og gi dårlig sikt i store deler av fjorden. Elvevannet fører til tider med seg svært store mengder nitrogenforbindelser til fjorden (Tabell 1).

Tabell 1: Gjennomsnittlig tilførsel av nitrogenforbindelser (TOT-N og NO3-N), samt partikler (SS) fra de store elvene til Trondheimsfjorden.

Elv	Vannlokalitet	Periode	TOT-N (tonn/år)	NO3 -N (tonn/år)	SS (tonn/år)
Steinkjerelva (Byaelva)	128-38528	2004-2015	659	314	4 025
Verdalselva	127-38540	2004-2021	361	171	6 264
Stjørdalselva	124-38527	2004-2018	754	287	21 603
Nidelva (Bakke bru)	123-38525	2004-2021	663	271	6 569
Gaula (Gimse bru)	122-38552	2004-2021	905	406	20 307
Orkla (Vormstad)	121-38517	2004-2021	641	574	4 611

Vannføringen i elvene varierer gjennom året (**Vedlegg 1.2**), maksimal vannføring registreres i tilknytning til enten vårflommen (vanligvis i april-mai) eller i perioder med mye nedbør om sommeren og høsten. Tidspunkt for når vårflommen inntraff i 2001, 2011 og 2021 har ikke endret seg siden 1970 - 1971 (1). I regulerte vassdrag, som for eksempel Nidelva (se **Vedlegg 1.2**), er det et mer jevnt tilsig til fjorden gjennom året og en vil derfor ikke ha like tydelige topper i regulerte vassdrag som i uregulerte.

Bidrag fra andre kilder

Kommunale renseanlegg og utslipp av prosessvann fra industrien bidrar også med næringssalter og partikulært materiale til fjorden. Eksempelvis bidrar de to renseanleggene i Trondheim kommune med hhv. 682 tonn TOT-N/år og 1369 tonn SS/år (17), dvs. at bidraget fra den største byen i fylket utgjør en brøkdel av total årlig tilførsel fra de store vassdragene til fjorden. Et spesielt trekk for Trondheimsfjorden er at elvetilførslene fører til at fjorden har et relativt tykt og stabilt ferskvannslag som ligger på toppen av fjordvannet fra våren og utover høsten. Ferskvannslaget hindrer at næringssalter fra utslippspunkt som ligger betydelige dypere enn skillet mellom ferskvann og saltvann ikke stiger opp til overflaten og blir tilgjengelig for planktonalgene i vekstsesongen. Om vinteren er lagdelingen betydelig dårligere og

utslippsvann, som er lettere enn saltvannet, vil stige oppover i vannsøylen og i enkelte tilfeller nå overflatelaget. Imidlertid er dette utenom algenes vekstperiode og bidraget fra dykkete utslipp vurderes derfor å være av mindre betydning i fjorden.

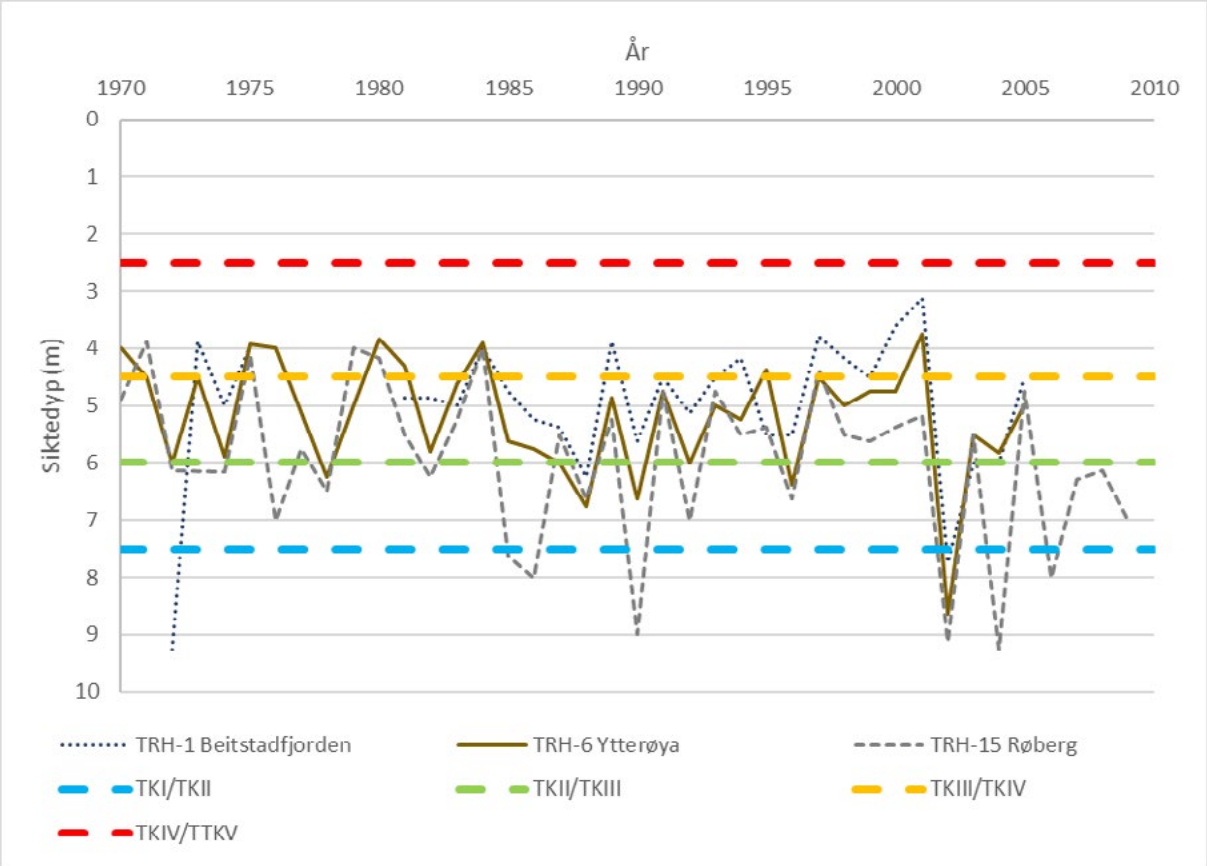
I tillegg vil landbruket være en kilde til både partikler og næringssalter enten ved direkte avrenning til fjorden eller via elvene uten at dette kan tallfestes.



Figur 4: Lokalisering av renseanlegg (brune og grønne firkanter) med utslippspunkt (brune sirkler) langs fjorden. Kilde: Miljødirektoratet.

Siktedyp

En sammenstilling av historiske data fra de månedlige hydrografitoktene utført av TBS i perioden 1970 – 2010 viser at gjennomsnittlig siktedyp om sommeren (juni – september) i stor grad følger samme trend i Beitstadfjorden (TRH-1), midtfjorden (TRH-6) og ytterfjorden (TRH-15) (Figur 5). Videre viser dataene at siktedypet med få unntak vil klassifiseres i tilstandsklasse II (god) til klasse V (dårlig). Undersøkelser utført i nyere tid (data fra Vannmiljø (18)) viser at siktedypet fremdeles tilsvarer de historiske dataene fra TBS. Som det innledningsvis pekes på så vil siktedypet avhenge av mengde partikler i sjøen. Trondheimsfjorden er svært påvirket av partikler som tilføres fjorden fra de store elvene, og både i forbindelse med vårflommen eller perioder med kraftig nedbør vil en se at fjorden er har en grålig farge og at sikten er dårlig. Dette betyr at selv om det til tider registreres svært redusert sikt i fjorden er det ikke



Figur 5: Gjennomsnittlig siktedyp om sommeren i Beitstadfjorden (TRH-1), midtfjorden (TRH-6), samt ytterfjorden (TRH-15). Stasjonsplassering er vist i Figur 9. Grenseverdier for tilstandsklasse I til V (TKI – TKV) er vist som stiplede linjer (TKI = svært god tilstand, TKV = svært dårlig tilstand). NB jo større siktedyp jo bedre tilstand.

ensbetydende med at det er dårlig i miljøtilstand i overflatelaget, men at det er de naturgitte forutsetningene som bidrar til at det periodevis er dårlig sikt om sommeren.

Tilstandsklassifisering av overflatelaget

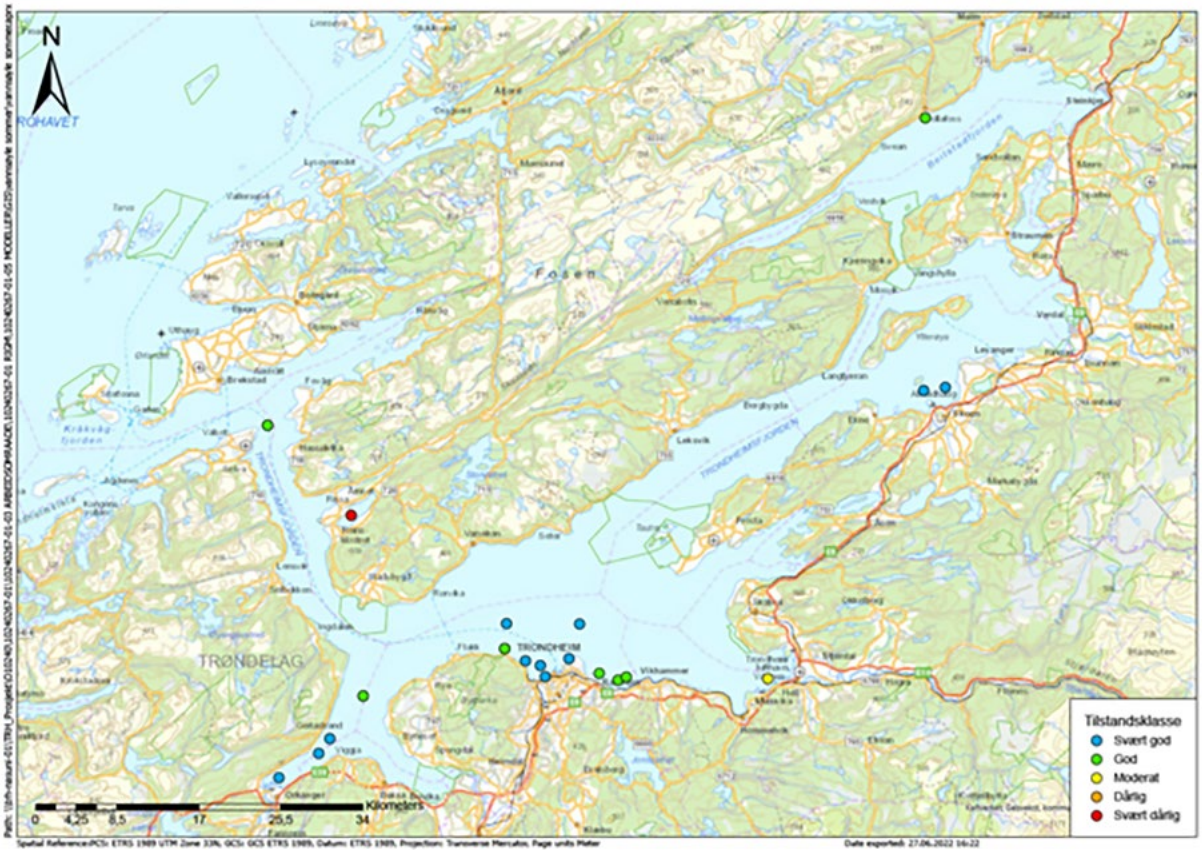
Høye konsentrasjoner av næringssalter i overflatelaget kan være et tegn på overgjødsling, dvs. at et område tilføres større mengder næringsstoff fra menneskelige aktiviteter (for eksempel landbruk, industri og kommunale renseanlegg) enn det naturen er i stand til å håndtere. Lukkede poller og fjorder med grunne terskler har som regel redusert vannutskiftning og er derfor mer sårbare for overgjødsling. I Trondheimsfjorden er det to slike avgrensede basseng, Botn i Rissa og Borgenfjorden.

Planktonalger responderer raskt på endringer i tilgang på næringsstoffer og i løpet av et fåtall dager kan biomassen ha økt betydelig. Derfor benyttes klorofyll a som en indikator på eutrofiering.

Næringssalter

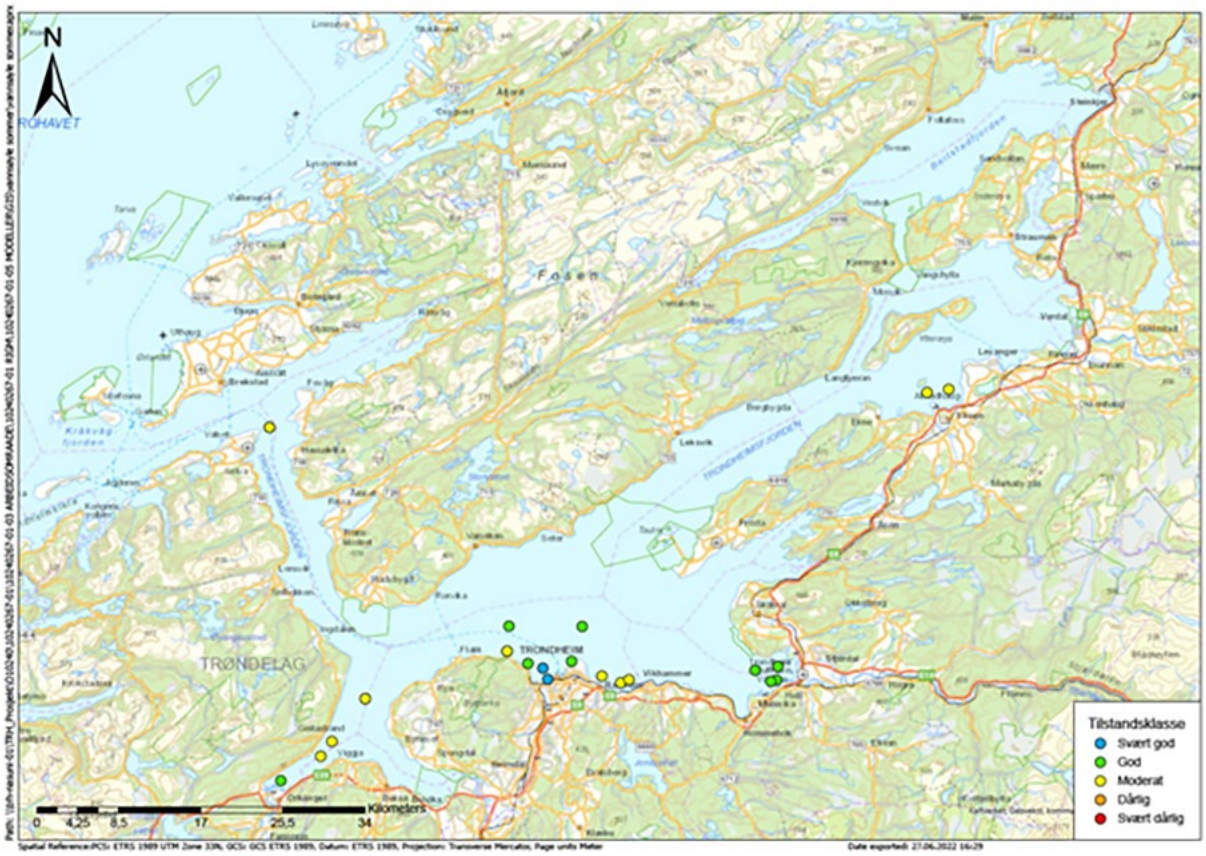
Undersøkelser av næringssalter i løpet av perioden 2017-2021 viser at det med enkelte unntak er et lavt innhold av nitrogen- og fosforforbindelser (god – svært god tilstand) om sommeren i de tre hovedbassengene, Figur 6. Prøver fra Botn i Rissa i samme periode viser at det er forhøyede konsentrasjoner av fosforforbindelser (totalt fosfor) tilsvarende svært dårlig tilstand. Sommeren 2021 tilsvarte tilstanden innerst i Stjørdalsfjorden moderat for nitrat- og nitrittforbindelser, overvåkingen er her knyttet til anleggsarbeidene på Hellstranda i forbindelse med utbyggingen av E6 Ranheim – Værnes.

Det er tidligere påvist forhøyede konsentrasjoner av nitratforbindelser tilsvarende moderat tilstand om sommeren i Orkdalsfjorden (2008) og i sjøområdene utenfor Fiborgtangen (2015), noe som betyr at disse to områdene har en bedre tilstand i dag enn tidligere.



Figur 6: Dårligste registrerte tilstandsklasse for næringssalter på stasjoner undersøkt om sommeren i løpet av 2017 til 2022.

Innholdet av næringssalter om vinteren i samme periode (2017-2022) klassifiseres enkelte år med god tilstand og i andre år som moderat på den samme stasjonen (Figur 7). Datagrunnlaget viser at innholdet av spesielt nitrogenforbindelser (nitrat og nitritt) varierer mellom år, og at i år hvor stasjonen klassifiseres med moderat tilstand er konsentrasjonen av nitrogen så vidt over grenseverdien til god tilstand. Ofte ser en at enkeltmålinger som viser et høyt innhold av nitrat og nitritt sammenfaller i tidspunkt med stor vannføring i elvene.



Figur 7: Dårligste registrerte tilstandsklasse for næringssalter på stasjoner undersøkt om vinteren i løpet av 2017 til 2021.

Klorofyll a

Tilstandsklassifisering av planktonalger gjøres på grunnlag av analyser av klorofyll a, som er et indirekte mål for algebiomassen, i vekstsesongen. Nord for Stad er vekstsesongen i veileder 02:2018 (13) definert som mars til september. Det betyr at det kun er data fra denne perioden som skal benyttes ved tilstandsklassifisering av planktonalgebiomasse i Trondheimsfjorden. Over tid viser datagrunnlaget at det er god tilstand i fjorden (Figur 8).

En undersøkelse av klorofyll a i Botn i Rissa, som omfatter vekstsesongene i 2016, 2017 og 2018, viser at det er dårlig tilstand i denne vannforekomsten. I Korsfjorden har det i perioden fra 2012 til 2015 har det i enkelte år blitt påvist et innhold av klorofyll a som tilsvarer moderat tilstand.



Figur 8: Dårligste registrerte tilstandsklasse for klorofyll a på stasjoner undersøkt i planktonalgenes vekstsesong (mars – september) i løpet av 2016 til 2021.

Oppsummering

Botn i Rissa, som er en lukket fjordarm med redusert vannutskiftning, peker seg ut som et område med betydelig dårligere miljøtilstand enn fjorden ellers. Denne vannforekomsten er kjent for å ha dårlig vannkvalitet og det har tidligere vært gjort forsøk på å oksygenere bunnvannet i fjorden. Hovedårsaken antas å være at det er et relativt jordbruksintensivt område, samtidig med at terskelen i Rissastrømmen sørger for at tilførselen av nytt, friskt og oksygenrikt vann fra Trondheimsfjorden til Botn begrenses.

Ellers viser datagrunnlaget at det i det store og hele er god miljøtilstand i fjorden for de aktuelle vannkvalitetselementene næringssalter og klorofyll a. Et interessant funn er at det om vinteren i enkelte år er et svakt forhøyet innhold av nitrogenforbindelser, der innholdet ligger og vipper på grensen mellom god og moderat tilstand. Erfaringsmessig ser en at dette gjerne er knyttet til at det samtidig er stor vannføring i elvene, enten i tilknytning til nedbørsperioder eller vårflommen. Det er per i dag ingen tegn til at dette gir økt innhold av klorofyll a (planktonalger) i fjorden.

Dyreplankton

Artsmangfold, dynamikk og utvikling

Dyreplankton deles inn i holoplankton og meroplankton. Den førstnevnte lever som plankton hele livet, mens meroplankton lever bare deler av sitt liv som plankton. Dette gjelder typisk dyregrupper som rur, skjell, sjøstjerner, kråkeboller, krabber og andre bunnlevende dyr. Mange bunnlevende eller dyr i fjæresonen har larvestadier som lever som plankton i vannmassene i omtrent 3-6 uker før de bunnslår.

Beskrivelser av årstidsvariasjoner hos dyreplankton i Trondheimsfjorden er basert på de månedlige undersøkelser som ble utført av TBS på ni stasjoner (Figur 9) tidlig på 1960-tallet (2), (3). I de øverste hundre meterne av vannsøylen, der en har regelmessig vannutskiftning, varierer artssammensetning gjennom vekstsesongen. Om våren er raudåte (Figur 10a) og larver av bunnlevende organismer (meroplankton) vanlige. Gjennom sommer og høst er det små arter av hoppekreps som dominerer, med typiske biomassetopper i hhv. juni/juli og i september. I de dypere vannlagene der det er mer stabile vannmasser, dvs. som ikke byttes ut like ofte, er det en litt annen sammensetning og sesongvariasjon. Her er det pilormer, muslingkreps, krill og hoppekreps som dominerer.

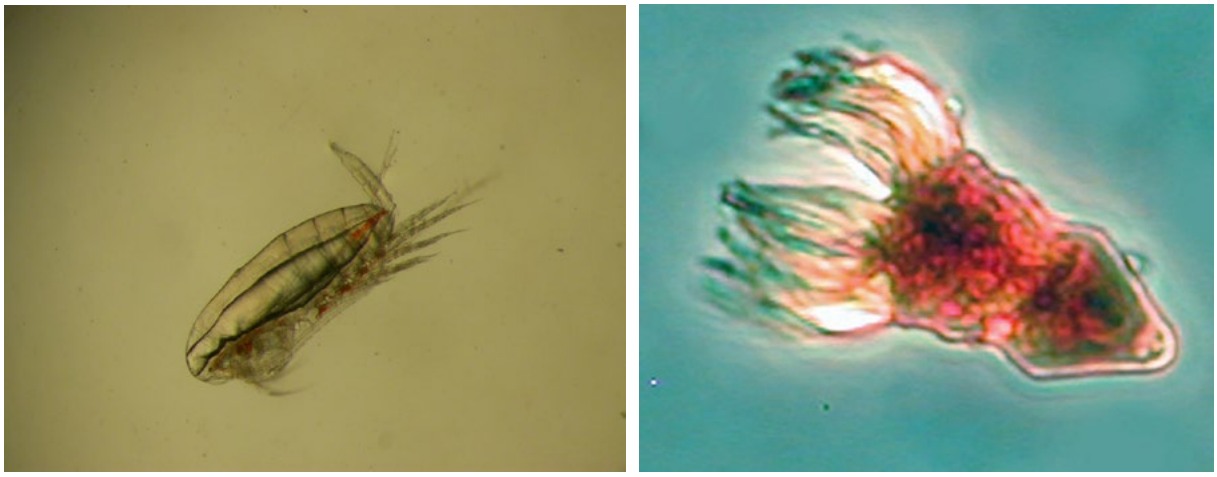


Figur 9:Stasjoner som TBS samlet inn dyreplankton på i Trondheimsfjorden i perioden 1963-1966.

På 1960-tallet var det fra år til annet innslag av den arktiske arten feitåte (*Calanus hyperboreus*), i Trondheimsfjorden (3). Denne arten er vanlig nord for Lofoten, og har sin hovedutbredelse i Barentshavet og nordover til iskanten i områder med flerårsis. Ettersom det ikke ble observert tidlige livsstadier av feitåte i fjorden ble det antatt at den ble transport med havstrømmene fra kysten og inn til Trondheimsfjorden. Raudåtas sørlige slektning, *Calanus helgolandicus*, ble ikke funnet i prøver fra Trondheimsfjorden i denne perioden, men man kan likevel ikke utelukke at den har vært til stede da det er vanskelig å skille de to artene fra hverandre.

Et tilsvarende studium i Borgenfjorden på slutten av 1960-tallet (19) viste at dyreplanktonsamfunnet i det ytre bassenget i stor grad gjenspeiler bestanden i resten av Trondheimsfjorden. I indre basseng, hvor overflatevannet skiftes ut langt sjeldnere enn i ytre Borgenfjorden, var det imidlertid større rom for lokal produksjon. Om sommeren kunne hurtigvoksende dyreplanktonarter være vanlige i den indre delen av Borgenfjorden.

Undersøkelsene som ble gjort på Trollet i nyere tid har gitt oss verdifull tilleggskunnskap om dyreplanktonets sammensetning i Trondheimsfjorden. Mikrodyreplankton (Figur 10b) utgjør en langt større andel av dyreplankton enn det som har vært kjent tidligere, med størst biomasse i de øverste 10-20 meterne av vannsøylen. Periodevis kan de være de viktigste beiterne på planktonalger i Trondheimsfjorden. Videre viser undersøkelsene at andre hoppekrepsarter enn raudåte kan ha den største produksjonen året sett under ett. Raudåta har typisk en generasjon, mens andre arter kan ha så mye som 6 generasjoner i løpet av ett år.



Figur 10: **a)** Raudåte i Trondheimsfjorden. Foto: Nils Tokle **b)** *Ciliat* (mikrodyreplankton) fra Trondheimsfjorden innenfor slekten *Strombidium*. Foto: Nils Tokle.

Daglige undersøkelser utført av Planktonic AS viste at forekomster av dyreplankton i Trondheimsfjorden, og andre deler av Norge, raskt kan endre seg. Endringer i vær- og vindforhold kan eksempelvis føre til at hoppekreps oppkonsentreres i enkelte deler av fjorden eller at fjorden tilføres bestander fra kysten. I tillegg påvirkes også dyreplanktonbestanden av tilgang på næringsorganismer (planktonalger), samt beitepress fra fisk og andre dyr.

Dyreplankton viser et høyt artsmangfold, og inkluderer alt fra små encellede til store flercellede organismer. I Trondheimsfjorden er det ciliater som dominerer mikrodyreplankton (20-200 µm), mens hoppekreps stort sett er mest tallrik blant mesodyreplankton (200-2000 µm). Den produktive sesongen i Trondheimsfjorden strekker seg fra omtrent mars til oktober, og samsvarer godt med når en har algeoppblomstringer. I denne perioden er det ofte en suksesjon av arter gjennom sesongen.

Når man sammenligner studiene fra 1960-tallet og nyere arbeid på dyreplankton på 90-tallet og utover kan man se omtrent like trender gjennom sesongen. Man har biomassetopper som inntreffer på omtrent de samme tidspunktene gjennom året, og dette gjelder stort sett også artssammensetningen. Det er imidlertid slik at det tidligere kan ha vært større innslag av nordlige *Calanus*-arter på vårtoppen og muligens færre sørlige *Calanus*-arter på høsttoppen av dyreplankton (Stein Kaartvedt, per.medd). Det kan være logisk at vi har hatt en slik utvikling i Trondheimsfjorden, fordi sørlige arter langs kysten har vandret nordover i takt med varmere sjøvann.

Framtidig påvirkning

Framskrivinger gjort av Norsk klimaservicesenter viser at klimaendringer i Trøndelag, (20)(21), i hovedsak vil være knyttet til ekstrem nedbør, som vil øke vesentlig i både intensitet og hyppighet frem mot århundreskiftet. Det vil kunne føre til flere og større regnflommer i mindre bekker, og i elver må man forvente en økning i flomvannføringen. I tillegg vil vårflommen (snøsmelteflommene) komme stadig tidligere på året, samt avta mot slutten av århundret.

Økt avrenning fra land, som følge av økt nedbør, betyr at de store vassdragene vil kunne føre med seg en større andel partikler til fjorden enn det de gjør i dag. Økt partikkelmengde i sjøen vil føre til at vannets gjennomsiktighet i fjorden avtar, dette fenomenet omtales som formørking. I et nyere studie er det sett på om kystvannets gjennomsiktighet blir påvirket av oppløst organisk materiale som elvene bringer med seg når de renner ut i våre kystområder. Basert på historiske data konkluderer de med at økte tilførsler av oppløst organisk materiale fra elvene fører til økt lyssvekking i, dvs. formørking av, kystvann. De konkluderer med at dette kan bidra til at det blir mindre lys tilgjengelig for fotosyntese i overflatelaget (22). Dette kan føre til redusert primærproduksjon og/eller endringer i artssammensetningen i planktonsamfunnet der planktonalger som er tilpasset lysbegrensning, er miksotrofe (dvs. kan bytte mellom fotosyntese eller opptak av partikler som karbonkilde) eller rent heterotrofe arter (dvs. planktonalger som beiter på andre alger) blir mer dominerende. En slik endring i artssammensetning kan føre til at næringsgrunnlaget for dyreplanktonbestanden i Trondheimsfjorden blir dårligere, noe som kan gi følgeeffekter oppover i næringskjeden.

I tillegg kan klimaendringene medføre at tidspunktet for vårflommen flyttes frem i tid fra april – mai til tidligere på året. I verste tilfelle kan dette føre til at vårflommen og våroppblomstringen i Trondheimsfjorden sammenfaller i tid. I et slikt scenario kan den andre, viktige oppblomstringen om våren, som er avhengig av tilførsler av næringsstoffer fra elvene, blir kraftig redusert eller utebli. Bestanden av dyreplankton, som vanligvis beiter på denne algeoppblomstringen, vil bli direkte påvirket om tilgangen til næring blir endret. Dette vil igjen påvirke bestanden av fisk og

andre dyr som beiter på dyreplankton, med en mulig kollaps i økosystemet som helhet.

Flere forskere har uttrykt bekymring for at økte sjøtemperaturer kan føre til at vi får endret artssammensetning i planktonalgesamfunnet med et spesielt fokus økt risiko for at toksinproduserende tropiske arter etter hvert vil få fotfeste i tempererte farvann.

Klimaendringer vil gi endringer i sammensetning av dyreplankton. I og med at plankton føres med havstrømmene, vil dette være den første indikatoren på at økosystemet kan endres på grunn av klimaforandringer. For eksempel kan det være fare for at raudåta kan erstattes av sin nære slektning, *Calanus helgolandicus*, som trives mer i sørlige havområder. Sørlige arter har ofte en annen livssyklus enn våre lokale arter, og det er ikke sikkert at larver av våre kommersielle fiskeslag kan nyttiggjøre seg denne type dyreplankton.

Kunnskaps- og overvåkningsbehov

Planktonalger

Stasjonsnettet i ØKOKYST dekker kun et begrenset område av ytterfjorden fra Valset i vest til Trondheim i øst. Dette betyr at kunnskapsgrunnlaget for de indre delene av ytterfjorden, samt hele midtfjorden og Beitstadfjorden, er begrenset til resipientundersøkelser knyttet til utslippstillatelser som iht. forurensningsforskriften skal gjennomføres hvert 4. år. Vår anbefaling er at de månedlige undersøkelsene utført av NTNU i perioden 1970-2010 gjenopptas på de samme stasjonene, men at undersøkelsesprogrammet i overflatelaget minimum tilpasses vannforskriften, hyppigere prøvetakingsfrekvens enn dette vil avdekke de raske svingningene i tid og rom i planktonalgebestandene i fjorden og bidra til å øke kunnskapsgrunnlaget for planktonbestandene. I tillegg foreligger det ingen data for Borgenfjorden og vi anbefaler at denne, sammen med Botn i Rissa som viser tegn til å ha dårlig miljøtilstand, inkluderes i et fremtidig overvåkingsprogram.

I tillegg ser vi at innholdet av særlig nitrogenforbindelser om vinteren over kan variere mellom år, og at enkelte år har vi god tilstand og i andre moderat tilstand. For å forstå betydningen av elvenes påvirkning på innholdet av næringsstoffer i fjorden bør det også etableres stasjoner i områder som er tydelig påvirket av elvevann, per i dag er det kun ØKOKYST-stasjonen i Korsfjorden som kan ha en mulighet til å fange opp denne type påvirkning. I tillegg bør det samtidig samles inn prøver fra de enkelte elvene. En slik overvåking vil kunne bidra til at det kan etableres vanntypespesifikke tilstandsklasser for næringssalter for ferskvannspåvirkede vanntyper.

En slik overvåking vil kunne bidra til å øke kunnskapen og forståelsen for hvordan innholdet av næringssalter og klorofyll a i overflatelaget varierer gjennom året. Samtidig innsamling av prøver til analyser av planktonalger og dyreplankton vil gi nyttig tilleggsinformasjon som vil bidra til å si noe om økosystemet som helhet, samt avdekke evt. endringer i artssammensetning som kan skyldes klimaendringer.

Dyreplankton

TBS har siden 1970-tallet og frem til 2014/2015 jevnlig samlet inn dyreplanktonprøver fra Trondheimsfjorden. Mange av prøvene er ikke analysert, men er lagret ved NTNU Vitenskapsmuseet i Trondheim. Her har man altså en langtidsserie på dyreplankton som strekker seg over ca. 50 år. I tillegg har man utført gode hydrografimålinger som kan sees i sammenheng med forekomster av dyreplankton. Dette datamaterialet er unikt, og her har man mulighet til å se på dynamikken i dyreplanktonsamfunnet over lengre tid. Det er i tillegg mulighet til å se om dyreplanktonsamfunnet har endret seg over tid, med hensyn på klima, viktige dyreplanktonbeitere som sild (hvor man har en egen stamme i Trondheimsfjorden som har vist store endringer over tid) og maneter (som det i de siste 20 årene har blitt satt større fokus på, se kap. 7 om maneter). Med tanke på at dyreplankton er bindeleddet mellom primærproduksjonen og kommersielle viktige fisk og krepsdyrarter, er dette et ledd i næringsnettet som er for lite studert. Ved å forstå dynamikken i dyreplanktonsamfunnet vil det være et viktig bidrag for å forvalte våre ressurser på høyere nivå i næringskjeden, som fisk og krepsdyr i havet. Det blir ansett som viktig å få analysert denne langtidsserien, og den vil være et godt sammenligningsgrunnlag for fremtidige målinger av dyreplankton, både med tanke på klassiske målemetoder og nyere data fra bøyer i Trondheimsfjorden.

Dyreplankton, og da særlig hoppekreps, er viktig mat for fisk og fiskelarver. Maneter er den gruppen av dyreplankton som reagerer raskest på endringer i dyreplanktonbestanden, og mange arter formerer seg gjennom å produsere neonater (avkom). Neonatene beiter på hoppekreps og annet dyreplankton, og bygger raskt opp en energireserve som de kan bruke til å produsere nye avkom faktisk fra en dag til den neste.

Det er mange som mener at maneter har blitt mer tallrike i de siste tiårene, og det er flere som mener at det er varmere sjøtemperaturer som er årsaken. Det er dessverre få målinger av geleplankton i Trondheimsfjorden og andre marine områder i Norge, og det er kun de siste ca. 20 år at dette har fått et økt fokus. I studier i Trondheimsfjorden på -60 og –70 tallet var ikke maneter en del av registreringen i dyreplanktonsamfunnet.

Det er også en teori om at maneter har økt i antall på grunn av at de konkurrerer med fisk om fødepartikler. Overfiske av planktonspisende fiskearter de siste tiårene har muligens bidratt til økt produksjon av dyreplankton som hoppekreps i vannmassene, som igjen blir næring for maneter.

Det er viktig å få en forståelse av denne typen dynamikk, da det er flere kommersielle fiskebestander som gyter i Trondheimsfjorden. Selv om det er få av de 150 fiskeartene som er av kommersiell interesse, er det viktig å opprettholde den høye artsdiversiteten som er et godt tegn på helsestatusen til fjorden. Den høye artsdiversiteten av fisk kan indirekte forståes ved å tolke dynamikken i dyreplanktonsamfunnet. Økt kunnskap og eventuelle sammenhenger kan bidra til at man kan endre forvaltningen i Trondheimsfjorden.

Det er flere dyregrupper som konkurrerer om det samme matfatet, og de som konkurrerer med fisk/fiskelarver er maneter, pilormer, amfipoder, krill, reker og mange flere organismer.

Det er fraværende kunnskap om bestander av krill i Trondheimsfjorden, men det er observert enorme konsentrasjoner ved Trondhjem biologiske stasjon ved Trolla ved flere anledninger.

Geleplankton som maneter blir ofte betraktet som en "dead end" i næringsnettet, da det er få pelagiske arter som kan utnytte denne gruppen av dyreplankton. Det er ikke helt korrekt, da de før eller siden vil sedimentere til bunnen, og bli til mat for bunnlevende organismer.

Bøyeovervåking

SINTEF og NTNU har nylig satt ut to overvåkingsbøyer i Trondheimsfjorden utenfor Ingdalen og ved Munkholmen. Bøyene er en del av prosjektet «OceanLab Node 4: Marine Observatory» og er utstyrt med en rekke sensorer/instrumenter som vil bidra til å øke kunnskapen om både fysiske forhold (temperatur, saltholdighet) og kjemiske forhold (næringssalter), samt forekomster av planktonalger og dyreplankton. I tillegg er bøyene utstyrt med sensorer som måler klimarelevante parametere som pH, turbidet (vannets gjennomsiktighet), samt oppløst organisk materiale. Bøyene kan gi oss ny innsikt og bakgrunnsdata knyttet til dynamikken i både plankonalge- og dyreplanktonbestanden i Trondheimsfjorden.

Klassisk prøvetaking og analyser av planktonalger og dyreplankton vil kunne gi flere svar, og sammen med måledata fra OceanLab vil man kunne få ny og verdifull innsikt i det planktoniske næringsnettet. Ulike arter av hoppekreps vil kunne fremstå som ganske like i både størrelse og utseende, men de kan ha helt ulike roller i det planktoniske næringsnettet. Jevnlig prøvetaking av dyreplankton for å verifisere hvilke arter som er til stede vil kunne gi mer dybdekunnskap om planktonsamfunnet. Noen arter av hoppekreps er herbivore (planteetere), mens andre er kjent for å være omnivore (spiser planter og kjøtt) eller karnivore (kjøttetere). Det er også vanskelig å kunne gi svar på om det er et skifte i artssammensetning på grunn av endringer i havtemperaturer.

Referanser

1. **Sakshaug, E., Myklestad, S.** Studies on the Phytoplankton Ecology of the Trondheimsfjord. III. Dynamics of Phytoplankton Blooms in the Relation to Environmental Factors, Bioassay Experiments and Parameters for the Physiological State of the Populations. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 1973, pp. 11: 157-188.

2. **Strømgren, Tor.** *Zooplankton investigations in Trondheimsfjorden, 1963-1966.* Trondheim : Miscellanea, 1973.

3. —. *Zooplankton and hydrography in Trondheimsfjorden on the west coast of Norway.* Trondheim : MISCELLANEA, 1974.

4. **Tokle, Nils.** *Forekomst av dyreplankton i Trondheimsfjorden med fokus på stoffomsetningen.* Trondheim : Master thesis at the Norwegian University of Science and Technology, 1999.

5. **Lilleøkdal, Grete**. *Mesodyreplanktonets biomasse og økologiske funksjon i Trondheimsfjorden.* Trondheim : Hovedfagsoppgave Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 2000.

6. **Leiknes, Øystein.** Trondheim : Mastergrad Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

7. **Tokle, Nils.** *Are the ubiquitous marine copepods limited by food or predation?* Trondheim : PhD degree Norwegian University of Science and Technology, 2006.

8. **Leiknes, Øystein.** *The effect of nutrition on important life-history traits in the marine copepod Calanus finmarchicus.* Trondheim : PhD degree Norwegian University of Science and Technology, 2016.

9. **Sakshaug, E., Killingtveit, Å.** Elvene: et stort bidrag. [book auth.] E., Sneli, J.A. (red) Sakshaug. *Trondheimsfjorden*. Trondheim : Tapir forlag, 2000, pp. 65-75.

10. **NVE.** Sildre. [Online] https://sildre.nve.no/map?x=380400&y=7228000&zoom=4.

11. **Ellingsen, I.H**. Internal tides and the spread of river plumes in the Trondheim Fjord. *Doktoravhandlinger ved NTNU*. 2004, Vol. 56, 1503-8181.

12. **NIBIO.** *Erosjon og tap av næringsstoffer og plantevernmidler fra jordbruksdominerte nedbørfelt. Sammendrag fra Program fra jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) for 1992 - 2019.* 2021. NIBIO rapport Vol. 7. Nr. 135.

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

14. **Chuaychan, S.** *Characteristics of Phytoplankton communities in the Trondheimsfjord in 1996. Candidatum scientiarum thesis in Marine Biology.* NTNU. 1998.

15. **Miljødirektoratet.** *Økokyst - DP Norskehavet Sør, Årsrapport 2021. Utarbeidet av Norsk instiutt for vannforskning (NIVA)*. 2022. M-2278.

16. **Bulgurul, B.** A study of sediment transport in river Gaula. Dr. ing. avhandling, NTNU. 1977, p. 160.

17. **Miljødirektoratet**. Norske utslipp. [Online] https://www.norskeutslipp.no/no/Forsiden/.

18. —. Vannmiljø. [Online] https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/.

19. **Strømgren, Tor.** *Zooplankton investigations in Borgenfjorden, 1967-1969.* Trondheim : MISCELLANEA, 1973.

20. **Norsk klimaservicesenter.** Klimaprofil Nord-Trøndelag. *Klimaprofiler.* [Online] 04 2022. https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/nord-trondelag.

21. —. Klimaprofil Sør-Trøndelag. *Klimaprofiler.* [Online] 04 2022. https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/sor-trondelag.

22. **Frigstad, H., Kaste, Ø., Deininger, A., Kvalsund, K., Christensen, G., Bellerby, R.G.J., Sørensen, K., Norli, M., King, A.L.** Influence of Riverine Input on Norwegian Coastal Systems. *Front. Mar. Sci.* 2020, Vol. 7, 332.

23. **Arff, J., Tangen, K.** Environmental assessment of the receiving waters for waste water treatment plants in Trondheim. 2012. Summary report. SINTEF report SFH80 F23182

24. **SINTEF Ocean,** upubliserte data fra Mattilsynets overvåkingsprogram for algetoksiner i skjell i perioden 2006-2016



Foto: Jørgen Neegård

KAPITTEL 2: BLØTBUNNSFAUNA

Forfattere: Gunhild Borgersen og Hilde Cecilie Trannum (NIVA)

Sjøbunn som består av leire, mudder eller sand kalles for bløtbunn og er jordas største overflate. Bløtbunn bidrar med en rekke viktige økosystemtjenester og har en stor artsrikhet. Bunndyrene som lever her brukes som et verktøy i miljøovervåking for å få informasjon om tilstanden på bunnen.

I Trondheimsfjorden har det vært utført en rekke undersøkelser av bunnfaunaen, men til ulike formål. Det overordnede bildet er at den økologiske tilstanden stort sett har vært god, med unntak av lokaliteter rett ved punktutslipp eller i poller. Det er få tidstrender tilgjengelig for Trondheimsfjorden, men der hvor det har vært tatt prøver flere ganger, har tilstanden vært stabil eller i bedring.

Fordi de fleste av undersøkelsene som har vært utført har vært rettet mot spesielle kilder, er det færre tilgjengelige data fra fjordens mer åpne områder og i fjordbassengene. Det er også lite kvantitative data fra Trondheimsfjordens store gruntområder på bløtbunn. Disse områdene er svært viktige for fugl. Fremtidig overvåking bør rettes mot å dekke opp kunnskapshull i områdene som har vært mindre undersøkt frem til nå. Det bør også etableres faste stasjoner som kan gi tidsserier for å overvåke tilstanden systematisk.

Introduksjon

Bløtbunnsfauna, eller bunndyr, omfatter små dyr som lever på leire-, mudder- og sandbunn; enten på overflaten eller nedgravd i sedimentet. Oftest dominerer flerbørstemark og muslinger, men det er også innslag av krepsdyr, pigghuder, snegl og andre grupper (Figur 1). Dyresamfunnene har gjerne et høyt artsmangfold, og Norskehavet (som inkluderer Trøndelagskysten) er blant de mest artsrike områdene for bløtbunnsfauna i Norge. Her er det vanlig å finne opp mot 60 arter og flere hundre individ på et 0,1 m^2 stort område av havbunnen (1).

Bløtbunnen har mange viktige funksjoner i havets økosystem. Det organiske materialet (for eksempel plankton og organiske partikler) som ikke forbrukes i vannmassene, vil til slutt synke ned på havbunnen og bli mat for bunndyrene. Slik vil næringsstoffene resirkuleres og gi opphav til ny produksjon i vannmassene igjen. Bunndyrene er også en viktig matkilde for en rekke arter av fisk og skalldyr, og på grunt vann også fugl. Karbonlagring er en annen viktig økosystemfunksjon til bunnsedimenter. Marine sedimenter er faktisk klodens største karbonlager!

De fleste bunndyrene er relativt stedfaste og flytter seg ikke mye rundt. De må derfor være tilpasset miljøforholdene på stedet hvor de lever, noe som gjør at artssammensetningen i stor grad reflekterer de lokale miljøforholdene. Bunnfaunaen påvirkes av flere typer miljøbelastninger. Organisk anrikning fra for eksempel avløpsvann, akvakultur, avrenning fra land eller annen forurensning kan medføre at artsmangfoldet avtar fordi ømfintlige arter blir borte, samtidig som enkelte arter som er tolerante for forurensningen øker.



Figur 1: Eksempler på bunndyr som lever i eller på bløtbunn - flerbørstemarken *Trypanosyllis* (foto: Arne Nygren), sjømusen *Brissopsis lyrifera*, sneglen *Alvania* (foto: Moorea Biocod), amfipoden *Stenothoe marina* og slangestjernen *Ophiura albida* (Foto: Hans Hillewaert).

Overvåking av bunndyr er en viktig metode for å dokumentere miljøtilstand og påvise endringer over tid. Slik overvåking gjøres på lokaliteter med sedimentbunn, fortrinnsvis der det er flat bunn med leire eller silt, og fokuserer på virvelløse bunndyr større enn 1 mm (2). Bunnprøvene samles inn med en grabb, hvorpå de siktes, og siktematerialet bevares for videre opparbeiding i laboratoriet (Figur 2). I laboratoriet blir alle bunndyr i prøvene plukket ut, artsbestemt og talt, og det er disse kvantitative dataene som danner grunnlaget for tilstandsklassifisering. For å bestemme den økologiske tilstanden for bunndyrene brukes fem ulike indekser. Noen av indeksene er basert på artsmangfold, mens andre også tar i betraktning graden av ømfintlighet til artene som er til stede. Indeksene inngår så i en samlet tilstandsverdi som gir grunnlaget for klassifisering i en av de fem tilstandsklassene; svært god, god, moderat, dårlig eller svært dårlig økologisk tilstand. «Svært god» tilstand kalles referansetilstand eller naturtilstand, og er definert som tilstanden der det er liten eller ingen menneskelig påvirkning. «God» tilstand avviker derimot litt fra uberørte forhold og tyder på noe menneskelig påvirkning. Indeksapparatet er utviklet for å fange opp effekter av organisk belastning og eutrofi, mens andre forstyrrelsesfaktorer ikke fanges like godt opp.



Figur 2: Prøvetaking og opparbeiding av bunnfauna. a) grabbprøvetaking, b) sikting, c) sikterest, d) laboratoriearbeid. Foto a-c: Miljødirektoratet, foto d: NIVA. Feltbildene viser prøvetaking i Stjørdalsfjorden (2017).

Kunnskapsgrunnlaget

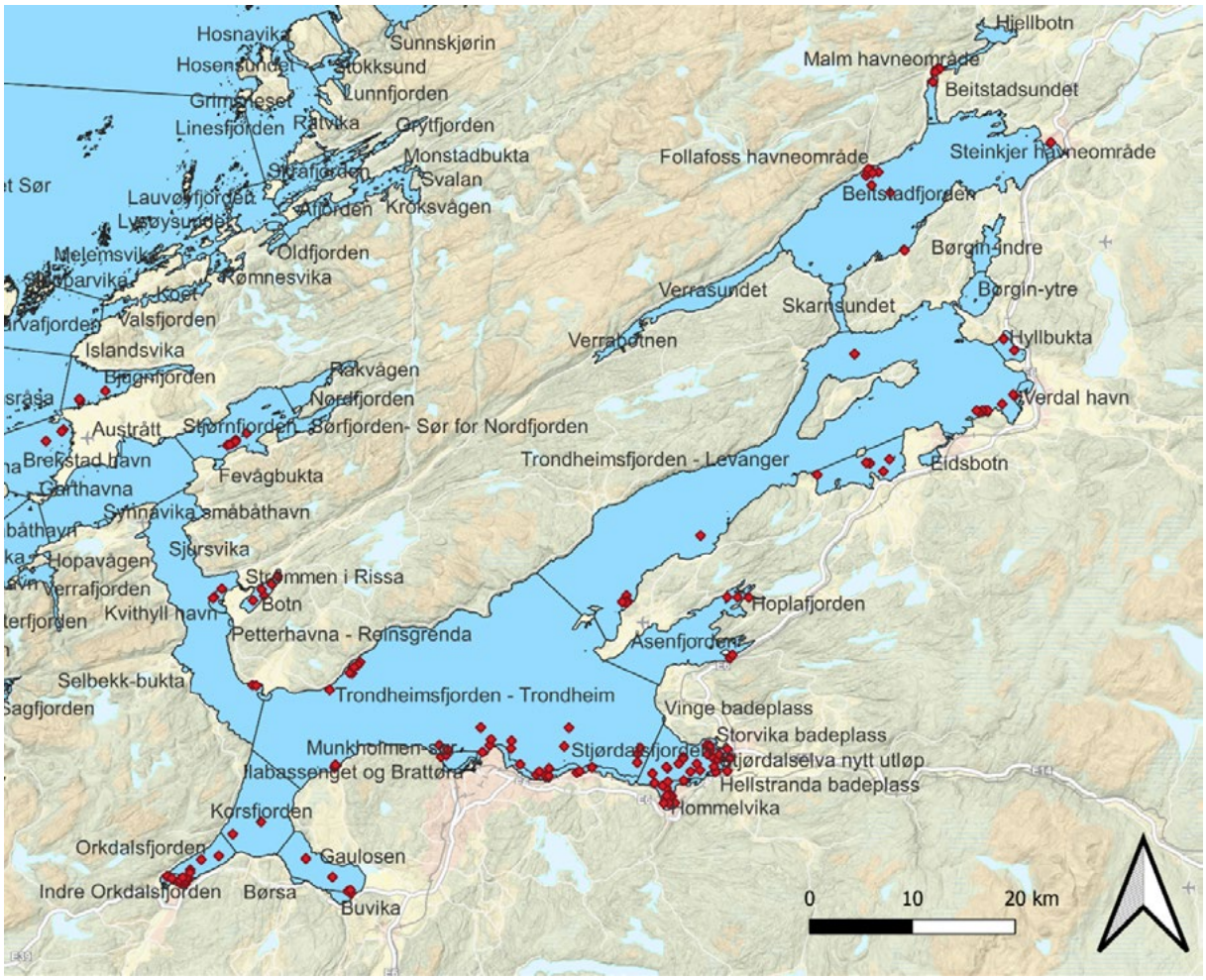
Generelt om datagrunnlaget

Det har blitt utført en hel del overvåking i Trondheimsfjorden de siste tiårene. Oftest foregår slik overvåking i forbindelse med et utslipp eller kjent påvirkning, for eksempel akvakultur eller industri. Flere av stasjonene er samlet nettopp rundt slike utslippskilder, og også plassert relativt nærme land. Dette forklarer hvorfor det relativt sett er få undersøkte stasjoner i fjordens mer åpne områder og i fjordbassengene.

I det nasjonale overvåkingsprogrammet ØKOKYST (Økosystemovervåking i kystvann) inngår enkelte bløtbunnsstasjoner i Trondheimsfjorden (1). Disse er plassert slik at de ikke skal være i nærheten av noen kjent påvirkning for å kunne fange opp den mer generelle tilstanden langs kysten. Dette programmet er et løpende program, hvor bløtbunnsstasjonene overvåkes hvert tredje år.

Metodikk for datainnhenting og databearbeiding i denne rapporten

Data fra Trondheimsfjorden (inkludert Grandefjæra) hentet vi først ut fra NIVAs interne bløtbunnsdatabase, hvor det er data fra Trondheimsfjorden helt tilbake til 1981. Øvrige data hentet vi ut fra miljøforvaltningens database Vannmiljø, hvor det er data tilbake til 2002. Det endelige datagrunnlaget besto av til sammen 255 stasjonsregistreringer fordelt på 160 unike stasjoner (Figur 3). Flere av stasjonene er altså undersøkt flere ganger. Trondheimsfjorden slik den er avgrenset i dette prosjektet består av 63 små og store vannforekomster. Vi fant stasjoner med bløtbunnsdata i 27 av de 63 vannforekomstene. Data fra de siste 11 år (2011-2021) utgjorde om lag 70 % av datamaterialet (Tabell 1).



Figur 3: Kart over alle stasjoner som inngår i datamaterialet for bunnfauna i Trondheimsfjorden. Stasjonene er prøvetatt i perioden 1981-2021. Kartet viser også grensene mellom de ulike vannforekomstene i Trondheimsfjorden.

Data fra Vannmiljø omfattet 165 stasjonsregistreringer. Noen av stasjonene hadde tilstandsverdi (nEQR) innrapportert fra oppdragstaker eller beregnet automatisk i Vannmiljø. For enkelte av disse var det ikke samsvar mellom den innrapporterte og den automatisk beregnede tilstandsverdien og i slike tilfeller ble gjennomsnittet av de to benyttet. Flertallet av registreringene hadde imidlertid ikke noen tilstandsverdi i Vannmiljø, og da ble tilstandsverdien beregnet manuelt. Data fra NIVAs database omfattet 90 stasjonsregistreringer. Dette er hovedsakelig fra eldre undersøkelser, og vi beregnet tilstandsverdien på nytt med dagens klassegrenser.

Tabell 1: Antall stasjonsregistreringer i datamaterialet i de ulike tidsperiodene fra 1981-2021.

Tidsperiode	Antall stasjonsregistreringer
1981-1990	43
1991-2000	6
2001-2010	29
2011-2020	140
2021	37
Total	255

Vannforekomstene ble så klassifisert ved å beregne gjennomsnittet av enkeltstasjonenes tilstandsverdi. Ofte er vannforekomstene blitt undersøkt flere ganger, og hver vannforekomst ble klassifisert for hvert år det er gjennomført en undersøkelse. Datagrunnlaget kan derfor variere fra år til år for den samme vannforekomsten, og en endring i tilstand fra et år til et annet kan ikke nødvendigvis ses på som en tidstrend med mindre det er de samme stasjonene som er undersøkt.

Tilstand og utvikling

I de neste delkapitlene presenterer vi den økologiske tilstanden for bløtbunnsfauna i Trondheimsfjorden, basert på tilstandsindekser og klassifisering etter vannforskriften. Tilstandsklassene gir et bilde på hvorvidt bløtbunnsfaunen er påvirket av eutrofiering eller organisk belastning.

Overordnet tilstand for vannforekomstene i Trondheimsfjorden

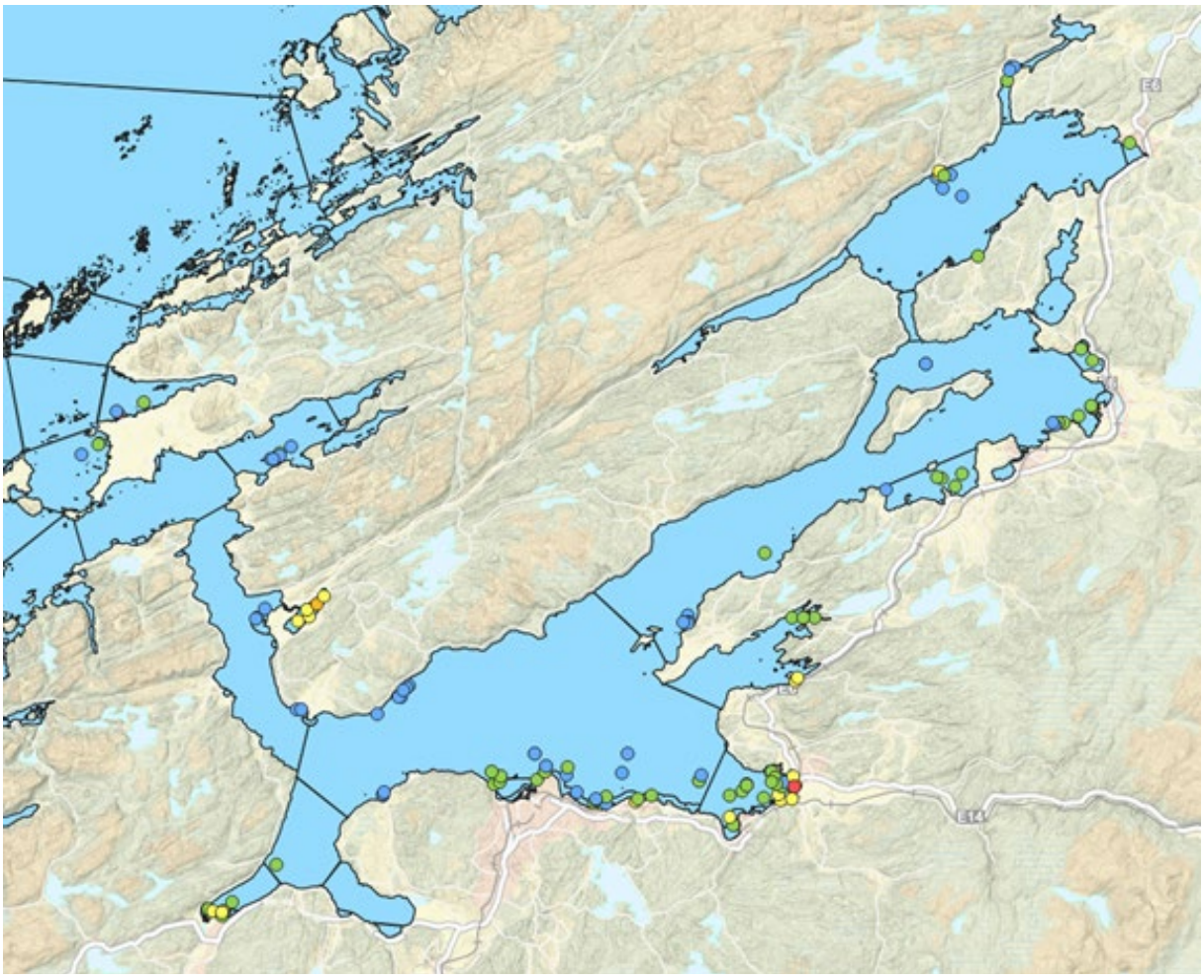
Av de 27 undersøkte vannforekomstene oppnådde 82% miljømålet gitt i vannforskriften om god eller svært god tilstand, dersom man legger resultatene fra den nyeste undersøkelsen i hver vannforekomst til grunn (Tabell 2). 19% av vannforekomstene tilsvarte moderat tilstand, mens ingen vannforekomster hadde dårlig eller svært dårlig tilstand. Bildet er stort sett det samme når man legger data fra siste 10 år til grunn eller hele datamaterialet. Kun to vannforekomster har fått dårligere enn moderat tilstand, dette er Stjørdalselva tidligere utløp i 2004 (svært dårlig tilstand) og Orkdalsfjorden i 1981 (dårlig tilstand).

Stasjoner som har fått «moderat» eller dårligere tilstand, er hovedsakelig plassert i tre områder: Stjørdalsfjorden, Orkdalsfjorden og Botn (Figur 4). Stasjoner utenfor Trondheim by har derimot fått «god» eller «svært god» tilstand. Det er imidlertid foretatt få undersøkelser i Trondheimsbukta sammenlignet med den indre delen av Stjørdalsfjorden, hvor bl.a. flyplassen

Tabell 2: Andel vannforekomster (VF) som blir klassifisert til de ulike tilstandsklassene for bunnfauna.

Tilstandsklasse	Nyeste undersøkelse 27 vannforekomster	Alle år (1981-2021) 87 vannforekomster per år	Siste 10 år (2012-2021) 54 vannforekomster per år
Svært god	19 %	11 %	15 %
God	63 %	68 %	69 %
Moderat	19 %	18 %	17 %
Dårlig	0 %	1 %	0 %
Svært dårlig	0 %	1 %	0 %

er lokalisert. Nedenfor følger en områdevis presentasjon av tilstanden for bløtbunnsfauna i Trondheimsfjorden. Stasjonsoversikt med tilstandsverdi (nEQR) sortert pr. vannforekomst er gitt i **Vedlegg 2.1**.



Figur 4: Alle stasjoner i Trondheimsfjorden. For stasjoner som er undersøkt flere ganger, er resultatene for nyeste undersøkelse vist. Data er fra 2001-2021 (data fra 1981-1983 ekskludert).

Beitstadfjorden og nordlige fjordområder

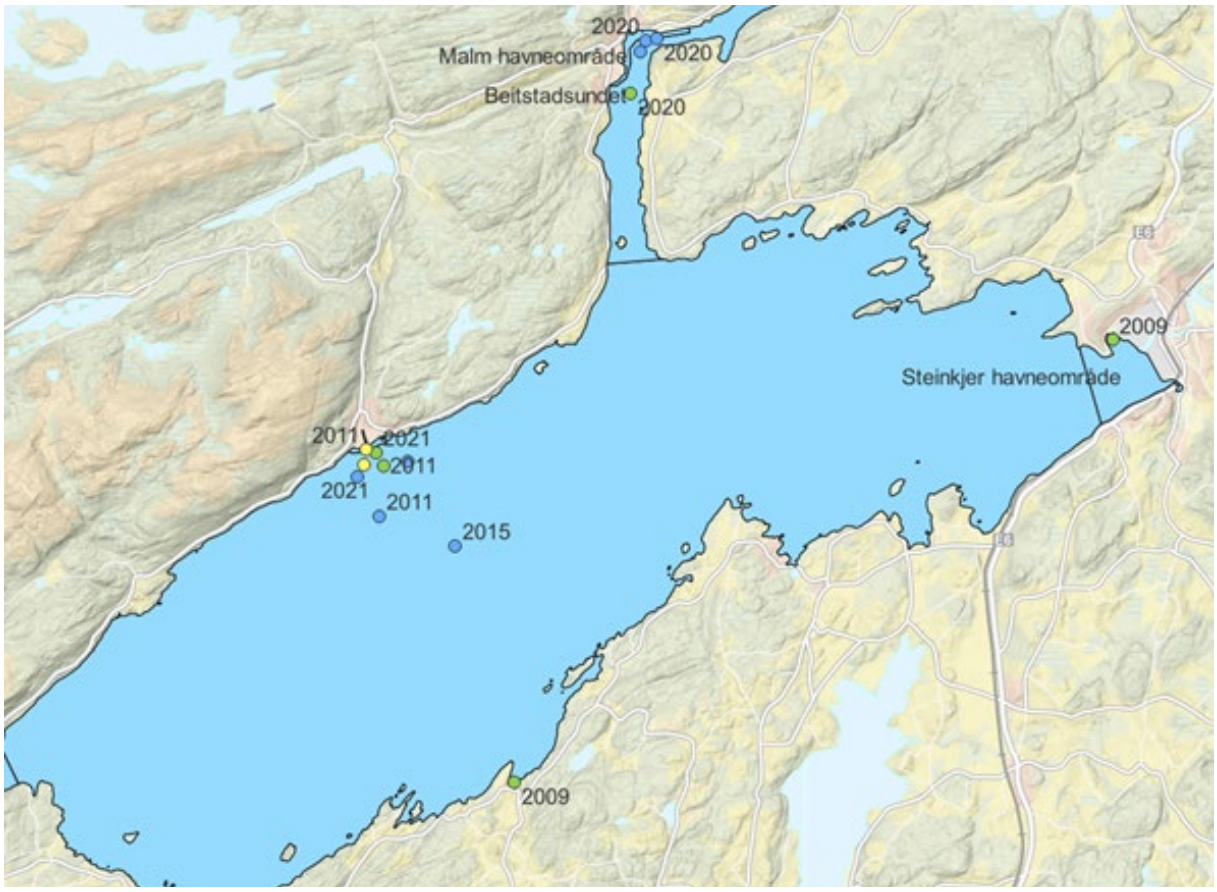
- Vannforekomst *Beitstadfjorden*, inkludert *Follafoss* havneområde, har blitt undersøkt en rekke ganger som en del av tiltaksrettet overvåking for to bedrifter lokalisert i Follafoss (en cellulosefabrikk og et settefiskanlegg) (Figur 5).

- *Follafoss havneområde* ble klassifisert til «moderat» tilstand i 2011.

- Tilstanden i Beitstadfjorden har vekslet mellom «god» eller «svært god» tilstand, avhengig av hvilke stasjoner som ble undersøkt de ulike årene. Tendensen er at stasjoner nær Follafoss havneområde får «moderat» eller «god» tilstand, mens stasjoner lenger unna får «svært god» tilstand (Figur 5). På motsatt side av Beitstadfjorden, ved Kjerknesvågen båthavn, ble bunnfauna undersøkt på én stasjon i 2009, og fikk «god» tilstand.

- I vannforekomsten *Steinkjer havneområde* ble også én stasjon ved Eggebogen båthavn undersøkt i 2009, og ble klassifisert til «god» tilstand.

- Vannforekomst *Beitstadsundet* er et smalt sund som forbinder *Beitstadfjorden* med *Hjellbotn* i nord. *Beitstadsundet* ble undersøkt i 2020 ifm. miljøovervåking av akvakulturanlegg (Figur 5), og ble klassifisert til «svært god» tilstand.



Figur 5: Stasjoner som er undersøkt for bunnfauna i Beitstadfjorden og områdene rundt.

Trondheimsfjorden-Levanger og østlige fjordområder

- Vannforekomst *Trondheimsfjorden-Levanger* er en av de større vannforekomstene, og strekker seg fra Tautra i sørvest til Børgin i nordøst (Figur 6). Fjorden er over 400 m på det dypeste, men vi har ikke funnet noen undersøkelser av bunnfauna fra dypområdene. Den dypeste stasjonen er BT112 på 135 m dyp, sør for Skarnsundet. Stasjonen ble undersøkt i 2011 og 2014, og klassifisert til «svært god» tilstand begge år. De øvrige stasjonene i vannforekomsten er plassert nærmere land på den sør-østlige siden:

- I 2018 ble området utenfor Verdal havn klassifisert til «god» tilstand.

- I 2019 ble et område ved Djupvika undersøkt, og ved Kransarvika. Samlet sett ga disse to undersøkelsene «svært god» tilstand for vannforekomst *Trondheimsfjorden-Levanger* i 2019 (Figur 6).

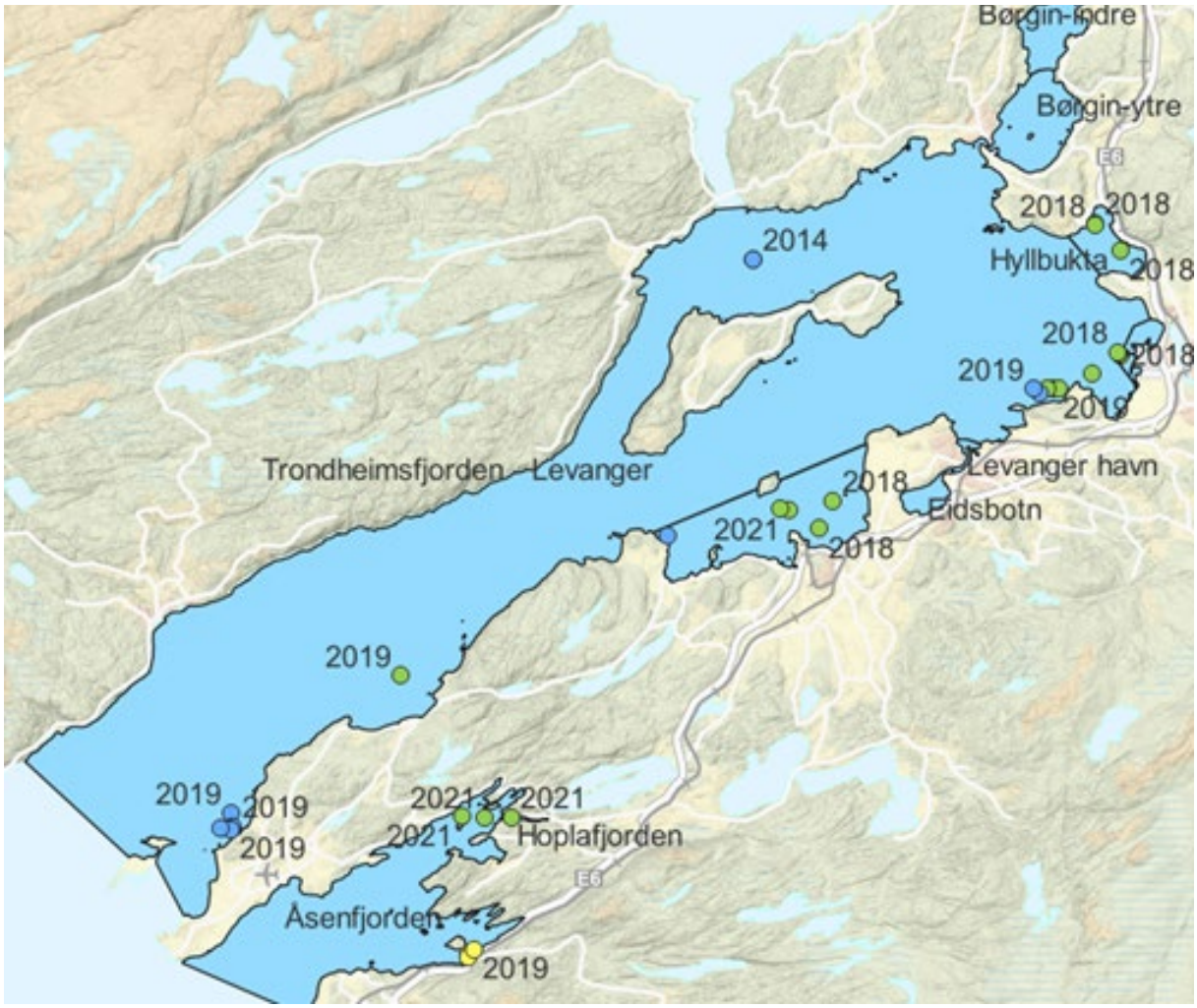
- I tillegg til den store vannforekomsten *Trondheimsfjorden-Levanger*, består denne delen av Trondheimsfjorden av en rekke små vannforekomster:

- *Hyllbukta* ble klassifisert til «god» i 2018.

- *Haugsandgrunnen - Hestøygrunnen* har blitt undersøkt en rekke ganger siden 1998. Tilstanden har vært «god» alle årene, inkludert siste undersøkelse i 2021.

- I *Åsenfjorden* har bunnfauna blitt undersøkt en rekke ganger siden 2002. Tilstanden har vekslet mellom «moderat» og «god», avhengig av hvilket område som har blitt undersøkt. Området utenfor Langstein kai fikk «moderat» tilstand ved siste undersøkelse i 2019, mens stasjoner nord i vannforekomsten fikk «god» tilstand i 2021.

- Den lille vannforekomsten *Hoplafjorden* fikk «god» tilstand (undersøkt én stasjon i 2016 og 2021).



Figur 6: Stasjoner som er undersøkt for bunnfauna i Trondheimsfjorden – Levanger og østlige fjordområder.

Trondheimsfjorden-Trondheim og sentrale områder

- *Trondheimsfjorden-Trondheim* er den andre store vannforekomsten og strekker seg fra Tautra i øst til Rødbergneset/Geitaneset i vest (Figur 7). Vannforekomsten er over 500 m på det dypeste. Vi fant imidlertid ingen stasjoner i de dypere områdene, også her er undersøkelsene i hovedsak foretatt nært land på sørsiden av fjorden. Vannforekomsten har fått «god» eller «svært god» tilstand ved alle undersøkelsene som er foretatt.

- Også denne delen av Trondheimsfjorden er delt opp i mange små og mellomstore vannforekomster. I øst ligger *Stjørdalsfjorden* og flere små vannforekomster. I dette området ligger Trondheim lufthavn, og Stjørdalselva har sitt utløp.

- Vannforekomst *Stjørdalsfjorden* har blitt undersøkt en rekke ganger siden 1983, og har alle årene fått «god» tilstand, med unntak av 2016 da tilstanden var «moderat» (men kun basert på én stasjon dette året).

- Vannforekomst *Hommelvika* har også blitt undersøkt flere ganger siden 1983, og har blitt klassifisert til «moderat» tilstand alle årene.

- Helt innerst i Stjørdalsfjorden ligger vannforekomstene *Stjørdalselva tidligere utløp* og *Stjørdalselva nye utløp*. *Stjørdalselva nye utløp* fikk «moderat» tilstand i 2021. *Stjørdalselva tidligere utløp* har blitt undersøkt flere ganger fra 2004 til 2021, men på ulike stasjoner. Stasjonene innerst i vannforekomsten, nærme flyplassområdet, har fått «dårlig» og «moderat» tilstand, mens stasjonene lenger ut i vannforekomsten i hovedsak har fått «god» til «svært god» tilstand.

- Vannforekomst *Lade – Midtsanden* strekker seg langs land fra Midtsanden til Ladekaia. Her har tilstanden vært «god» i perioden 2015-2021.

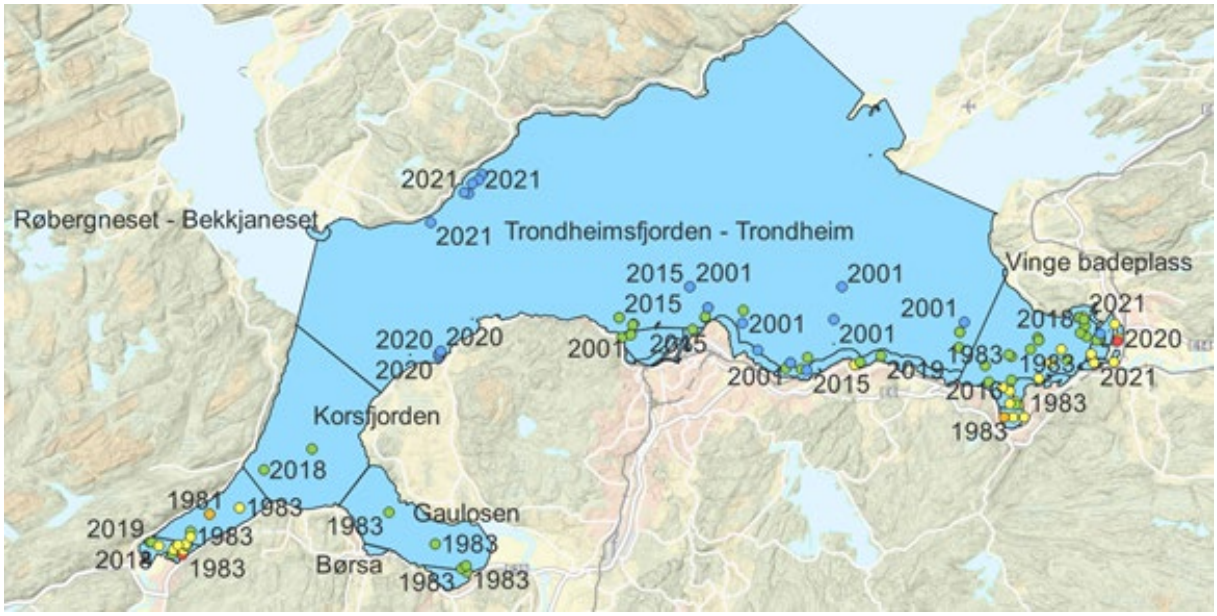
- Vest for Ladekaia ligger det flere små vannforekomster, bl.a. *Munkholmen – sør* og *Ladehammeren*, som begge har hatt «god» tilstand i hele perioden 1987-2015.

- *Korsfjorden* fikk «god» tilstand i både 1983 og 2018.

- I *Orkdalsfjorden* har tilstanden gått fra «dårlig» i 1981, til «moderat» i 1983, 2008 og 2012, og til «god» i 2018.

- Også i *Indre Orkdalsfjorden* har tilstand forbedret seg fra «moderat» i 1983 til «god» i perioden 2008-2019.

- *Gaulosen* ble undersøkt i 1983 og hadde da «god» tilstand. Én av stasjonene fra denne undersøkelsen lå i vannforekomst Buvika (også «god» tilstand).



Figur 7: Stasjoner som er undersøkt for bunnfauna i Trondheimsfjorden-Trondheim og sentrale områder.

Trondheimsfjorden – Agdenes og ytre strøk

- Vannforekomst Trondheimsfjorden – Agdenes strekker seg fra Stjørnfjorden i nord til Rødbergneset/Geitaneset i sør (Figur 8). Det er foretatt lite undersøkelser av bunnfauna i denne vannforekomsten, kun to stasjoner i Grønningsbukta og én stasjon i Sundsbukta i 2020. Alle stasjonene fikk «svært god» tilstand.

- Kvithyll havn er en liten vannforekomst sør for Sundsbukta, og her ble det også foretatt undersøkelser i 2020, som viste «svært god» tilstand.

- I Stjørnfjorden ble det foretatt undersøkelser i 2021, som samlet sett ga «svært god» tilstand.

- Grandvika utenfor Ørlandet ble a klassifisert til «god» tilstand i 2017.

- Vannforekomst Botn er en svært innelukket poll forbundet med Trondheimsfjorden utenfor via den svært smale og grunne Strømmen. Botn ble undersøkt i 2018 og fikk da «moderat» tilstand.



Figur 8: Stasjoner som er undersøkt for bunnfauna i Trondheimsfjorden - Agdenes og ytre strøk.

Tidstrender

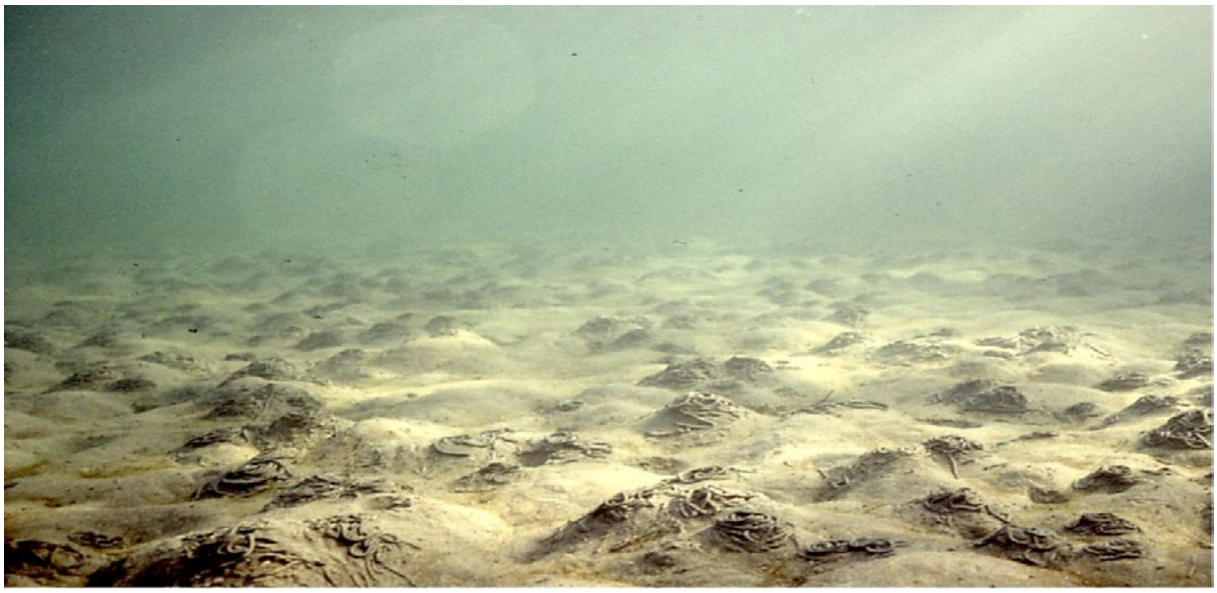
Det er ingen stasjoner med årlige tidsserier i Trondheimsfjorden, men noen stasjoner har blitt prøvetatt to eller flere ganger over en gitt tidsperiode (Tabell 3). Tilstanden har i hovedsak vært stabil og holdt seg «god» på alle stasjonene, eller har gått fra «moderat» til «god».

Vannforekomst	Periode	Utvikling i økologisk tilstand, stasjonsnivå
Haugsandgrunnen – Hestøygrunnen	1998-2021	God tilstand hele perioden
Indre Orkdalsfjorden	2008-2018	God tilstand hele perioden
Korsfjorden	2008-2018	Forbedring fra moderat til god tilstand
Lade – Midtsanden	2015-2018	God tilstand hele perioden
Ladehammeren	1987-2015	God tilstand hele perioden
Munkholmen – sør	1987-2015	God tilstand hele perioden
Orkdalsfjorden	2008-2018	Forbedring fra moderat til god tilstand
Stjørdalsfjorden	2011-2020	God tilstand hele perioden

Kunnskaps- og overvåkningsbehov og fremtidig utvikling

Mye av overvåkingen i Trondheimsfjorden har vært myndighetspålagt overvåking rettet mot kjente forurensningskilder. Slik overvåking er svært viktig, og har gitt god kunnskap om utviklingen i tilstand i spesifikke områder. Imidlertid er det lite kunnskap om øvrige områder i fjorden, og den mer generelle tilstanden og utviklingen. Dette er heller ikke godt nok dekket av den nasjonale overvåkingen. Det er derfor et behov for å igangsette overvåking også med henblikk på fjordens generelle utvikling. Fjordbassengene bør tas inn i en slik overvåking, hvor det pr. i dag er lite data. Det er også viktig at det etableres faste stasjoner som kan gi tidsserier på sikt.

Når man bruker bunndyr i miljøovervåking, gjelder dette først og fremst områder på relativt dypt vann (mer enn 10 m dyp). Det finnes også bløtbunnsområder i strandsonen (Figur 9). Disse områdene er ofte høyproduktive, og viktige næringsområder for fisk ved høyvann og fugl ved lavvann. Slike områder er samtidig utsatt for både tap av areal ved utbygging og mudring, økt avrenning og forurensning. Trondheimsfjorden har flere slike områder av stor verdi, slik som Grandefjæra og Tautra. Begge disse er Ramsar-områder, som betyr at de er ansett som særs viktige for fugler regionalt, nasjonalt og internasjonalt. I Grandefjæra har det pågått en del overvåking ettersom området er gjenstand for avrenning fra Ørlandet flybase (3). Andre gruntvannsområder har derimot ikke blitt overvåket på samme måte, og det er sparsomt med kvantitative data. En av årsakene til dette er at det ikke er utarbeidet noe system for tilstandsklassifisering av slike områder. Som vist i delkapitlet om fugl, viser flere sjøfugl



Figur 9: Grunt bløtbunnsområde med spor av fjæremark (*Arenicola marina*). Foto: Mats Walday, NIVA.

reduserte bestander, og en kopling mot gruntvannsområdene er viktig kunnskap i så måte. Grunne bløtbunnsomrråder bør derfor inkluderes i fremtidig overvåking.

Mens en rekke utslipp blir redusert og det har blitt igangsatt tiltak mht. forurensede sedimenter, vil effekt av klimaendringer neppe reverseres med det første. Både grunne og dype bløtbunnsområder vil være gjenstand for endret avrenningsmønstre og mer partikulært materiale i vannet. Selv om dette først og fremst vil ha en effekt på ålegress, makroalger og på plankton, vil også bløtbunnssamfunn kunne bli påvirket. Andre steder langs kysten har man sett en relativ økning i filtrerende arter, som er tolket som en respons på mer partikler i vannet (4). Mer organisk materiale i vannmassene kan også gi risiko for oksygensvinn i bunnvannet i fjordbassengene.

Det er viktig å være klar over at det ikke er noen direkte kobling mellom klima og tilstanden til bunnfaunaen målt gjennom dagens indeksapparat. Indeksene har først og fremst til hensikt å fange opp effekter av eutrofi og organisk belastning. En klimarespons vil være indirekte, for eksempel gjennom økt avrenning fra land. Det kan videre være vanskelig å identifisere tydelige årsakssammenhenger, siden en rekke andre faktorer kan ha den samme effekten, slik som urbanisering og avløp, avrenning fra jordbruk, oppdrettsnæring og industri mm (5). Påvirkningen av klimaet på bunnfaunaen kompliseres ytterligere av at responsen er tidsforskjøvet sammenliknet med de biologiske samfunnene på grunnere vann, slik som planteplankton- og makroalgesamfunn. For best mulig å detektere effekt av klimaendringer, bør man derfor gå bort fra dagens «eutrofiindikatorer», og søke å utvikle mer klimaspesifikke indikatorer.

Klimaendringer vil også føre til at mer sørlige arter etablerer seg lenger nord enn de gjør i dag. Videre kan introduserte (fremmede) arter lettere få fotfeste. Stillehavsøstersen er et slikt eksempel, og er en art som har spredd seg på grunne bløtbunnsområder langs Skagerrak-kysten og opp til Møre og Romsdal. Hittil er den ikke registrert i Trøndelag. Denne type endringer er viktig å overvåke, men er ikke godt nok fanget opp i dagens overvåking.

Referanser

1. **Fagerli, C.W., Staalstrøm, A., Trannum, H.C., Gitmark, J.K., Eikrem, W.** *ØKOKYST - DP Norskehavet Sør (II). Årsrapport 2017.* s.l. : Miljødirektoratet, 2018. Miljødirektoratet-rapport 1011.

2. **Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vanndirektivet.** *Veileder 02:218. Klassifisering av miljøtilstand i vann.* 2018.

3. **Trannum, H.C., Gitmark, J.K., Brklacic, M.S., Øxnevad, S., Næss, R.** *Miljøtilstand i Grandefjæra ved Ørland flystasjon, 2021.* s.l. : NIVA, 2021. 7683-2021.

4. **Trannum, H.C., Bekkby, T., Borgersen, G., m.fl.** *Økokyst - DP Nordsjøen. Årsrapport 2021.* s.l. : Miljødirektoratet, 2022. Miljødirektoratet-rapport M-2279, NIVA-rapport 7745-2022

5. **Borgersen, G., Trannum, H.C., Gundersen, H., Vedal, J.** *Oppdatering av bløtbunnsartenes sensitivitetsverdier.* . s.l. : NIVA, 2019. 7683-2021.

KAPITTEL 3: MAKROALGER

Forfattere: Maia Røst Kile, Trine Bekkby, Janne Kim Gitmark og Siri Røang Moy (NIVA)

Makroalgevegetasjonen i Trondheimsfjorden har vært undersøkt gjennom ulike prosjekter de siste 20 årene. I de fleste prosjektene har hovedfokuset vært å undersøke tilstanden i fjæra, men også stortare og sukkertare er blitt kartlagt.

Den økologiske tilstanden basert på fjæreundersøkelsene har stort sett vært god eller svært god i Trondheimsfjorden. Dette med unntak av Stjørdalsfjorden og området ved utløpet av Stjørdalselva, der tilstanden ble vurdert til henholdsvis moderat og dårlig.

Kun et fåtall av vannforekomstene i Trondheimsfjorden er undersøkt og mange av undersøkelsene er fra 2015 eller tidligere. Av den grunn anbefales det å utføre fjæresoneundersøkelser i flere av vannforekomstene hvor det ikke foreligger stasjoner, samt å gjenbesøke flere «eldre» stasjoner, for å få et bedre bilde av den økologiske tilstanden i Trondheimsfjorden. Basert på kartleggingen av tare anbefales gjenbesøk av flere områder for å kunne vurdere lokalitetens økologiske kvalitet samt å se på endringer i utbredelse.

Introduksjon

Makroalger er flercellede alger, hovedsakelig fastsittende, som finnes i sprøytsonen, fjæresonen og ned i sjøsonen. Makroalgene deles inn i tre grupper: rødalger, brunalger (som inkluderer tang og tare) og grønnalger.

Tangbeltet ligger i fjæresonen og øvre del av sjøsonen. Tang vokser på fjell og på løse steiner i hele fjæresonen og kan danne brede sammenhengende belter som skaper permanente samfunn av flerårige alge- og dyrearter. Tare danner ofte skoger på fjell og stein i sjøsonen. Vi finner tang, tare og andre makroalger langs hele Norges kyst. De store tareskogene dannes primært av stortare og sukkertare. Stortareskogene er inkludert på lista over forvaltningsrelevante naturenheter (1) fordi de er vurdert som truet i Norsk rødliste for naturtyper (2) (gjelder nordlig stortareskog) og fordi de har rødlistede arter knyttet til seg (gjelder både nordlig og sørlig stortareskog). Sukkertareskogene er inkludert på lista over forvaltningsrelevante naturenheter fordi de også er vurdert som truet i Norsk rødliste for naturtyper (gjelder både nordlig og sørlig sukkertareskog, (3;4) og fordi Norge har internasjonale forpliktelser knyttet til den sørlige sukkertareskog. Vi finner gjerne sukkertare i de mer bølgebeskyttede områdene (5), på fjell, blokk og stein, og stortare i de mer eksponerte områdene (på fjell og blokk).

Stortareskog er et tredimensjonalt system med stort mangfold av alger og dyr (6;7) og er blant

klodens mest produktive økosystemer (8). Tareskog bidrar også med økosystemtjenester som f.eks. mat- og råvareproduksjon, bølgedemping og karbonbinding og -lagring (9). De viktigste truslene inkluderer global oppvarming, eutrofiering og nedbeiting pga. kråkeboller (det siste skyldes mest sannsynlig overfiske) (10).

Marin vegetasjon (som ålegress, tang og tare) er mange steder nedslammet og overgrodd av fintrådige påvekstalger («lurv»), noe som er en indikator på eutrofi og er regnet som en viktig variabel for dårlig tilstand.

Arter responderer på endringer i miljøet på forskjellige måter. Endringer som er ugunstige for noen arter kan være gunstige for andre. Makroalger kan ikke flykte og må takle endringer i miljøet der de befinner seg. Det betyr at endret utbredelse, mengde eller skifte i forholdet mellom arter gir en indikasjon på at miljøet har endret seg på stedet. For eksempel vil utslipp av avløpsvann kunne gi endrete vekstforhold: En svak overkonsentrasjon av næringssalter kan virke gunstig på makroalgesamfunnet og medføre at artsrikheten øker (gjødslingseffekt). Høyere konsentrasjoner av næringssalter vil imidlertid gi redusert artsantall med dominans av noen få arter (11). Ofte vil det være små hurtigvoksende grønnalger og enkelte trådformete brunalger som øker i mengde og dominerer. De flerårige makroalgene blir lett overgrodd av de hurtigvoksende algene, noe som kan resultere i at forekomsten av flerårige makroalger, som f.eks. tang og tare, reduseres og etter hvert forsvinner. Artssammensetningen i fjæra vil gjenspeiler de samlede vekstforholdene (lokale og regionale) over de siste uker/måneder og år, og undersøkelser av makroalgesamfunnet er ofte benyttet for å vurdere tilstanden i et område. Fastsittende makroalger finnes i forskjellige soner fra øvre del av fjæresonen og ned til nederste voksedyp. Artssammensetning og sonering varierer med forhold som lys, temperatur, saltholdighet, bølgeeksponering, strøm, næringstilgang og biologiske interaksjoner som f.eks. beiting og konkurranse. Hvor dypt de fastsittende makroalgene vokser er avhengig av hvor langt ned sollyset går. Reduksjon i lysgjennomtrengelighet og dermed nedre voksegrense for alger har en klar sammenheng med graden av overgjødsling (11).

I Norge har vi per i dag to makroalgeindekser (Fjæreindeksen – RSLA/RSL og Nedre voksegrenseindeksen – MSMDI) som benyttes i forskjellige regioner og vanntyper til å klassifisere økologisk tilstand (11). I region «Norskehavet Sør», som inkluderer Trondheimsfjorden, er det foreløpig kun utviklet klassegrenser for fjæreindeksen (RSLA/RSL; (11)). Basert på artslister og den fysiske beskrivelsen av fjæresonen beregnes en nEQR-verdi (Normalisert Ecological Quality Ratio). nEQR-verdien varierer fra 0 (Svært Dårlig) til 1 (Svært God) (Tabell 1).

Tabell 1: Klassegrenser for EQR og nEQR-verdiene for fjæreindeksen RSLA/RSL (11).

nEQR-verdi	0,8-10	0,6-0,8	0,4-0,6	0,2-0,4	0-0,2
Tilstand	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig

Erfaringer har vist at eutrofieffekter kan forekomme i sjøsonen samtidig som fjæreindeksen gir god tilstand, og i 2017 ble det laget et forslag til en ny indeks (komboindeksen) som baserer seg på vurderinger av makroalgenes tilstand i fjæra og i sjøsonen (9). I 2022 er det foretatt en evaluering av indeksen, hvor data hentet inn fra programperioden for ØKOKYST 2017-2020 ble

benyttet (12). Det ble anbefalt at komboindeksen revideres og at mer data må samles inn før det igjen evalueres om indeksen kan inkluderes i klassifiseringsveilederen (12).

Kunnskapsgrunnlaget

Gjennom flere tiår er det gjennomført kartlegging og overvåking av makroalgesamfunn i Trondheimsfjorden. Sentrale prosjekter i området har blant annet vært:

- ØKOKYST-programmet, nasjonalt program for kystovervåking (13;14)
- Tiltaksrettet overvåkning i Beitstadfjorden for MM Karton (15;16;17)
- Miljøtilstand i Grandefjæra ved Ørland flystasjon (18;19)
- Overvåking i Nordre Fosen vannområde (20)
- Basisovervåking av kystvann – Trøndelag (21)
- Stasjonsoversikt og koordinater for fjæreundersøkelsene er presentert i **Vedlegg 3.1**.

Økologisk tilstand basert på makroalgevegetasjonen i fjæra (fjæreindeksen) er hentet fra vannmiljø, NIVAs interne hardbunnsdatabase og relevante rapporter. For enkelte stasjoner hvor det ikke er registrert økologisk tilstand, er fjæreindeksen beregnet der hvor undersøkelsene er utført i hht. Veileder 02:2018 (11). Dvs. minimum 8 m strandlinje kartlegges, fra sprøytesonen til øvre del av sjøsonen. Stasjonens fysiske forhold må også ha blitt notert slik at man kan gi en verdisetting av fjæra (fjærepotensial).

På en del av stasjonene er undersøkelsene utført med en metodikk som gjør at fjæreindeksen ikke kan beregnes.



Figur 1: Gjennomføring av fjæresoneundersøkelse (foto: J. Gitmark v/NIVA)

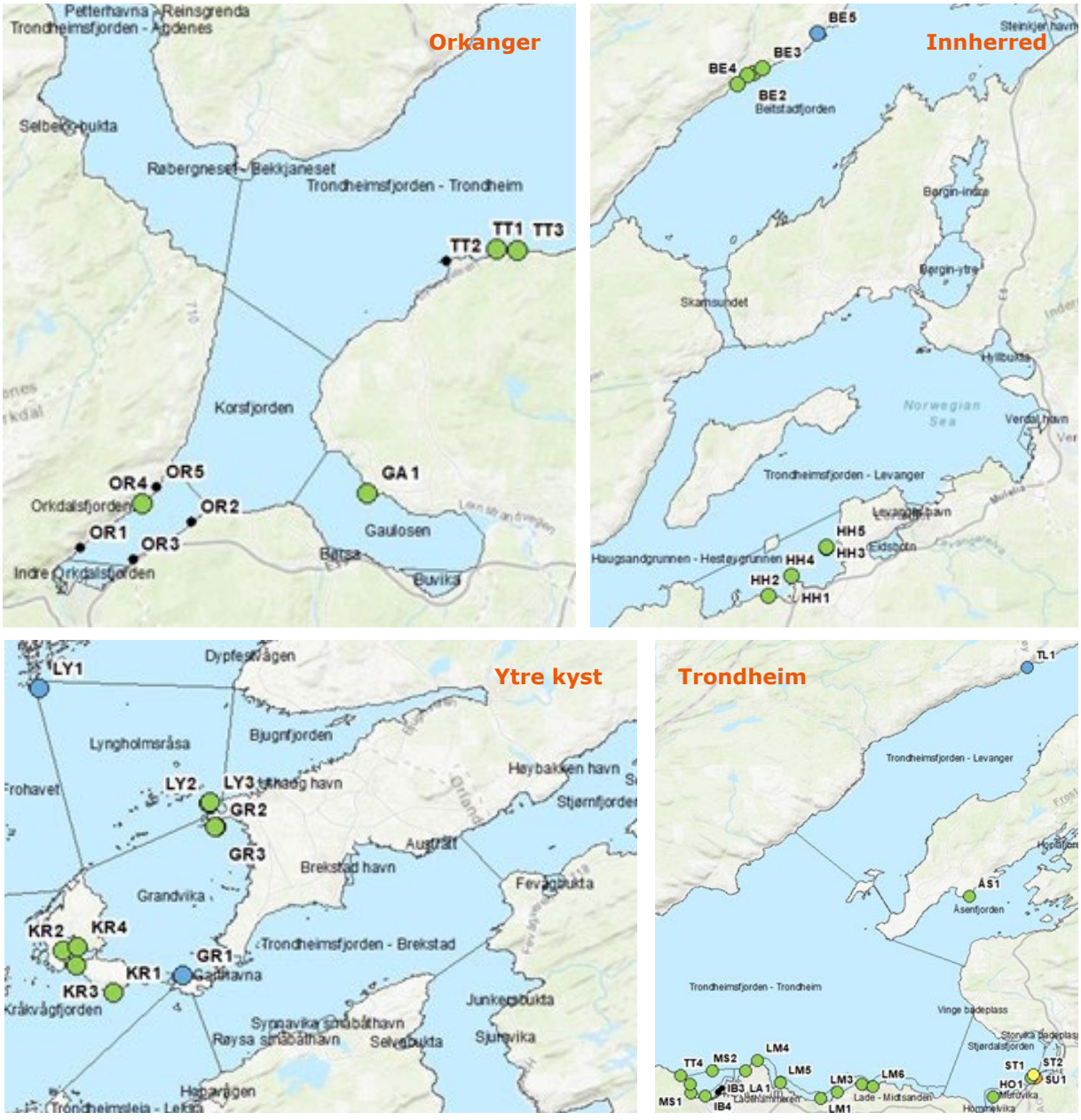
Tareskog har blitt kartlagt som en del av Nasjonalt program for kartlegging av biologisk mangfold (22), (23). Dette omfatter punktregistreringer av tetthet for stortare og sukkertare i 2009/2010. I samme tidsrom ble også mengden påvekstalger kartlagt. Påvekstalgene er registrert på en måte som harmoniserer med det som også gjøres for ålegress i hht. vannforskriften (11). Det betyr at mengde påvekstalger registreres i tetthetsklasser på samme måte for tare som det gjøres for ålegress.

For makroalgevegetasjonen i sjøsonen finnes det per i dag ingen gjeldende indeks for økoregion «Norskehavet Sør», men registreringer i sjøsonen vil likevel gi nyttig informasjon.

Tilstand og utvikling

Klassifisering av økologisk tilstand i fjæra

Fjæresoneundersøkelsene presentert i denne rapporten er prøvetatt over en 20-års periode (2001 - 2021) på 50 stasjoner fordelt på 18 vannforekomster. Komplette artslister fra samtlige undersøkelser er presentert i **Vedlegg 3.2** og **Vedlegg 3.4-3.11**. Økologisk tilstandsklassifisering ble gjennomført på 42 av stasjonene og i 18 av vannforekomstene, der metodikken var iht. veilederen (11).



Figur 2: Kart som viser økologisk tilstand basert på fjæreindeksen for makroalger. På stasjonene der det er data fra flere år er den nyeste klassifiseringen inkludert. Stasjonene som ikke er klassifisert, er ikke prøvetatt iht. veilederen (11).

Av de 18 undersøkte vannforekomstene oppnådde 16 miljømålet gitt i vannforskriften om god eller svært god tilstand, mens én ble klassifisert til moderat og én til dårlig tilstand (**Vedlegg 3.3**). Dette gjaldt vannforekomstene «Stjørdalselva nytt utløp» og «Stjørdalsfjorden», som begge ble undersøkt i 2019 og som ble klassifisert til henholdsvis dårlig og moderat tilstand.

Går vi ned på stasjonsnivå ser vi samme tendens. Figur 2 viser kart over økologisk tilstand basert på fjæreindeksen for makroalger. På stasjonene der det er data fra flere år er den nyeste klassifiseringen inkludert. De fleste stasjonene er klassifisert til god eller svært god tilstand, mens et fåtall er klassifisert til moderat eller dårlig tilstand (**Vedlegg 3.3**).

For 12 av de undersøkte vannforekomstene har vi tidsserier, med overvåkingsdata fra opptil sju år, men i flere tilfeller er det opprettet nye overvåkingsstasjoner i samme vannforekomst, noe som gjør at en direkte sammenligning blir vanskelig (**Vedlegg 3.3**). Nedenfor pekes det på tidstrender for nevnte vannforekomster.

- Følgende vannforekomster er klassifisert til god tilstand alle undersøkte år: Ilabassenget og Brattøra, Ilsvika, Kråkvågfjorden, Ladehammeren, Beitstadfjorden, Grandvika, Lade – Midtsanden og Munkholmen sør.

- Følgende vannforekomster har forbedret tilstand fra god til svært god tilstand: Trondheimsfjorden – Levanger og Haugsandgrunnen – Hestøygrunnen.

- En forverring av tilstand fra svært god til god er observert i vannforekomstene Lyngholmsråsa og Trondheimsfjorden – Trondheim.

Rødlistede arter

Norsk rødliste for arter 2021 er en oversikt over arter som står i fare for å dø ut (Artsdatabanken 2021, 24. november). I Trondheimsfjorden er det registrert spredte forekomster av rødalgen *Ceramium deslongchampsii* (Figur 3) på to stasjoner i vannforekomst Lade-Midtsanden (LM2 og LM6; Figur 5). Denne arten regnes som nær truet i henhold til Norsk rødliste for arter 2021 fordi det er få kjente forekomster og populasjonsstørrelsen er lite kjent. I 2015 endret status seg fra sterkt truet til nært truet på grunn av flere registreringer og fordi den mest sannsynlig er oversett (24).



Figur 3: Bilde av den rødlistede arten *Ceramium deslongchampsii* (foto: Seaweed of Canada – WordPress.com).

Fremmede arter

Fremmedartslista 2018 er en oversikt over arter som har spredt seg eller kan spre seg utenfor sitt naturlige område og hvilken økologisk risiko en art kan ha for naturmangfoldet i Norge (25). I de tidligere undersøkelsene i Trondheimsfjorden er det registrert tre arter som regnes som fremmede. Dette er rødalgene krokbærer (*Bonnemaisonia hamifera*) og japansk sjølyng (*Dasysiphonia japonica*) samt grønnalgen pollpryd (*Codium fragile*) (26).

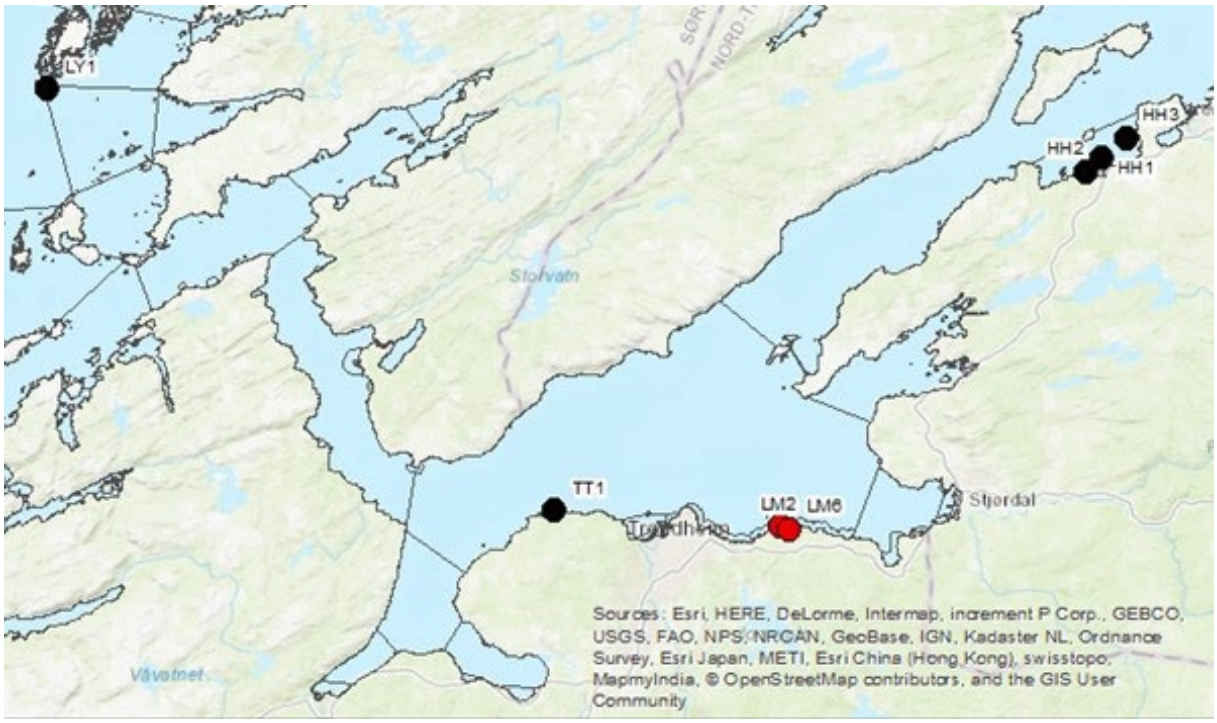


Figur 4. Bilde av fremmede arter. A. Pollpryd (foto: J. Gitmark v/NIVA), B. Japansk sjølyng (foto: Cryptogamic botany company) og C. Krokbærer (foto: Seaweeds.uib.no)

De første registreringene av rødalgen krokbærer var gjort tidlig på 1900-tallet (1902 og 1907) og er i dag en vanlig art å finne langs Norges kyst. I tidligere undersøkelser er den registrert med vanlig forekomst ved to stasjoner i vannforekomsten «Haugsandgrunnen – Hestøygrunnen» (HH3 og HH2), og kun med spredt forekomst eller mindre på fire stasjoner (Figur 5). Denne arten er vurdert til å ha svært høy risiko (SE) på grunnlag av at den har mulighet til å spre seg raskt og hindre reetablering av sukkertare som er på norsk rødliste for naturtyper 2011 (27).

Japansk sjølyng ble først registrert på Vestlandet i 1996 og har videre spredt seg sørover og inn i Oslofjorden samt nordover til Trondheimsfjorden. Den har i tidligere undersøkelser blitt registret med spredt forekomst på to stasjoner i vannforekomst «Lade-Midtsanden» (LM2 og LM6, Figur 5). Den er vurdert til å ha svært høy risiko (SE) med stort invasjonspotensiale og høy økologisk effekt. Sammen med krokbærer har den potensiale til å kunne hindre etablering av sukkertare (28).

Det er registrert funn av pollpryd tilbake til 1930-tallet og den er i dag vanligst i Sør-Norge og på Vestlandet, men har også spredt seg nordover til Nord-Troms og sørøst til Oslofjorden. I de tidligere undersøkelsene er arten registrert som enkeltfunn på en stasjon i vannforekomst Haugsandgrunnen – Hestøygrunnen og en stasjon i vannforekomst Lyngholmsråsa (HH3 og LY1,Figur 5). Ifølge fremmedartlista 2018 har pollpryd svært høy risiko (SE) med stort invasjonspotensiale og høy økologisk effekt (29).



Figur 5: Kart som viser stasjonene der fremmede arter og rødlista arter er registrert. Kartet er inndelt i vann-forekomster.

Situasjonen i tareskogen

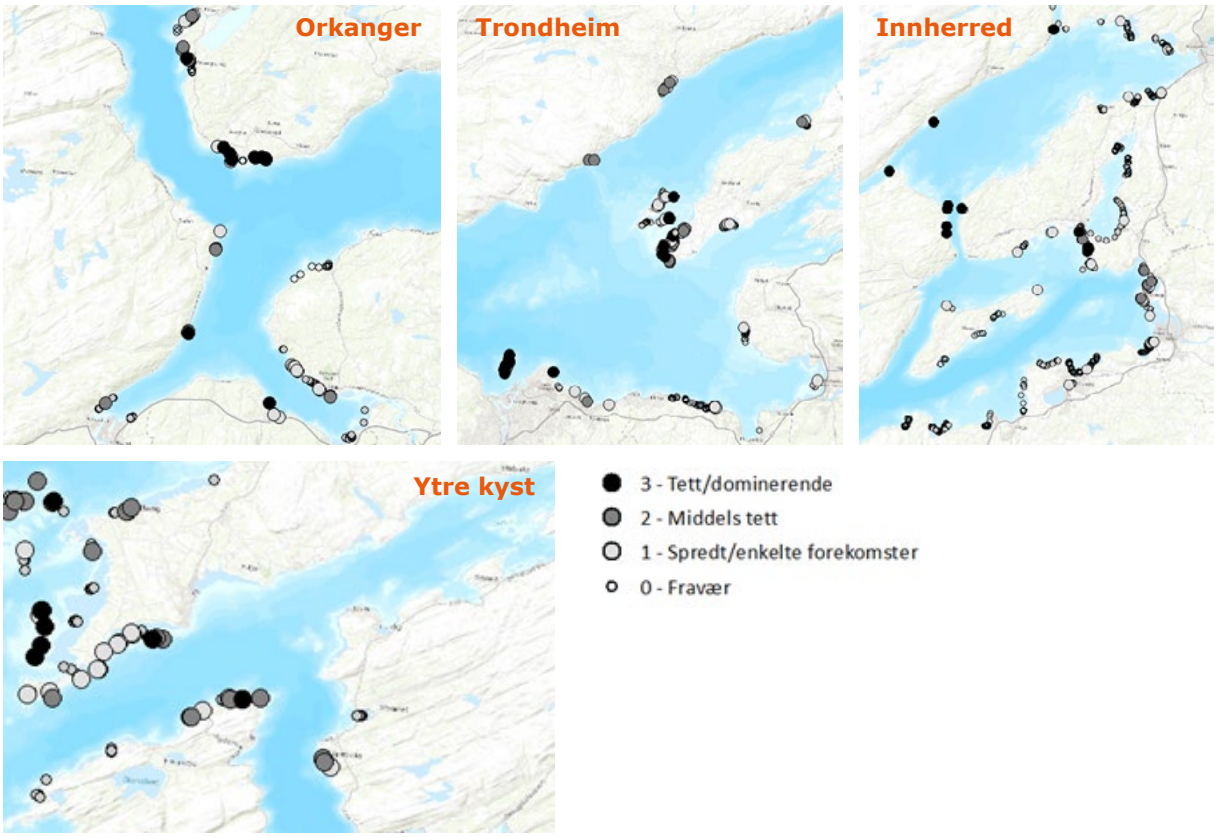
Tareskog er definert som områder der taren står relativt tett (definert som middels tett og tett i Nasjonalt program for kartlegging av biologisk mangfold - kyst, (1)). Vi har gått gjennom alle registreringene (punktene) på tare som NIVA har samlet inn, og som ligger til grunn for modelleringen, avgrensingen og verdisettingen av forekomstene som ligger i Naturbasen. Tabell viser antall punkter, nedre voksegrense og andelen av punktene som har ulike tettheter for både sukkertare og stortare.

Figur 6 og Figur 7 viser kart over tettheten av sukkertare og stortare for hver enkelt punktregistrering. Vi finner generelt størst andel sukkertare innerst i fjorden, i den mer bølgebeskyttede delen, og størst andel stortare mot ytre og mer bølgeeksponert del (data på stortare mangler i området Ytre kyst). For både sukkertare og stortare øker antall punkter med middels tett og tette forekomster når man går fra Indre område (Innherred) og ut mot kysten.

Nedre voksegrense for sukkertare øker også mot ytre del, men det er ikke stor forskjell mellom de indre (Innherred) og midtre delene (Trondheim og Orkanger), der nedre voksegrense varierte mellom 4,1 og 5,9 meter. Først i Ytre kyst øker nedre voksegrense betraktelig, til 25,6 m. For stortare ser vi ikke det samme, selv om det er en liten forskjell (ca. 2 meter) mellom Innherred og områdene litt lenger ut i fjorden.

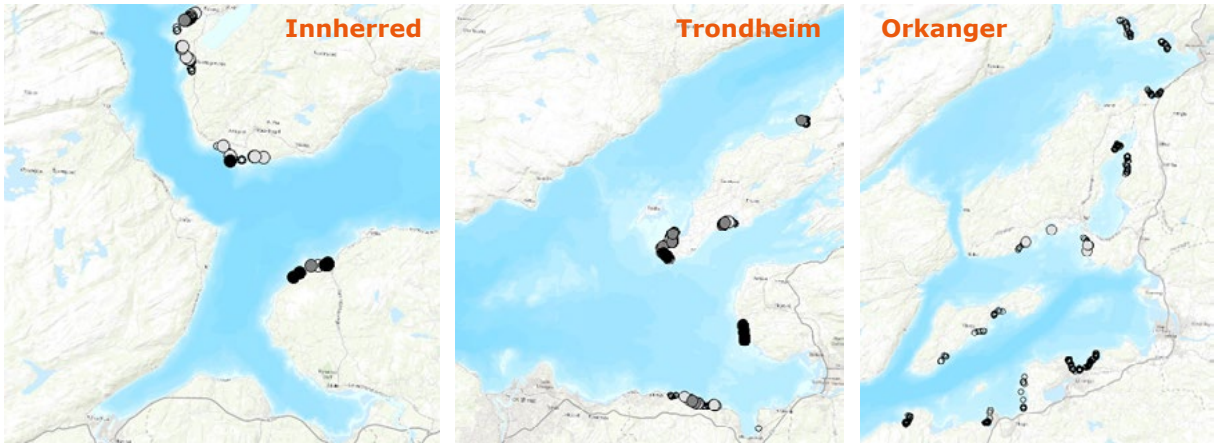
Tabell 2: Nedre voksgrense, totalt antall punkter og prosentandelen av punktene med ulik tetthet av tare (fra kartlegging i 2009/2010). Prosenttallet er beregnet kun for de punktene som har tilstedeværelse av tare, og ikke alle punkter inkludert fravær. Dette for å unngå at store mengder og ubalanse i antall med 0-verdier overstyrer %-andelene.

	Periode	% Tett tare	% Middels tett tare	% Spredt og enkeltindivider, tare	Nedre voksegrense
SUKKERTARE					
Innherred	21	10	24	67	4,1
Trondheim	58	7	19	74	5,4
Orkanger	28	7	21	71	5,9
Ytre kyst	62	3	39	48	25,6
STORTARE					
Innherred	6	0	0	100	2,8
Trondheim	70	10	34	56	4,9
Orkanger	43	14	7	79	4,5
Ytre kyst	Data mangler				



Figur 6: Tettheten av sukkertare. Noen punkter kan ligge skjult under andre, men de punktene med høyest tetthet av tare ligger alltid plassert øverst for å synliggjøre den beste tilstanden.

At vi ikke finner stortare dypere enn 4,9 meter er mest sannsynlig mangel på egnet substrat. Stortare krever fjell og blokk for å kunne vokse, og i Trondheimsfjorden finner vi gjerne små stein, grus og sediment i områder som ellers, ut fra lysforholdene, egner seg for tare. Dette gjør disse områdene uegnet for stortare. Sukkertare kan vokse på mindre stein, noe som nok forklarer hvorfor vi finner sukkertare på dypere vann enn stortare. Dette er noe vi ser flere steder langs norskekysten, og som gjør at det ofte kan være vanskelig å finne «ekte» nedre voksegrense, det vil si der nedre voksegrense styres av lys (og dermed vannkvalitet) og ikke tilgjengeligheten av substrat.



Figur 7: Tettheten av stortare. Noen punkter kan ligge skjult under andre, men de punktene med høyest tetthet av tare ligger alltid plassert øverst for å synliggjøre den beste tilstanden. Det foreligger ingen data på stortare for Ytre kyst. (Se figur 6 for tegnforklaring)

Påvekstalger

Påvekstalger ble registrert i forbindelse med kartlegging av stortare og sukkertare. Datasettet er derfor noe ufullstendig, da man også kan finne påvekstalger på annen type vegetasjon, samt fintrådige alger liggende på bunnen eller flytende som matter. Likevel mener vi at dette gir en antydning om tilstanden i fjorden. På de fleste stedene der det ble funnet tare med påvekstalger, var tettheten av påvekstalger lav, med registreringer av enkeltplanter eller spredte forekomster. I en del områder var forekomsten av påvekstalger middels, mens det kun i få områder ble registrert høye tettheter (Tabell 3).

Tabell 3: Totalt antall punkter og prosent av punktene med ulik mengde (tetthet) av påvekstalger (fintrådige alger, «lurv») fra kartlegging i 2009/2010. Prosenttallet er beregnet for kun de av punktene som har påvekstalger.

	Antall punkter med påvekstalger	% tett	% middels tett	% spredt og enkeltplanter
Innherred	48	2	35	63
Trondheim	12	8	42	50
Orkanger	6	0	0	100
Ytre kyst			Data mangler	

Kunnskaps- og overvåkningsbehov

Fjæresonen

Det er til sammen 59 vannforekomster i Trondheimsfjorden, og det er funnet informasjon om makroalgevegetasjonen i fjæra i 15 av disse (Tabell 4). Den vanligste vanntypen i Trondheimsfjorden er «beskyttet kyst/fjord» (H3), etterfulgt av «ferskvannspåvirket beskyttet fjord» (H4), og det er også gjort flest undersøkelser i disse vanntypene. I tillegg er det inkludert tre vannforekomster like utenfor Trondheimsfjorden, som har vanntype «moderat eksponert kyst/fjord», hvor det foreligger flere nyere undersøkelser (bl.a. (20) og (19)).

Tabell 4: Antall vannforekomster i Trondheimsfjorden sortert etter vanntype, antall vannforekomster og totalt antall stasjoner, hvor det er gjort makroalgeregisteringer i fjæresonen. Det er inkludert tre vannforekomster (merket*) like utenfor Trondheimsfjorden da det foreligger flere nye undersøkelser derfra.

Vanntype-kategorier i Trondheimsfjorden	Antall vannforekomster i fjæresonen	Antall vannforekomster hvor det er gjort makroalgeregistreringer	Totalt antall stasjoner som er undersøkt
H2 - Moderat eksponert kyst/fjord	0	3*	10*
H3 - Beskyttet kyst/ fjord	37	9	29
H4 - Ferskvannspåvirket beskyttet fjord	14	5	9
H5 - Sterkt ferskvannspåvirket beskyttet fjord	3	1	1
H6 - Naturlig oksygenfattig fjord	3	0	0
H7 - Strømrikt sund	2	0	0

Det er 34 vannforekomster i Trondheimsfjorden hvor vi ikke har funnet data på makroalgevegetasjon i fjæresonen. Over halvparten av vannforekomstene som er undersøkt ble sist undersøkt i 2015 eller tidligere (**Vedlegg 3.2** og **Vedlegg 3.4-3.11**). Det anbefales derfor å utføre fjæresoneundersøkelser i hht. Veileder 02:2018 (11) i flere av vannforekomstene hvor det ikke foreligger stasjoner, samt å gjenbesøke flere «eldre» stasjoner, for å få et bedre bilde av den økologiske tilstanden i Trondheimsfjorden. Det anbefales å få en bedre spredning av overvåkingsstasjoner i Trondheimsfjorden, som i større grad dekker de ulike vanntypene samt de ulike områdene i fjorden. Per i dag mangler det blant annet data fra ytre del av Trondheimsfjorden, fra Stadsbygd og utover, ett området som består av 19 vannforekomster. Videre er det lite data fra indre del av Trondheimsfjorden, innenfor Leksvik, som består av 17 vannforekomster. En bedre dekning også i disse områdene er derfor å anbefale.

Sjøsonen

Undersøkelser i forbindelse med utprøving av en mulig ny makroalgeindeks (komboindeksen) har vist at det kan være høye forekomster av trådformete alger i sjøsonen, som kan være en indikasjon på eutrofi, selv om tilstanden i fjæra er god (12). Det forekommer også at vegetasjonen i sjøsonen nærmest er totalt nedbeitet av kråkeboller, mens tilstanden i fjæra er god (12). Det anbefales derfor at det gjøres undersøkelser i sjøsonen, i forbindelse med fjæresoneundersøkelser, selv om det per i dag ikke foreligger en indeks for makroalgevegetasjonen i sjøsonen.

Gjenbesøk av tarestasjoner

Vi foreslår å følge opp de registrerte forekomstene av tare i Trondheimsfjorden for å se om utbredelse, tetthet, nedre voksegrense og mengden påvekstalger har endret seg siden data ble samlet inn i 2009/2010. Vi foreslår at det lages en plan for å gjenbesøke punkter med tare for å se om de fortsatt er der, kanskje med ekstra fokus på de områdene som tidligere hadde tette og middels tette forekomster av tare (som er det som kalles tareskog), med mål om å sjekke om disse fortsatt er der eller om de har blitt redusert. Med nye data på nedre voksegrense, tetthet av tare, mengden påvekstalger og utstrekning vil vi kunne få informasjon som er viktig for å definere lokalitetenes økologiske kvalitet.

En overvåkingsplan bør lages på bakgrunn av eksisterende punkter, og kunnskap om sannsynlig utbredelse, hentet fra modeller over området (30). Etter at man har fått en oversikt over mulige endringer fra 2009/2010 kan man lage en videre plan for overvåking av tare i området.

Noen områder har pekt seg ut som spesielt interessante med tanke på både tareskog og påvekstalger (som har de høyeste tetthetene av tare):

- Innherred-området: Sund utenfor Straumen og Skarnsundet og området innenfor
- Trondheim-området: området ved Svaet og Tautra, inkludert Haugfjæra, Skulsvikbukta, Nordfjærebukta, Skjervauran, Vikhammer og gruntområdet rundt Munkholmen
- Orkanger-området: Rye i Korsfjorden, Rødberget ved Stadsbygd, Kvithylla ved Rissa og Haugnes i Orkdalsfjorden
- Ytre kyst: Utenfor Ørlandet

Referanser

1. **Bekkby, T., et al.** *Forslag til forvaltningsrelevante marine naturenheter, NIVA-rapport 7672.* s.l. : NIVA, 2021.

2. **Gundersen, H., et al.** Stortareskog i Norskehavet og Barentshavet, Marint gruntvann. Norsk rødliste for naturtyper 2018. *Artsdatabanken.* [Internett] 2018. https://artsdatabanken.no/RLN2018/343.

3. —. Sukkertareskog i Norskehavet og Barentshavet, Marint gruntvann. Norsk rødliste for naturtyper 2018. *Artsdatabanken*. [Internett] 2018. https://artsdatabanken.no/RLN2018/343.

4. —. Sukkertareskog i Nordsjøen og Skagerrak, Marint gruntvann. Norsk rødliste for naturtyper 2018. *Artsdatabanken.* [Internett] 2018. https://artsdatabanken.no/RLN2018/342.

5. **Bekkby, T. og Moy, F.** Developing spatial models of sugar kelp (Saccharina latissima) potential distribution. *Est Coast Shelf Sci.* 2011, Vol. 95:477-83.

6. **Christie, H., et al.** Species distribution and habitat. *J Mar Bio Ass UK.* 2003, Vol. 83: 687-699.

7. **Steneck, R. S., et al.** Kelp forest ecosystems: Biodiversity, stability, resilience and future. *Environmental Conservation.* 2002, Vol. 29(4), 436– 459.

8. **Abdullah, M.I. og Fredriksen, S.** Production, respiration and exudation of dissolved organic matter by the kelp. *Journal of the Marine Biological Association.* 2004, s. 84: 887.

9. **Gundersen, H., Walday, M.G., Gitmark, J.K, Bekkby, T., Rinde, E. Syverud, T.H., Fagerli, C.W., Vedal, J., Tveiten,L.A., Christie, H., Moy, F.E.** *Nye klassegrenser for ålegress og makroalger i vannforskriften.* s.l. : Miljødirektoratet-rapport; M-788., 2017.

10. **Norderhaug, K.M., et al.** Depletion of coastal predatory fish sub-stocks coincided. *Ambio.* 2021, Vol. 50: 163-173.

11. **Direktoratsgruppen for gjennomføring av vannforskriften.** *Veileder 02:2018: Klassifisering av miljøtilstand i vann.* 2018.

12. **Fagerli, C.W., Gitmark, J.K., Gundersen, H., Kile, M.R., Moy, S., Walday, M.** *Evaluering av komboindeksens egenhet for tilstandsklassifisering av makroalger i sjøsonen.* s.l. : NIVA-rapport 7695-2022, 2022.

13. **Fagerli, C. W., Staalstrøm, A., Trannum, H. C., Gitmark, J. K., Eikrem, W.** *ØKOKYST – DP Norskehavet Sør (II). Årsrapport 2017.* s.l. : Miljødirektoratet-rapport 1011, 2018.

14. **Fagerli, C.W., Trannum, H., Golmen, L., Eikrem, W., Mengeot, C.** *Økokyst – DP Norskehavet Sør (II). Årsrapport 2020*. s.l. : Miljødirektoratet-rapport; M-1968., 2021.

15. **Walday, M., Brkljacic, M., Gitmark, J., Trannum, H.** *Tiltaksrettet overvåking i Beitstadfjorden for MM Karton FollaCell AS*. s.l. : NIVA-rapport 6992-2016, 2016.

16. **Borgersen, G., Gitmark, J.K. og Håvardstun, J.** *Tiltaksorientert overvåkning i Beitstadfjorden for MM Karton FollaCell AS og SalMar Settefisk AS NIVA-rapport 7351-2019*. s.l. : NIVA, 2019.

17. —. *Tiltaksorientert overvåkning i Follafoss havneområde og Beitstadfjorden i 2021 for MM FollaCell AS og SalMar Settefisk AS. NIVA-rapport 7712-2022.* s.l. : NIVA, 2022.

18. **Øxnevad, S., Trannum, H.C., Næss, R., Green, N.W., Moy, S., Borgersen, G., Gitmark, J., Håvardstun, J.** *Redegjørelse for miljøtilstanden i Grandefjæra ved Ørland Flystasjon.* s.l. : NIVA-rapport 7221-2017, 2017.

19. **Trannum, H.C., Gitmark, J.K., Brkljacic, M.S., Øxnevad, S., Næss, R.** *Miljøtilstand i Grandefjæra ved Ørland flystasjon, 2021*. s.l. : NIVA-rapport 7683-2021, 2021.

20. **Johnsen, T.M., Gitmark, J., Håvardstun, J.** *Nordre Fosen Vannområde – marine undersøkelser av miljøtilstand i utvalgte vannforekomster 2014-16*. s.l. : NIVA rapport 7166-2017, 2017.

21. **Pedersen A., Borgersen G., Folkestad A., Johnsen T.M., Norling K., K. Sørensen.** *Basisovervåking av kystvann – Trøndelag. Foreløpige resultater etter ett års undersøkelser i 2011.* s.l. : NIVA rapport 6415-2012, 2012.

22. **Bekkby, T., Moy, F.E., Olsen, H., Bodvin, T., Grefsrud, E.S., Espeland, S.H., Bøe, R., Rinde, E.** *Nasjonal kartlegging av biologisk mangfold - kyst. Diskusjon og forslag til revidering av kriterier for verdisetting av marine naturtyper og nøkkelområder.* s.l. : NIVA-rapport 6446, 2012.

23. **Bekkby, T., Rinde, E., Espeland, S.H., Olsen, H., Thormar, J., Grefsrud, E.S., Bøe, R., Brandt, C.F., Moy, F.E.** *Nasjonal kartlegging - kyst 2019. Ny revisjon av kriterier for verdisetting av marine naturtyper og nøkkelområder for arter.* s.l. : NIVA-rapport 7454, 2020.

24. **Husa V, Eilertsen M, Langangen A, Schneider S og Steen H.** *Alger: Vurdering av Ceramium.* s.l. : Artsdatabanken., 2021.

25. **Artsdatabanken.** *Fremmedartslista 2018. Hentet (06.05.2022)* . 2018.

26. —. *Fremmedartslista 2018. Hentet (06.05.2022)* . 2018.

27. **Husa V, Fredriksen S og Sjøtun K.** *Bonnemaisonia hamifera, vurdering av økologisk risiko.* s.l. : Artsdatabanken. Hentet (2022, 16. mai), 2019.

28. —. *Dasysiphonia japonica, vurdering av økologisk risiko.* s.l. : Artsdatabanken. Hentet (2022, 16. mai), 2018.

29. —. Codium fragile, vurdering av økologisk risiko. Fremmedartslista. s.l. : Artsdatabanken. Hentet (2022, 16. mai) fra https://www.artsdatabanken.no/fab2018/N/738, 2018.

30. **Frigstad H, Gundersen H, Andersen GS, Borgersen G, Kvile KØ, Krause-Jensen D, Boström C, Bekkby T, d'Auriac MA, Ruus A, Thormar J, Asdal K, Hancke K.** *Blue Carbon - climate adaptation, CO2 uptake and sequestration of carbon in Nordic blue forests. Results from the Nordic Blue Carbon Project.* s.l. : TemaNord 2020:541, dx.doi.org/10.6027/temanord2020-541, 2021.

31. **Bekkby T, Rinde E, Kvile KØ, Brkljacic MS, Buhl-Mortensen P, Thormar J, Mjelde M, Gitmark JK, Moy SR, Schneider S, Oug E.** *Forslag til metodikk for å vurdere økologisk kvalitet for lokaliteter.* s.l. : NIVA-rapport, Under arbeid.

32. **www.Lovdata.no.** Vannforskriften. s. Kap. 1.3.4.

33. **Artsdatabanken.** *Norsk rødliste for arter 2021.* 2021, 24. november.

KAPITTEL 4: ÅLEGRASENGER

Forfattere: Kristina Øie Kvile, Trine Bekkby og Eli Rinde (NIVA)

Ålegrasenger huser et rikt biologisk mangfold og bidrar med en rekke økosystemtjenester, inkludert opptak og lagring av klimagasser. Vi finner ålegrasenger på grunn bløtbunn i flere områder i Trondheimsfjorden. Et stort antall enger ble kartlagt i 2009/2010, men kun et fåtall har vært gjenbesøkt etter dette. For engene som ble gjenbesøkt 2016 eller 2021 har den økologiske tilstanden vært relativt stabil de siste ti årene, med tilstandsklasse moderat eller dårlig.

Årsaken til tilstanden i engene er usikker, siden miljøforholdene ikke har vært overvåket. Vi har heller ikke god nok kunnskap om referansetilstanden i fjorden, men den nedre voksegrensen til ålegraset er betydelig lavere (0,7-3,6 m) enn referansetilstanden (7 m). I tillegg er tettheten av engene mindre og det er mer begroingsalger enn det burde være. Dette kan skyldes avrenning fra elver og landområder som gir dårlige lysforhold. Nedbygging og endring i strandsonen kan også forstyrre ålegrasengene. En del av engene ser ut til å ha blitt mer fragmentert slik at vi har fått flere, mindre enger. Årsaken til dette er ukjent. Generelt trues ålegrasenger av bl.a. økt havtemperatur, overgjødsling og forhøyet tilsig av sedimenter (som gir formørking), overfiske og utbygging i strandsonen.

For å fange opp endringer i denne viktige naturtypen i Trondheimsfjorden anbefales det å overvåke engene for å følge med på eventuelle endringer, samt kartlegge utbredelse i tillegg til tetthet og nedre voksedyp. Vi anbefaler også å ta vannprøver ved engene for å få bedre forståelse av hvordan de lokale miljøforholdene påvirker engene og hvor det eventuelt er viktig å sette inn tiltak.

Introduksjon

Ålegrasenger er marine undervannsenger som finnes i tempererte områder på den nordlige halvkule. I Norge er det hovedsakelig arten 'vanlig ålegras' (*Zostera marina*, Figur 1) som danner marine undervannsenger (1). Ålegraset vokser på bløtbunn, dvs. på sand, mudder og leire. Vi finner ålegrasenger langs hele norskekysten, i relativt bølge-beskyttede og flate eller svakt skrånende områder fra ca. 0,5 m dyp. Det nedre voksedypet, dvs. hvor dypt vi finner ålegras, varierer mye og er avhengig av de lokale lysforholdene, og den dypeste observasjonen i Norge er funnet på ca. 10 m på Vestlandet (2). Det samlede arealet for ålegrasenger i Norge er beregnet til å være ca. 60 km^2 (3).

Vanlig ålegras er en flerårig blomsterplante som har utviklet seg fra landplante til livet i saltvann. Ålegras skiller seg fra tang og tare ved at de har et rotsystem nede i sedimentet som fungerer både til å forankre planten og til næringsopptak. Plantene spres vegetativt via

røttene eller gjennom kjønnet formering via spredning av frø. Løsrevne frøplanter kan bidra til frøspredning langt fra plantens opprinnelige voksested. Bladveksten er høyest i løpet av sommeren når det er rikelig lystilgang, og bladene kan variere i lengde fra noen få desimeter til 1-2 meter (4). På vinteren vil bladene oftest reduseres eller forsvinne, men nye blad gror opp igjen fra røttene den påfølgende våren.

Ålegraset kan danne store eller små enger som har en viktig økologisk funksjon. Engene danner en tre-dimensjonal struktur som skaper livsgrunnlag og leveområder for en rekke alger og dyr. Ålegrasenger er svært produktive og huser et høyt biologisk mangfold, inkludert arter som bare finnes i tilknytning til ålegras (5; 6). Flere fiskearter bruker ålegrasenger som gyte- og oppvekstområde, som yngel av torsk, ål og andre større arter, og det rike dyrelivet i ålegrasenger utgjør et viktig matfat for dyr som torsk, ørret og krabber (1).



Figur 1: Arten vanlig ålegras (*Zostera marina*) danner marine undervannsenger langs kysten av Norge. Foto: Eli Rinde (NIVA).

I tillegg til å være viktige for det biologiske mangfoldet gjør friske ålegrasenger kystområdene mer robuste i møte med klimaendringene. For eksempel binder ålegraset sedimentene på havbunnen og beskytter mot erosjon i forbindelse med økt ekstremvær. Ved å ta opp næringssalter bidrar ålegraset til bedre vannkvalitet, og gjennom fotosyntese produseres oksygen som bufrer mot havforsuring. Ålegrasenger bidrar også til å fjerne klimagasser fra atmosfæren ved å ta opp og binde karbon. Det er særlig sedimentene i ålegrasenger som utgjør langtids-lagre av karbon, og i områder der ålegras har blitt borte vil karbonet i havbunnen gradvis frigjøres til vannmassene og potensielt tilbake til atmosfæren (7).

Ålegrasenger er inkludert på listen over «Forvaltningsrelevante naturtyper» (8) og er på OSPARs liste over truede og avtagende naturtyper. Sjøgrasenger er en truet naturtype globalt (9), men naturtypen 'marin undervannseng' er kategorisert som intakt (LC) i norsk rødliste for naturtyper (10). Likevel tyder observasjoner i Oslofjorden (11) og langs Sørlandskysten (12) på en negativ utvikling i utbredelse og tilstand hos ålegrasenger i disse områdene de siste årene. Økt havtemperatur, overgjødsling, overfiske, formørking, utbygging og mudring i strandsonen, og særlig kombinasjonen av disse faktorene, er sannsynligvis de viktigste årsakene til denne utviklingen. På Sør- og Vestlandet har man i flere områder observert at ålegrasenger blir tildekt av påvekstalger og hurtigvoksende trådformede alger (ofte kalt «lurv») (12). Disse hurtigvoksende algene fremmes av overgjødsling, høyere temperaturer og endringer i den økologiske balansen bl.a. pga. overfiske, og kan i verste fall fortrenge hele ålegrasenger.

Kort om kartlegging og klassifisering

I mange land brukes sjøgress som en indikator på tilstanden i bløtbunnsområder med relativt lav vannutskiftning. Det antas at ålegras som vokser i slike områder er følsomt for overgjødsling, og siden vanlig ålegras er utbredt langs hele norskekysten brukes arten derfor som indikator på eutrofiering og organisk belastning i den norske vannforskriften.

Ålegras inngikk i programmet «Økosystemovervåking i Kystvann» (ØKOKYST) for første gang i 2021. Programmet har som mål å overvåke økosystemer og kartlegge miljøtilstanden i utvalgte kyst- og fjordområder langs norskekysten, og baseres i stor grad på vannforskriften med tilhørende veileder for klassifisering av miljøtilstand (13). Klassifiseringsindeksen for ålegras inneholder tre parametere:

1. Nedre voksegrense (dypeste observasjon av planter med 10 % dekning eller enkeltplanter)

2. Tetthet av ålegras (1: enkeltfunn; 2: spredte planter; 3: flekkvis tett; 4: heldekkende).

3. Areal av enga uten trådformede alger (1: <50%; 2: 50-85%; 3: >85%; 4: 100%)

Nedre voksegrense er en respons på vannets klarhet, men påvirkes også av bølgeeksponering, substrat og biologiske faktorer som beiting og konkurranse med andre arter. Ålegrasets tetthet er et uttrykk for biomasse som indikerer hvor livskraftig enga er. Høy tetthet av trådformede alger indikerer dårlig vannkvalitet og overgjødsling, eller endringer i den økologiske balansen pga. mangel på topp-predator. For økoregionen Norskehavet sør, som inkluderer Trondheimsfjorden, mangler det per i dag referanseverdier og klassegrenser for disse tre parameterne. Derfor er tilstandsklassifiseringen for Trondheimsfjorden basert på referanseverdiene for vanntypen beskyttet kyst/fjord i Nordsjøen nord.

Kunnskapsgrunnlaget

Ålegrasenger i Trondheimsfjorden ble kartlagt i «Nasjonalt program for kartlegging av biologisk mangfold – kyst» i perioden 2009-2010 (15). Arealutbredelsen til kartlagte enger og annen informasjon fra feltregistreringene, er tilgjengelig i Miljødirektoratets Naturbase (www.miljodirektoratet.no/tjenester/naturbase). Siden ålegraset vokser fort i løpet av sommersesongen og har størst biomasse på sensommeren (1) foregår feltkartlegging av ålegras hovedsakelig om sommeren. Etter metoden utarbeidet i Nasjonalt program kartlegger man ved bruk av vannkikkert i de grunneste områdene og med undervannskamera fra båt i de dypere områdene (16). Ålegras vokser ofte flekkvis og danner enger av ulik størrelse som kan variere fra år til år (1). Forekomster som ligger nærmere hverandre enn 50 m, uten fysiske sperrer (som dype områder eller uegnet substrat) slås sammen til én ålegraseng (16).

Det ble i Nasjonalt program kartlagt til sammen 56 enger innenfor grensene for Trondheimsfjorden definert her. Ålegrasengene ble verdisatt i henhold til gitte kriterier basert på informasjon om engas størrelse, ålegrasets tetthet og høyde, og overlapp med, eller nærhet til, gyteområder for torsk (16). Ålegrasengene i Levanger og Verdal ble kartlagt og verdisatt

på nytt i 2016, på oppdrag av Innherred samkommune (17). To ålegrasenger i Indre Fosen ble gjenbesøkt i 2021 i forbindelse med ØKOKYST-programmet. Disse engene er tilstandsklassifisert i henhold til vannforskriften og skal gjenbesøkes hvert år fram til 2025 gjennom ØKOKYST.

Engene som ble besøkt i 2009-2010 og 2016 ble ikke klassifisert i henhold til vannforskriften. For å undersøke endringer over tid har vi forsøkt å klassifisere tilstand for enger som har blitt besøkt flere ganger, basert på tilgengelige observasjoner i Naturbase. For mange av engene som ble besøkt i 2009/2010 kunne ikke tilstand (EQR) beregnes fordi det manglet data på nedre voksegrense eller på mengde trådformede alger. Men for de to engene som ble besøkt i ØKOKYST kunne vi beregne tilstand i 2009/2010 basert på gamle rådata og notater, og det var også tilstrekkelig med data for å beregne tilstand for sju av engene som ble besøkt i Innherred i 2009/2010 og i 2016.

Utenom disse undersøkelsene er det lite publisert informasjon om ålegrasenger i Trondheimsfjorden. Noen unntak er en undersøkelse i forbindelse med etablering av et seilsportanlegg ved Botn (Indre Fosen) der en ålegraseng ble kartlagt av Asplan Viak (18) og en masteroppgave som brukte et autonomt overflatefartøy til å kartlegge en ålegraseng i Hopavågen i 2016 (19). Disse engene var ikke blant de kartlagte engene i Nasjonalt program, og undersøkelsene ble ikke utført etter metodikken til Nasjonalt program eller den som brukes for å klassifisere tilstand hos ålegrasenger i henhold til vannforskriften.

Tilstand og utvikling

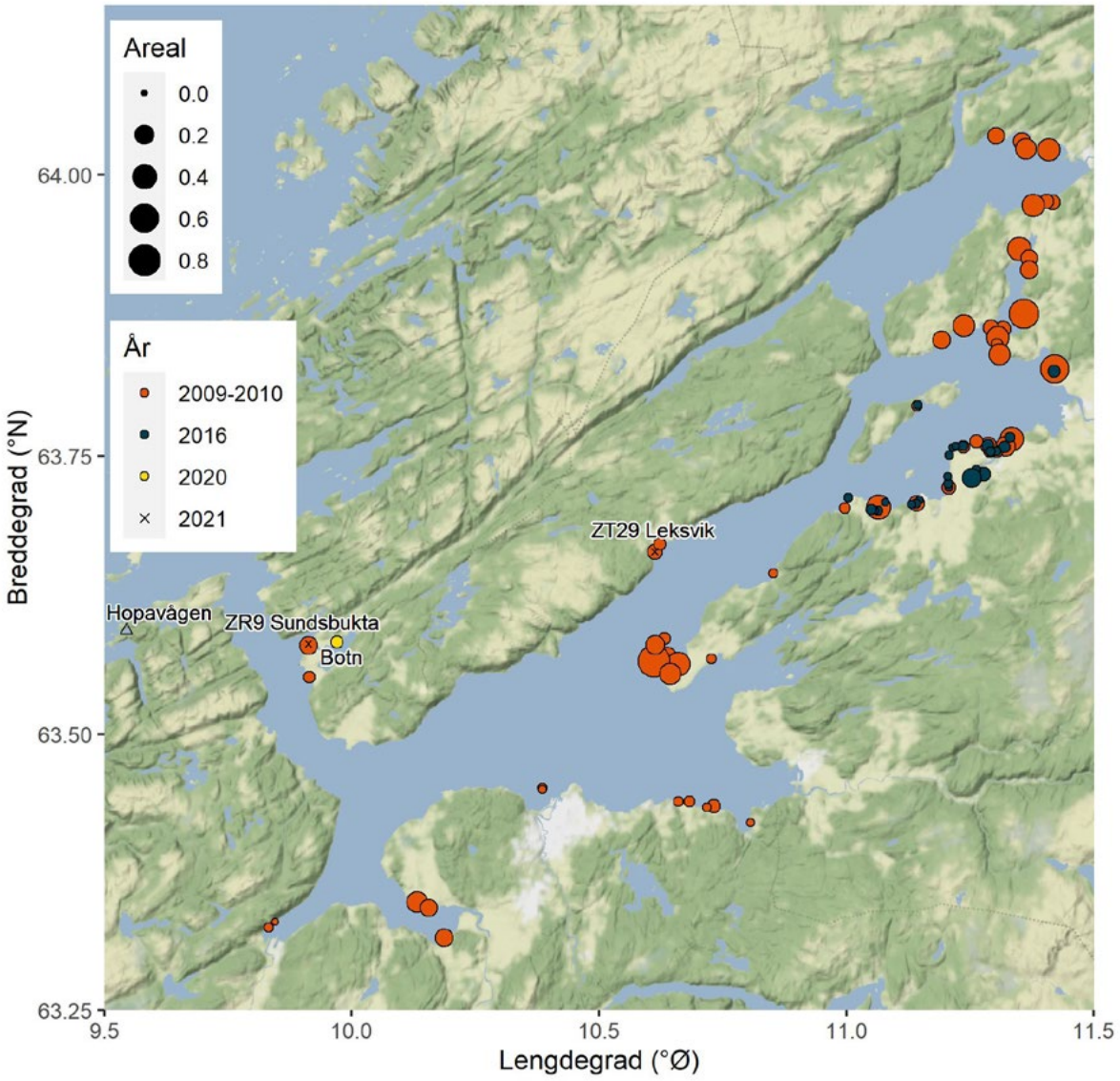
Kartlegging av ålegrasenger i Trondheimsfjorden

Totalt ble 56 ålegrasenger i Trondheimsfjorden kartlagt i 2009-2010, i Beitstadfjorden, Midtfjorden og Ytterfjorden (Figur 2). Det samlede arealet av engene ble beregnet til å være 9,48 km^2. Den største enga lå ved Tautra (10,6ºØ, 63,6ºN) og var på 0,83 km^2. Ca. halvparten av engene (27 stk.) hadde middels tett dekke av ålegras, og nedre voksegrense varierte fra 1 m til 1,7 m (17). I henhold til verdisettingen i Nasjonalt program ble 20 av engene klassifisert som 'nasjonal verdi' (A), 15 av engene som 'regional verdi' (*B*) og 21 av engene som 'lokal verdi' (C).

Ålegrasenger i Innherred og Indre Fosen ble gjenbesøkt i henholdsvis 2016 og 2021, og tilstanden i disse områdene, og observerte endringer i perioden, er beskrevet i de to neste kapitelene.

Ålegrasenga undersøkt av Asplan Viak i 2020 ligger inne i den innestengte fjordpollen Botn. Fjordpollen er forbundet med Trondheimsfjorden gjennom den grunne kanalen Strømmen. På grunn av avrenning fra jordbruk og begrenset vannutskiftning har det vært problemer med oksygenmangel i vannet, men tilstanden skal være forbedret (18). Området er et potensielt viktig våtmarksområde med mange registrerte fuglearter, inkludert flere rødlistede arter. I forbindelse med en planlagt utbygging av et seilsportanlegg ble en ålegraseng på ca. 0,042 km^2 undersøkt (18). Enga ligger rett utenfor en regionalt viktig strandsump (helofytt-saltvannssump). Dekningen av ålegras i engen ble anslått til å være ca. 70%, og

nedre voksegrense 0,5 m ved lavvann. Enga består av smalt ålegras (*Zostera angustifolia*) og småhavgras (*Ruppia maritima*) i tillegg til vanlig ålegras, med nokså jevn fordeling av artene (18). Mengden påvekstalger var lav og enga ble beskrevet som relativt upåvirket av menneskelig aktivitet. Tilstanden ble vurdert til å være god. Vi anbefaler å gjenbesøke denne enga for å overvåke eventuelle effekter av aktiviteten i området.

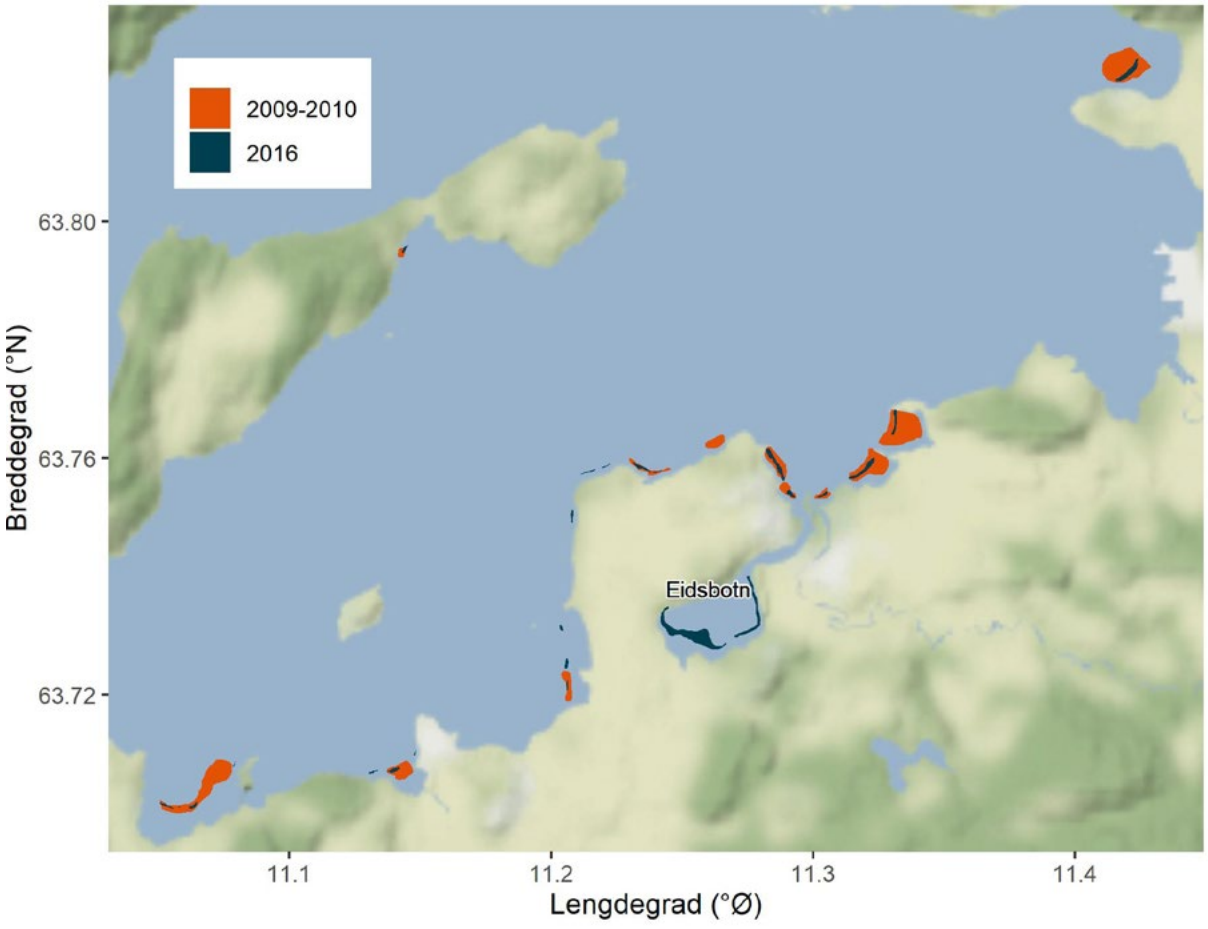


Figur 2: Oversikt over beliggenheten til ålegrasengene kartlagt i 2009-2010 (Nasjonalt program), 2016 (gjenbesøk Nasjonalt program), 2020 (Botn, Asplan Viak) og i 2021 (ØKOKYST). Punktstørrelsen til engene som ble kartlagt i 2009-2010, 2016 og 2020 reflekterer størrelsen (ikke formen) til engene (tallene i legenden er i km^2), men punktene er forstørret fra faktisk størrelse for å vises på kartet. For ØKOKYST-stasjonene (2021) vises kun stasjonsnavn og kode, siden arealene av disse ikke ble kartlagt på nytt. I tillegg vises beliggenheten til Hopavågen, der en eng ble besøkt i forbindelse med en masteroppgave i 2016 (her ble ikke utstrekningen til enga beregnet).

Ålegrasenga i Hopavågen som ble undersøkt i 2016 (19), ligger i en beskytta lagune som er forbundet med den ytre delen av Trondheimsfjorden gjennom en trang kanal. Her vokser vanlig ålegras (*Zostera marina*) i den sørvestlige delen av lagunen. Bunnforholdene varierer mellom bløtbunn og steiner, og ålegraset var flekkvis fordelt fra tidevannsonen ned til ca. 4m dyp.

Tilstand og endringer fra 2009/2010 til 2016 – Innherred

I Innherred ble det vært kartlagt 12 enger i 2009/2010 (Figur 3). Da området ble gjenbesøkt i 2016 ble det registrert 25 enger (17). Dette skyldes både at noen av engene hadde blitt fragmentert til flere, mindre enger, og at enger i Eidsbotn (Levanger) besøkt og kartlagt for første gang. Det totale arealet av ålegrasenger hadde minket i løpet av perioden (17). De fleste engene (21 stk.) hadde i 2016 middels tett dekke av ålegras og nedre voksedyp var i gjennomsnitt 1,5 m. Bare én eng ble gitt 'nasjonal verdi' (A), denne lå sørvest i Eidsbotn og var den største enga som ble kartlagt i 2016 (0,2 km^2). Resten av engene ble gitt 'lokal verdi' (C).

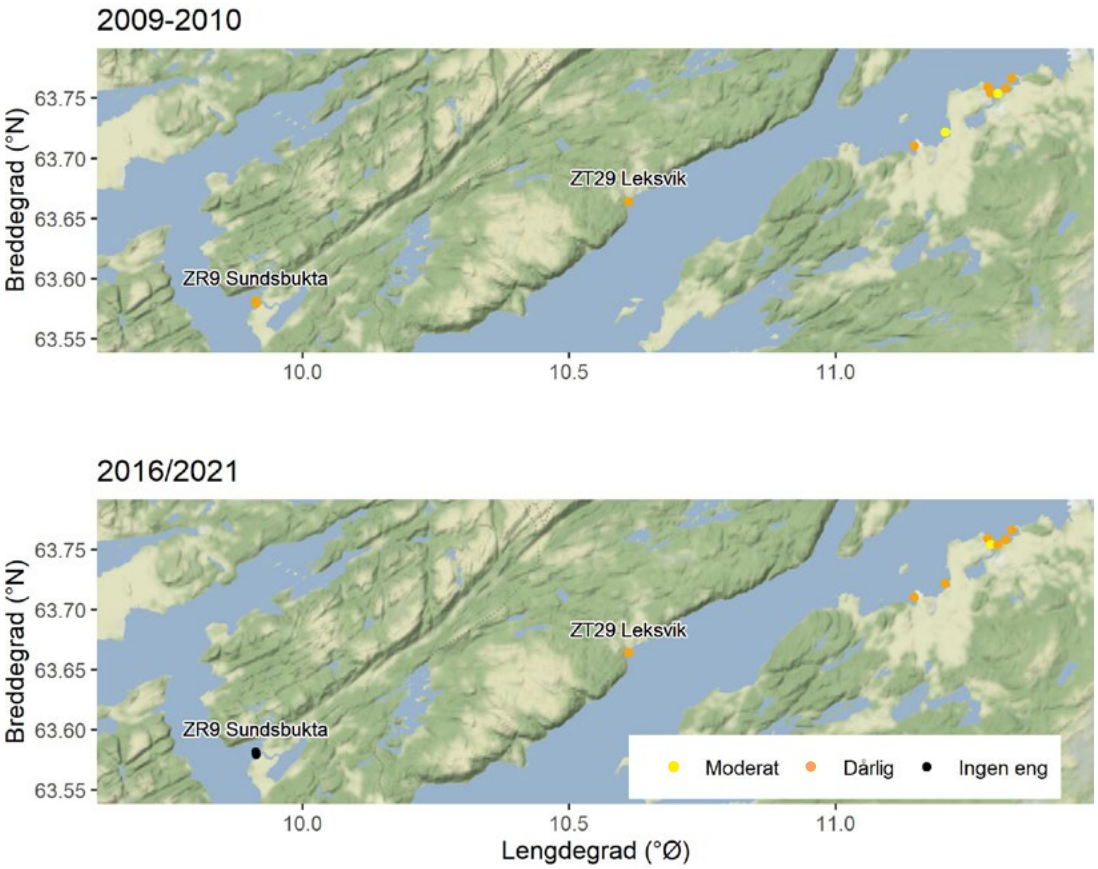


Figur 3: Beregnet utstrekning av ålegrasengene i Innherred kartlagt gjennom Nasjonalt program i 2009-2010 og i 2016 (polygonene representerer faktisk størrelse). Den største enga undersøkt i 2016 blei observert sørvest i Eidsbotn og hadde ikke blitt kartlagt tidligere.

I flere av engene registrert i 2009/2010 var nedre voksedyp eller mengde begroingsalger ikke registrert, og vi kunne derfor bare undersøke endringer i de ulike tilstands-parameterne for syv av engene i Innherred (Tabell 1). Det var ingen statistisk signifikant endring i nedre voksegrense eller i andelen av observasjoner med middels tett/tett ålegras fra 2009-2010 til 2016. Det er dermed ikke grunnlag for å slå fast om nedre voksegrense hadde krøpet oppover (som kan skje pga. redusert vannkvalitet) eller om engene hadde blitt mer glisne. Og selv om datagrunnlaget tydet på en reduksjon i engenes utbredelse er dette også vanskelig å slå fast, siden kartgrunnlaget har blitt bedre i løpet av perioden og avgrensingen dermed kunne gjøres mer presist (17).

For begge periodene hadde alle engene i Innherred som vi kan beregne tilstand for moderat eller dårlig tilstand (Figur 3). To av engene har gått fra dårlig til moderat og en har gått fra moderat til dårlig (Figur 3, Tabell 1). Tilstanden beregnes fra en kombinasjon av nedre voksgrense, tetthet av ålegras og begroingsalger, men nedre voksegrense er den viktigste parameteren. Nedre voksegrense er betydelige grunnere enn referanseverdien for alle de kartlagte engene, noe som er avgjørende for at engene får moderat eller dårlig tilstand, selv om de andre parameterne også spiller inn for flere av engene (Tabell 1, referansedyp i Nordsjøen nord er 7 m).

Tilstand og endringer fra 2009/2010 til 2021 – Sundsbukta og Leksvik



Figur 4: Tilstand for ålegrasenger som har blitt besøkt flere ganger, først i 2009-2010 (øverst) og så i 2016 (Innherred) og 2021 (ZR9 og ZT29, nederst).

To av ålegrasengene i Indre Fosen ble gjenbesøkt i 2021 i ØKOKYST, den ene i Sundsbukta og den andre i Leksvik (Figur 4).

Ålegrasenga i Sundsbukta ble i 2010 definert som en middels tett og noe flekkvis eng med 'regional verdi' (B). Ifølge våre beregninger hadde den moderat tilstand på dette tidspunktet (Tabell 1). Da vi besøkte Sundsbukta i 2021 fant vi kun av små flekker med ålegras i et område som stort sett besto av stein og grus med tang og tare. Det ble observert spredt ålegras på 0,7 m og enkeltplanter på 0,9 m dyp, men dette er ikke et pålitelig mål for nedre voksegrense. Det var ikke mulig å beregne tilstand for forekomsten i 2021 (13), men siden enga har forsvunnet kan man vurdere tilstanden til å være svært dårlig. Denne forekomsten er ikke anbefalt for videre overvåkning.

Tabell 1: Feltregistreringer av tetthet av ålegras, mengde begroingsalger, nedre voksegrense og tilstand (EQR) for Innherred 2009/2010 og 2016, og for i Indre Fosen 2009/2010 og 2021. Fargekodene i 2016/2021 indikerer endring fra 2009/2010, der grønn søyle er forbedring og rød søyle er forverring. Forekomsten i Sundsbukta kunne ikke defineres som en eng i 2021, da den kun besto av små flekker med ålegras, og det ble derfor ikke beregnet EQR-verdi. Den kan likevel anses som i svært dårlig tilstand. Nedre voksegrense er gitt i meter. Dekningsgrad for ålegras er tettheten av planter (1: enkeltfunn; 2: spredte planter; 3: flekkvis tett; 4: heldekkende), mens for begroingsalger er det areal av enga uten trådformede alger oversatt til andelen av punkter med høy tetthet/mye lurv (1 er best, 4 er dårligst).

	Før (2009-2010)					**Etter (2016/2021)**				
Område	Nedre voksegrense plante	Nedre voksegrense eng	Dekning ålegras	Dekning begroingsalger	**Tilstand**	Nedre voksegrense plante	Nedre voksegrense eng	Dekning ålegras	Dekning begriongsalger	**Tilstand**
INNHERRED										
Hotterbukta Midt	1,40	0,80	4	2	0,45	1,30	1,30	3	2	0,48
Alstadhaugbukta Sør	1,60	1,10	2	2	0,40	1,80	1,80	3	2	0,48
Levangerbukta, Skarpenget	1,30	1,00	4	1	0,60	2,10	2,00	3	3	0,43
Levangerbukta, Nessiskjæret	1,30	1,00	3	3	0,43	1,50	1,50	3	4	0,38
Levangerbukta, Røstad vest	1,00	0,60	3	2	0,38	0,70	0,70	4	2	0,45
Kattangen	1,50	1,70	4	3	0,50	1,70	1,70	3	3	0,43
Sørleiret	1,10	1,00	3	2	0,43	1,00	1,00	3	2	0,48
INDRE FOSEN										
Sundbukta	1,14	1,03	3	1	0,53	0,87	0,71	2	1	Ingen eng
Leksvik	3,60	3,60	2	4	0,60	3,11	3,11	2	3	0,53

Ålegrasenga i Leksvik ble i 2009 definert som en tett heldekkende eng med 'regional verdi' (B). Ifølge våre beregninger hadde den da moderat tilstand (Tabell 1). Da vi besøkte enga i 2021 fant vi spredte forekomster av ålegras, selv om det enkelte steder var flekker med middels tette forekomster. Det var middels tett/vanlig med begroingsalger og nedre voksegrense for enga var 3,1 m. Tilstanden var moderat i 2021, det samme som i 2009.

Ytre påvirkninger og framtidig utvikling

Varmere vann, formørkning og forsuring er påvirkningsfaktorer på ålegrasenger som forventes å øke i framtida med de pågående klimaendringene. Samtidig trues ålegrasenger av overgjødsling og overfiske som forstyrrer den økologiske balansen. Hver enkelt av disse påvirkningene kan fremme forekomsten av trådformede alger og dårlig tilstand i ålegrasengene. Den samlede belastingen forsterker effektene og kan medføre tap av ålegrasengene og overgang til dominans av de trådformede algene som danner et helt annet økosystem. Slike endringer vil ha store ringvirkninger for nærliggende økosystemer. Effektene av disse påvirkningsfaktorene og samspillet mellom dem er komplekse, og forvaltning av ålegrasenger og andre økosystemer i lys av klimaendringene krever helhetlig og langsiktig tankegang.

Bit-for-bit utbygging i strandsonen er også en viktig trussel for ålegrasenger (20; 21). Enkelt-tiltak kan ofte vurderes til å medføre lite miljøskade på de enkelte naturtypene, mens effekten av summen av alle tiltakene i et område vil kunne ha stor miljøskade. Det er derfor viktig at tiltak i sjø vurderes i en større geografisk sammenheng.



Figur 5: Feltkartlegging av ålegrasenger i Trondheimsfjorden i forbindelse med ØKOKYST-arbeidet i 2021. Bildet til venstre viser leting etter ålegras i de grunneste områdene i Sundsbukta. Bilder: Trine Bekkby/Lise Tveiten (NIVA).

Tilførsel av næringssalter og sedimenter fra jordbruk og byggeaktivitet i nærheten av fjorden kan være en negativ påvirkningsfaktor på ålegrasenger i Trondheimsfjorden, og bør inkluderes i vurderingen av samlet belasting på naturverdiene i fjorden. Feltregistreringene i 2021 tyder på at ålegrasenga observert i Sundsbukta i 2009/2010 har blitt borte, og det ble observert mye sedimenter på ålegraset (Figur 5). Dette er et område med mye jordbruksland helt ned til vannkanten, i tillegg til bygningsarbeid, noe som kan føre til avrenning av sedimenter og partikler som er negativt for lystilgangen til ålegraset. I tillegg er det sterk påvirkning fra kanalen Strømmen som også kan føre med seg sedimenter. Beboere opplyste også at det ble mudret i området for 10-12 år siden.

Kunnskaps- og overvåkningsbehov

I den eksisterende veilederen for klassifisering av økologisk- og kjemisk tilstand i norske vannforekomster (13) anbefales det at man i tillegg til å måle parameterne som brukes til å beregne tilstand (nedre voksegrense, tetthet av ålegras og tetthet av trådformede alger) også registrerer høyden og arealutbredelsen til ålegrasenga. Større ålegrasenger med høyere planter har en viktig økologisk funksjon, siden de gir større leveområde for andre organismer enn mindre enger. Større ålegrasenger vil også bidra mer til ulike økosystemtjenester, som fjerning av klimagasser fra atmosfæren gjennom opptak og lagring av karbon, og rensing av vann for næringssalter. Ålegrasengene i Innherred hadde blitt mindre og mer fragmenterte fra 2009/2010 til 2016, men denne negative utviklingen hadde ikke blitt fanget opp om man bare registrerte nedre voksegrense og tetthet av ålegras. Vi anbefaler derfor å registrere arealutbredelsen til enger som overvåkes, noe som er i tråd med de nye retningslinjene fra Miljødirektoratet for kartlegging av naturtyper etter NiN-systemet (22). I motsetning til de tidligere håndbøkene som kun verdisatte forekomster med hensyn til naturmangfold, inneholder de nye veilederne også kriterier for fastsettelse av tilstand. Kriteriene er under utvikling for marine naturtyper (23), men fragmentering vil være svært relevant for ålegrasenger. Arealutbredelsen er ansett som en viktig parameter for naturmangfoldet til marine naturtyper, både i de tidligere håndbøkene og i de nye kartleggingsveilederne. Overvåking av areal er særlig relevant i områder hvor fysiske inngrep kan påvirke ålegrasets utbredelse.

Det kan imidlertid være utfordrende å inkludere endringer i arealutbredelse som parameter for klassifisering av tilstand, siden det krever at man finner en presis og etterprøvbar måte å avgrense forekomsten på. Dette vil kreve mer detaljert kartlegging i felt enn det som gjøres i dag ved bruk av vannkikkert eller droppkamera, hvor man kun kan kartlegge et begrenset antall stasjoner eller transekter som så brukes til å beregne engas utbredelse. Andre instrumenter, som sonarer eller multistrålekkolodd, kan gi en mer heldekkende kartlegging av bunnhabitater, men er avhengige av gode klassifiseringsalgoritmer for å tolke resultatene. Det pågår også utvikling av metodikk for kartlegging av ålegrasenger ved bruk av både luftdroner og undervannsdroner, som på sikt kan benyttes til en mer presis og effektiv kartlegging av arealutbredelsen til ålegrasenger. Droner kan ta bilder med mange tusen ganger høyere oppløsning enn satellitter og samtidig dekke større områder enn hva som er mulig med tradisjonell feltkarlegging. For eksempel har NIVA i forskningsprosjektet SeaBee utforsket mulighetene for å bruke droner til å overvåke sesongvariasjon i utbredelsen av ålegras i et test-område i Oslofjorden (seabee.no). Vannkvaliteten i et område vil imidlertid ha stor innvirkning

på hvor dype forekomster som kan kartlegges med luftdroner, og det er viktig å validere drone-baserte observasjoner med observasjoner i felt. Ikke minst kan forbedrede marine grunnkart i kystsonen, inkludert dybde- og substratkart, kunne gi økt kunnskap av hvor det er sannsynlig å finne ålegrasenger, slik at feltkarleggingen kan fokusere på disse områdene.

Det er i dag mangelfull kunnskap om hvordan nedre voksegrense, tetthet av ålegras og påvekstalger i ålegrasenger i de ulike norske kystvanntypene responderer på overgjødsling og organisk belastning. Dette gjør det vanskelig å definere referanseverdier og grenseverdier for de ulike tilstandskategoriene og vanntypene. En utfordring er at det vanligvis ikke måles konsentrasjoner av næringssalter eller andre relevante variabler som påvirker ålegraset (lys, temperatur, saltholdighet, mengde suspendert materiale) i forbindelse med ålegras-kartlegging. De fleste vannprøve-stasjoner ligger i dag et stykke unna ålegrasenger, og det er usikkert hvor godt disse representerer miljøtilstanden i enga. Vi anbefaler at man i forbindelse med framtidig kartlegging av ålegrasenger i Trondheimsfjorden også tar vannprøver i eller i nærheten av engene. Dette vil kunne gi bedre forståelse av hvordan de lokale miljøforholdene påvirker engene og hvor det eventuelt er viktig å sette inn tiltak.

Referanser

1. **Christie, H., Moy, F. og Rinde, E.** Faggrunnlag for ålegras (Zostera marina) i Norge. s.l. : Direktoratet for naturforvaltning, 2012.

2. **Bekkby, T., et al.** Spatial probability modelling of eelgrass (Zostera marina) distribution on the west coast of Norway. ICES Journal of Marine Science. 2008, Vol. 5, 7, ss. 1093-1101.

3. **Frigstad, H, et al.** Blue Carbon – climate adaptation, CO2 uptake and sequestration of carbon in Nordic blue forests - Results from the Nordic Blue Carbon Project. s.l. : Nordic Council of Ministers, 2021.

4. **Borum, Jens.** European seagrasses: an introduction to monitoring and management. s.l. : M & MS project, 2004.

5. **Fredriksen, S., Christie, H. og Sæthre, B.A.** Species richness in macroalgae and macrofauna assemblages on Fucus serratus L. (Phaeophyceae) and Zostera marina L. (Angiospermae) in Skagerrak, Norway. Marine Biology Research. 2005, ss. 2-19.

6. **Christie, H., Norderhaug, K.M. og Fredriksen, S.** Macrophytes as habitat for fauna. Marine Ecology Progress Series. 2009, ss. 221-233.

7. **Moksnes, P.O., et al.** Major impacts and societal costs of seagrass loss on sediment carbon and nitrogen stocks. Ecosphere. 2021, ss. 1-25.

8. **Bekkby, T., et al.** Forslag til forvaltningsrelevante marine naturenheter, NIVA-rapport 7672. s.l. : NIVA, 2021.

9. **Waycott, M., et al.** Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2009, ss. 12377-12381.

10. **Gundersen, H., et al.** Marint gruntvann. Norsk rødliste for naturtyper 2018. s.l. : Artsdatabanken, 2018.

11. **Rinde, E., et al.** Kartlegging av et utvalg marine naturtyper i Oslofjorden. NIVA-rapport 7605-2021. s.l. : NIVA, 2021.

12. **Christie, H. og Rinde, E.** Tre ålegrasenger på Skagerrakkysten: Forvarsel om en naturtype i forfall? s.l. : NIVA, 2020.

13. **Direktoratsgruppen Vanndirektivet.** Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. 2018.

14. **Gundersen, H., et al.** Nye klassegrenser for ålegress og makroalger i vannforskriften M-788. s.l. : Miljødirektoratet, 2017.

15. **Bekkby, T., et al.** Nasjonal kartlegging – kyst 2019. Ny revisjon av kriterier for verdisetting av marine naturtyper og nøkkelområder for arter NIVA rapport 7454. s.l. : NIVA, 2020.

16. **Bekkby, T, et al.** Nasjonal kartlegging av biologisk mangfold – kyst. Diskusjon og forslag til revidering av kriterier for verdisetting av marine naturtyper og nøkkelområder. s.l. : NIVA-rapport, 2012.

17. **Bekkby, T., et al.** Kartlegging av ålegras (Zostera marina) etter ny metodikk I Innherred samkommune, NIVA-rapport 7133. s.l. : NIVA, 2017.

18. **Gundersen, A. og Hjorth, I.** Seilsportanlegg Nedre Fallet- Naturmangfold. s.l. : Asplan Viak, 2020.

19. **Alvsvåg, D.M.** Alvsvåg, Dora Marie. Mapping of a seagrass habitat in Hopavågen, Sør-Trøndelag, with the use of an Autonomous Surface Vehicle combined with optical techniques. MS thesis. s.l. : NTNU, 2017.

20. **Rinde, E, et al.** Helhetlig planlegging av miljøvennlige småbåthavner – et tverrfaglig CIENS prosjekt. VANN. 04, 2012.

21. **Stokke, K.B., et al.** Kunnskapsbasert planlegging og forvaltning av kystsonen – med fokus på «bit for bit» utbygging og konsekvenser for marin natur, fiskeri-interesser og marine kulturminner. s.l. : NIBR, UMB, NIVA, HI, 2012.

22. **Miljødirektoratet.** Kartlegginsinstruks: Kartlegging av Naturtyper etter NiN2 i 2019. s.l. : M-1287, 2019.

23. **Rinde, E, et al.** Feltbasert kunnskap, metodikk og kriterier for økologisk kvalitet til et utvalg av marine naturtyper. NIVA-rapport 7691. s.l. : NIVA, 2022.



Foto: Jørgen Neegård

KAPITTEL 5: FISK

Forfattere: Ingrid Solberg (NINA), Nicole Aberle-Malzahn (NTNU), Sigurd Heiberg Espeland (HI), Mari-Ann Østensen (NTNU), Torkild Bakken (NTNU Vitenskapsmuseet) og Sten Karlsson (NINA)

Trondheimsfjorden har et stort mangfold av fiskearter med omtrent 150 ulike arter registrert. Kunnskap om mange av de små, ikke-kommersielle artene og deres forekomst i fjorden er mangelfull, da det hovedsakelig er de økonomisk viktige artene som har vært studert, særlig sild, torsk og rødspette. Trondheimsfjorden har sin egen lokale sildestamme, kalt Trondheimsfjordsild. Denne skiller seg både genetisk og morfologisk fra norsk vårgytende sild. Forskningsstudier tilsier at fjorden også har en egen selvrekrutterende bestand av torsk. I flere tiår ble det gjort grundige undersøkelser av den lokale torsken i fjorden, men manglende satsing på systematisk innsamling og individundersøkelser de senere år har ført til at det i dag ikke eksisterer datagrunnlag for å kunne si noe om hvordan «Trondheimsfjordtorskens» utvikling har vært de siste ~15 årene.

Generelt foregår det mindre forskning på fisk i fjorden nå enn før, men enkelte fiskeundersøkelser har nylig blitt utført. En systematisk gytefeltkartelegging ble blant annet gjennomført for første gang i fjorden i 2022. Resultater fra denne indikerte at Trondheimsfjorden har flere gytefelt for torskefisk, flyndrefisk og brisling som kan fungere som unike lokale gytefelt. Det foreligger ingen oppdaterte mengdeestimat av antatte lokale fiskebestander i fjorden, men fangstdata fra det kommersielle fiske og fritidsfiske kan tyde på at det er levedyktige bestander av flere arter av torskefisk i fjorden. Spesielt sei virker å være tallrik. Fiskeridataene er imidlertid mangelfulle ettersom beskatningen innen fritidsfiske hovedsakelig ikke rapporteres.

Fjordens klima er i endring og det er flere ytre, menneskeskapte faktorer som kan påvirke mengde, forekomst og artssammensetning av fisk i fjorden. En langtidsovervåking med tråling og prøvetaking av fisk fra de samme stasjonene i fjorden gjennom året bør gjenopptas slik at man kan registrere variasjoner og endringer over tid og mellom sesonger. En slik langtidsovervåking bør også samkjøres med overvåking av andre organismegrupper, samt inkludere målinger av hydrografiske forhold, for å kunne øke forståelsen av hvordan ulike faktorer påvirker Trondheimsfjordens fiskesamfunn og fjordens økosystem i sin helhet.

Introduksjon

Trondheimsfjorden har et stort mangfold av fiskearter. Omtrent 150 arter er funnet i fjorden, av omtrent 300 arter som er kjent fra norske farvann, men det er så vidt vi kjenner til ikke laget en fullstendig oversikt over fisk i Trondheimsfjorden. Generelt er antall arter noe høyere langs kysten sør for Trondheimsfjorden og noe lavere nord for fjorden (1). Ved å bruke de

vitenskapelige samlingene til NTNU Vitenskapsmuseet finner vi at det er belegg for 140 arter i samlingene (2) registrert fra 1860 til i dag. I tillegg vil kunnskap fra yrkesfiskere, fritidsfiskere og forskning bidra til å øke tallet. De siste årene har det blitt populært med artsfiske der entusiaster spesifikt fisker etter ulike arter, noe som vil være et godt bidrag til å øke kunnskapen om hvilke arter som finnes i Trondheimsfjorden. Omtrent 150 ulike arter er derfor den beste oversikten som kan gis.

Det er mange ulike leveområder som er dårlig undersøkt med tanke på mangfold av fiskearter. Spesielt i grunne områder langs land. Kunnskap om arter og artenes forekomst av de som ikke vanligvis fås med vanlig fiskeredskap må sies å være dårlig, spesielt arter som ikke blir større enn noen få centimeter.

Tidligere forskning på fisk i fjorden

Den tidligste forskningen på fisk i Trondheimsfjorden var først og fremst faunistisk og taksonomisk ved å samle kunnskap om forekomst og utbredelse av arter (3; 4). Konservator Vilhelm Storm kunne presentere en oversikt over mer enn 100 arter (3). En del flere har kommet til senere, og observasjoner og funn av gjester som observeres er gjort rede for (5). Tema som har stått særlig sentralt innen fiskeforskningen i Trondheimsfjorden fra slutten av 1800-tallet og frem til i dag har vært rekrutteringsmekanismer, lokale fiskestammer, gyte- og oppvekstområder, vandringsadferd og årsklassestyrker til viktige økonomiske arter. Hvordan disse fiskeribiologiske temaene har blitt belyst opp igjennom årene for ulike fiskearter i fjorden er detaljrikt beskrevet i kapittelet om fisk i Trondheimsfjordboka (6), og kun hovedfunn fra forskningen gjengis for noen av artene nedenfor.

Sild *(Clupea harengus)*

Trondheimsfjorden har sin egen lokale sildestamme, kalt Trondheimsfjordsild. Dette har vært kjent siden begynnelsen av 1900-tallet (7) og er senere blitt verifisert gjennom genetiske undersøkelser (8; 9). Trondheimsfjordsilda skiller seg ikke bare genetisk fra norsk vårgytende sild (NVG-sild), men også morfologisk ved at den vokser saktere og er generelt mindre (6; 10). Det er dessuten vist at den lokale stammen i Trondheimsfjorden produserer flere egg per gram kroppsvekt enn NVG-sild, noe som tyder på at den har høyere relativ fekunditet (10). Trolig kan Trondheimsfjordsilda investere mer energi i reproduksjon enn NVG-sild fordi den er mer stasjonær. Den trenger derfor ikke å bruke like mye energi til vekst for å effektivt forflytte seg over store avstander som den migrerende NVG-bestanden må (10). Selv om både NVG-silda og Trondheimsfjordsilda tidvis oppholder seg i samme områder i fjorden om sommeren, indikerer altså både de biologiske og genetiske egenskapene til Trondheimsfjordsilda at den er effektivt isolert fra NVG-bestanden når det gjelder formering (6; 10).

Fra tidligere undersøkelser er det kjent at silda overvintrer i Åsenfjorden og Borgenfjorden før den om våren gyter på grunt vann i midtre deler av fjorden slik som ytterst i Åsenfjorden, Stjørdalsfjorden og ved Tautra (6; 11). Gytefelter i indre (f.eks. Verrabotn og Beitstadfjorden) og ytre deler av fjorden (Gaulosen og Orkdalsfjorden) er også kjente. Generelt kan silda

betraktes som en nøkkelart i økosystemet. Den kan beite intenst på dyreplankton og er selv en viktig matressurs for både sjøfugl, fisk og marine pattedyr. Silda legger egg langs bunnen på grunt vann og gytingen tiltrekker seg mange predatorer i Trondheimsfjorden. Særlig fiskearter som hyse (*Melanogrammus aeglefinus*), hvitting (*Merlangius merlangus*) og torsk (*Gadus morhua*), samt sjøfugler som ærfugl og måke trekker inn til fjæra for å beite på silderogn om våren. Sildeyngel og ungsild oppholder seg mest i indre deler av fjorden, mens den voksne silda utnytter større områder av fjorden til næringssøk og kan også trekke helt ut mot Frohavet (6).

Forekomst og årsklasser av Trondheimsfjordsilda har blitt undersøkt sporadisk de siste 20 årene i forbindelse med Havforskningsinstituttets silde- og brislingundersøkelser langs norskekysten, f.eks. (12; 13), men det foreligger så vidt vi vet ingen oppdatert informasjon om størrelsen på den lokale sildestammen i fjorden. Det er heller ikke blitt gjort noen nyere undersøkelser knyttet til sildas gyte- og oppvekstområder i fjorden, eller dens betydning for andre arter i fjorden, verken i dens rolle som predator eller byttedyr.

Om sildefisket
Tidligere var sildefisket i Trondheimsfjorden av stor betydning for lokalbefolkningen. På 1950-tallet ble det landet rundt 10 000 tonn årlig, men siden har fangstene variert i omfang. På 1970-tallet var fisket stengt en periode grunnet dårlig rekruttering til bestanden, før det ble åpnet igjen på 1980-tallet med fangster på rundt 2500 tonn (6). Siden midten av 1990-tallet har imidlertid kommersielt fiske med not etter sild vært forbudt i Trondheimsfjorden. I dag er det kun tillatt med fiske til eget forbruk i form av hekling eller begrenset bruk av garn.

Torsk (*Gadus morhua*)

Torsk er fiskearten det er blitt forsket mest på i Trondheimsfjorden. Diverse observasjoner og resultater fra merke- og gjenfangstundersøkelser tilsier at fjorden har en egen selvrekrutterende bestand av torsk (14; 6). Hovedtyngden av torskens gyting har tidligere vært rapportert å foregå i de innerste delene av fjorden, spesielt i Verrasundet og Beitstadfjorden (15) og i Borgenfjorden (16) i tidsrommet mars-mai. Gytetorskens vandringsmønster i fjorden ble kartlagt på slutten av 1970-tallet gjennom omfattende merkeforsøk. Det ble kjent at mesteparten forflyttet seg fra de indre delene av fjorden etter gyting og at de oppholdt seg over store områder av fjorden om sommeren, før de igjen trakk seg innover på senhøsten (14; 6). Også ungfisk ble merket, som viste en tendens til å være mer stasjonær enn den kjønnsmodne fisken, i tillegg til at de befant seg på grunnere vann (6). For mange fiskearter er dette et vanlig vertikalfordelingsmønster mellom ung- og voksen fisk. Merkeforsøk av torsk fra kysten av Norge har vist liten innvandring til Trondheimsfjorden, mens merket Trondheimsfjordtorsk ble i mindre enn 2 % av gjenfangsttilfellene rapportert fanget utenfor fjorden (14; 6). Undersøkelser av Trondheimsfjordtorskens parasittfauna har vist at den skiller seg fra andre torskebestander som oppholder seg på åpent hav (f.eks. Nordsjøtorsk) ved at den er betydelig mindre artsrik og dominert av trematoder (17).

Torsk gyter pelagisk, og eggene og nyklekte larver er å finne i de frie vannmassene fra overflaten og ned til ca. 50 m dyp før de bunnslår som yngel etter et par måneder (6). Hvordan den estuarine sirkulasjonen i gytesesongen påvirker utgående transport av egg

og larvestadier, og dermed den lokale rekrutteringen til bestanden, har vært en sentral problemstilling i forskningen på torsk i Trondheimsfjorden (6). Stor vårflom og resulterende sterk brakkvannsstrøm ut av fjorden fører sannsynligvis til en svekket rekruttering inneværende år. I en langtidsstudie av Trondheimsfjordtorskens årsklassestyrker fra 1963-1994 ble det funnet at ferskvannstilførsel sammen med gytebestand hadde signifikant effekt på årsklassestyrken (15). De beste årsklassene i både Verrasundet og Borgenfjorden forekom i år med minimal ferskvannstilførsel til Trondheimsfjorden og med lavest flomtopp i den undersøkte perioden. Det var imidlertid størrelsen på gytebestanden som syntes å være viktigst for torskens rekruttering, da den forklarte halvparten av variasjonen i årsklassestyrken i Verrabotn, mens ferskvannstilsig kun forklarte 7 % av tilfellene (15). Trolig vil ferskvannsavrenning til fjorden påvirke Trondheimsfjordtorskens rekrutteringssuksess i større grad fremover enn hva som var tilfelle for 30-60 år siden ettersom dagens klimaendringer fører med seg mer nedbør, ekstremvær og sannsynligvis større vårflommer. Dette vil også gjelde andre fiskearter som gyter pelagisk i fjorden.

Rødspette (*Pleuronectes platessa*)

Rødspetta er den flyndrefisken i fjorden man innehar mest kunnskap om. I Borgenfjorden har den under navnet Gullflyndre vært kjent for sin gode kvalitet, og det er også i denne fjordarmen den har blitt særlig undersøkt. Rødspetta rapporteres å vokse fort i Trondheimsfjorden og i Borgenfjorden har den vært kjent for å bli ekstra stor. Individer opp mot 75 cm ble gjerne fanget i reketrålen under forskningsaktivitet der på 1990-tallet (6). Den er også en langlivet fiskeart. Hunnene, som blir vesentlig større enn hannene, har i Borgenfjorden ofte blitt registrert med en alder på 20-25 år (maksimumsalder 33 år), mens hannene fra samme lokalitet synes å ha en maksimumsalder på rundt 10 år (18). Rødspetta i Trondheimsfjorden utgjør ikke en egen genetisk stamme (19), men den er vist å være forholdsvis stasjonær i Trondheimsfjorden og har blitt regnet som selvrekrutterende (6). Vandringsmønsteret til rødspetta ble studert under merkeforsøk fra slutten av 1970-tallet og det ble funnet at den hovedsakelig beveget seg langs de grunne hyllene i fjorden og sjeldent krysset dypere områder. Den foretrekker sand og leirbunn på relativt grunt vann (0-60 m) som gjør at den har høyest forekomst langs østsiden av fjorden (6). Næringskonkurrenter til rødspette i Borgenfjorden er særlig skrubbe (*Platichthys flesus*) og sandflyndre (*Limanda limanda*), som alle har en diett dominert av børstemark, muslinger og snegler (20).

Habitatkartlegging og resipient- og miljøundersøkelser

De siste ~10 årene har det blitt utført diverse resipient- og miljøundersøkelser knyttet til fisk i fjorden, samt at habitater og tilhørende fauna har blitt kartlagt ved bruk av autonome/ fjernstyrte undervannsfarkoster. Nedenfor gis en kort oppsummering av noen av undersøkelsene som ansees som særlig relevante for dette kapittelet.

Den marine bunnfaunaen i Gaulosen ble undersøkt i 2014 gjennom videoobservasjoner på dypt vann og prøvetaking med strandnot på grunna. Det ble konkludert at det var høy produktivitet i området. Dette gjaldt særlig for de store, grunne bløtbunnsområdene hvor det ble funnet

høye tettheter av krepsdyr, små juvenile flyndrefisk (ikke artsidentifisert) og kutlinger (*Pomatoschistus spp.*), som viser at området rundt Gaulosen er et viktig oppvekstområde for fisk, og sannsynligvis også et viktig leve- og fødeområde for flere fiskearter (21).

En nylig undersøkelse av miljøgifter i torsk, utført etter at opprydningsarbeidet i Trondheim havn ble avsluttet, fant hovedsakelig signifikante nedadgående trender, eller ingen endring i konsentrasjon av flere ulike type miljøgifter i torsk fra Trondheim havn (22).

I 2013 ble forekomst av fisk i dypvannsbassenger på 600 meters dyp ved Agdenes kartlagt ved bruk av en autonom undervannsfarkost (AUV) utstyrt med sonar og kamera (23). På så dypt vann er det generelt lav biodiversitet, men det ble registrert en relativ høy tallrikhet av vassild (*Argentina silus*) og bruskfisken havmus (*Chimaera monstrosa*) i dette området (23). I forbindelse med kartlegging av kaldtvannskorallrev ved Tautra og i Beitstadfjorden ble det ikke uventet registrert en høyere biodiversitet rundt disse (24). Fiskearter som dominerte i og rundt korallrevene var torsk, sei, uer (*Sebastes norvegicus*) og havmus (24).

Nyere undersøkelser og pågående overvåking

Forskning på fisk i fjorden foregår i mindre grad nå enn før, men noen overvåkingsaktiviteter pågår og enkelte fiskeundersøkelser har nylig blitt utført. Resultater fra undersøkelser helt frem til 2022 og pågående overvåking av fisk i fjorden er detaljert beskrevet på neste side.

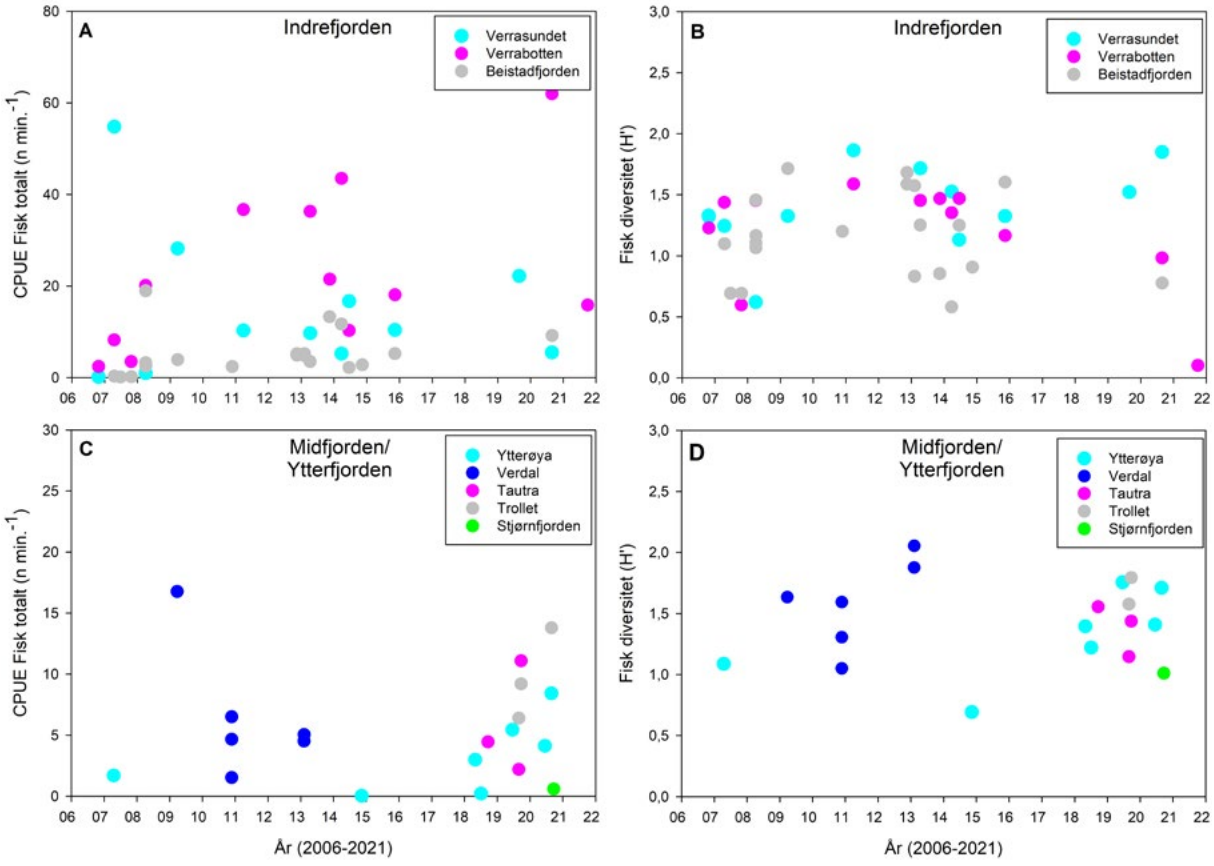


Figur 1: Bilde av bunntråling som utføres på NTNUs forskningsfartøy «Gunnerus» i juni 2019.
Foto: Nicole Aberle-Malzahn (NTNU).

Trålaktivitet

I forbindelse med ulike nasjonale og internasjonale prosjekter (LTS, iKyst, Janus og GoJelly), har forskere fra NTNUs Trondhjems Biologiske Stasjon (TBS) drevet trålaktivitet i Trondheimsfjorden de siste ~ 40 årene. I perioden fra tidlig 80-tall fram til 2002 var det to årlige trålinger i Borgenfjorden og Verrabotn, hvor hovedhensikten var genetisk kartlegging av torsk, dette fortsatte fram til 2009 med kun ett tråltokt i året. Senere har det blitt utført trålinger i forbindelse med andre forskningsprosjekt. Denne trålingen har ikke vært organisert som et typisk overvåkningsprogram da frekvens og områder har vært styrt av formålene til de ulike prosjektene (Figur 1). I løpet av årene 2006 -2021 ble det trålet i de indre, midtre og ytre delene av fjorden, med hovedvekt på de indre og midtre. I resultatene som presenteres her er det tråldata fra de siste ~15 årene som er inkludert. De indre områdene er dekket av stasjonene Beitstadfjorden, Verrasundet og Verrabotn, midtre deler omfatter Tautra, Verdal og Ytterøya, mens ytre deler omfatter stasjonene Stjørnfjorden og Trollet. Dybden av bunntrålingen varierer på de ulike stedene med Verrabotn som det grunneste på ca. 50 m, og Trollet som det dypeste, på 507 m.

Trålaktiviteten foregikk i ulike sesonger gjennom hele året, med hovedfokus på sesongen fra vår til høst. Fisken ble umiddelbart etter tråling talt opp og artsbestemt om bord (Figur 3).



Figur 2: Fangstmengden av fisk kalkulert som Catch-per-unit-effort (CPUE) med den totale fiskemengden som ble fanget i perioden 2006-2021 i Indrefjorden (Fig. 3A) og i Midtfjorden/Ytterfjorden (Fig. 3C). Artsmangfold (diversitetsindeks H') av fiskebestander i Trondheimsfjorden over de siste 15 år (2006-2021) på ulike stasjoner i Indrefjorden (Fig. 3B) og i Midtfjorden/Ytterfjorden (Fig. 3D).

For å sammenligne fangstmengden over de siste 15 årene i de ulike delene av Trondheimsfjorden har vi brukt fangstdata for å kalkulere 'catch-per-unit-effort' (CPUE) hvor antall fisk som ble fanget med tråll per minutt trålaktivitet beregnes. Videre har vi kalkulert CPUE av den totale fiskemengden som ble fanget i indre, midtre og ytre del av fjorden (Figur 2a og 2c) for å få oversikt over totalmengden fisk som ble fanget i løpet av de siste 15 år. Generelt var fangstraten (CPUE) i indre fjord høyere enn i Midtre/Ytre fjord med høyeste CPUE i Verrabotn og Verrasundet (Figur 2a). I løpet av de siste 15 årene var det ingen synlig trend. CPUE varierte på de forskjellige stasjonene fra år til år, uten noen sterk vekst eller nedgang observert over tid (Figur 2a og 2c).

For å sammenligne artsmangfold av fiskebestander i Trondheimsfjorden over de siste 15 år (2006-2021) har vi kalkulert diversitetsindeksen H' (Shannon-Wiener Indeks) for de forskjellige stasjonene. Mangfoldet i indre- (Figur 2b), midtre- og ytre deler (Figur. 2d) var på omtrent samme nivå, men med betydelige variasjon mellom år og mellom de ulike stasjonene. Generelt kan det se ut som at artsmangfoldet i trålfangstene i Trondheimsfjorden har vært på omtrent samme nivå de siste 15 år.



Figur 3: Fangst fra bunntråll utført ved Ytterøya i juni 2019 på NTNUs forskningsfartøy «Gunnerus». Fangsten bestod blant annet av havmus, skolest (*Coryphaenoides rupestris*), kronemanet (*Periphylla periphylla*) og spisskate (*Dipturus oxyrinchus*). Foto: Nicole Aberle-Malzahn (NTNU).

Gytefeltkartlegging

Havforskningsinstituttet gjennomfører i forbindelse med prosjektet «Nasjonalt program for kartlegging av gyte og oppvekstområder for kommersielt viktige arter i kystsonen» kartlegging og overvåkning av gytefelt for enkelte vårgytende arter. Målartene for kartleggingen er alle de artene som gyter i den perioden hvor Havforskningsinstituttet gjennomfører tokt. Disse toktene var i utgangspunktet rettet inn mot gyteperioden for kysttorsk og gjennomføres i perioden mars - april. Kartleggingen tar nå en form av overvåkning der man hvert år dekker to områder med to tokt slik at man vil dekke hele kysten i løpet av en periode på 7 – 8 år. Totalt dekker omtrent 6600 stasjoner indre deler av kysten fra Oslofjorden til Varangerfjorden. Trondheimsfjorden er dekket med omtrent 200 stasjoner (Se figur 4).

Stasjonene undersøkes med vertikale planktontrekk med en egghåv (WP2, 500 µm duk) (25;26) fra 50 m og til overflaten, eventuelt noen få meter over bunnen der bunndypet er mindre enn 50 m. I samtlige prøver blir egg sortert ut, artsbestemt, fotografert og preservert på sprit. Artsbestemmelse gjøres på friskt materiale, men for flere arter er det ikke mulig å gjøre en nøyaktig artsbestemmelse kun basert på visuelle trekk. Særlig gjelder dette torskefisk, der torsk, hyse, sei (*Pollachius virens*), hvitting og enkelte andre overlapper i størrelse og har svært få kjennetegn som bidrar til at disse kan skilles. En sikker artsbestemmelse av egg fra torskefisk er ikke mulig uten genetiske undersøkelser (27). Nærmere beskrivelse av gytefeltkartleggingen er beskrevet i (28).

Trondheimsfjorden er ikke tidligere dekket med systematiske egg-undersøkelser, men de ytre delene av Trøndelag fra Brekstadbukta og utover ble dekket i 2008 og 2009, mens det ble gjort undersøkelser rundt Frøya og Hitra i 2018 og 2019. I 2022 gjennomførte Havforskningsinstituttet et tokt for kartlegging av gytefelt i Trondheimsfjorden og nærliggende kystområder utenfor fjorden i perioden 29.03 til 07.04.

I Trondheimsfjorden ble det funnet 2176 egg som tilsvarer ca. 10 egg per stasjon (fra 212 stasjoner), mot omtrent 15 egg per stasjon fra de undersøkte stasjonene langs kysten utenfor Trondheimsfjorden (Hitra og Frøya m.m., se Figur 4).

Ut over torsk og andre torskefisk var de artene som ble funnet i større mengder inne i Trondheimsfjorden: skrubbe (totalt 347 egg inne i fjorden), gapeflyndre (*Hippoglossoides platessoides*) (95 egg), rødspette (37 egg). Det ble også funnet egg av brisling (*Sprattus sprattus*) (72 egg) på noen stasjoner, selv om hovedgytingen for brisling er noe senere enn når dette toktet ble gjennomført.

Egg fra både torsk og rødspette ble på generelt grunnlag funnet i høyere konsentrasjoner på stasjonene utenfor Trondheimsfjorden. Hoveddelen av torskeegg i Trondheimsfjorden ble funnet i Stjørnfjorden eller i området tilknyttet Beitstadfjorden. Brisling derimot ble i hovedsak funnet inne i Trondheimsfjorden. Totalt indikerer gytefeltkartleggingen at Trondheimsfjorden har flere gytefelt for torskefisk, flyndrefisk og brisling som kan fungere som unike lokale gytefelter. Hvorvidt dette kan gi opphav til lokale bestander med lokal tilpasning vil avhenge av utvekslingen av individer mellom de ulike potensielle bestandene (29;30). Uten detaljerte partikkelspredningsmodeller kan man gjette på at det er lite utveksling av egg og larver fra

de indre områdene rundt Beitstadfjorden, med de ytre kystområdene i Trøndelag (31). Det er også mulig at egg holdes tilbake på flere gytefelt lengre ute i Trondheimsfjorden også. Lokale stammer av fisk vil videre være avhengig av at gytemoden fisk i stor grad kommer tilbake til det gytefeltet de selv er gytt.

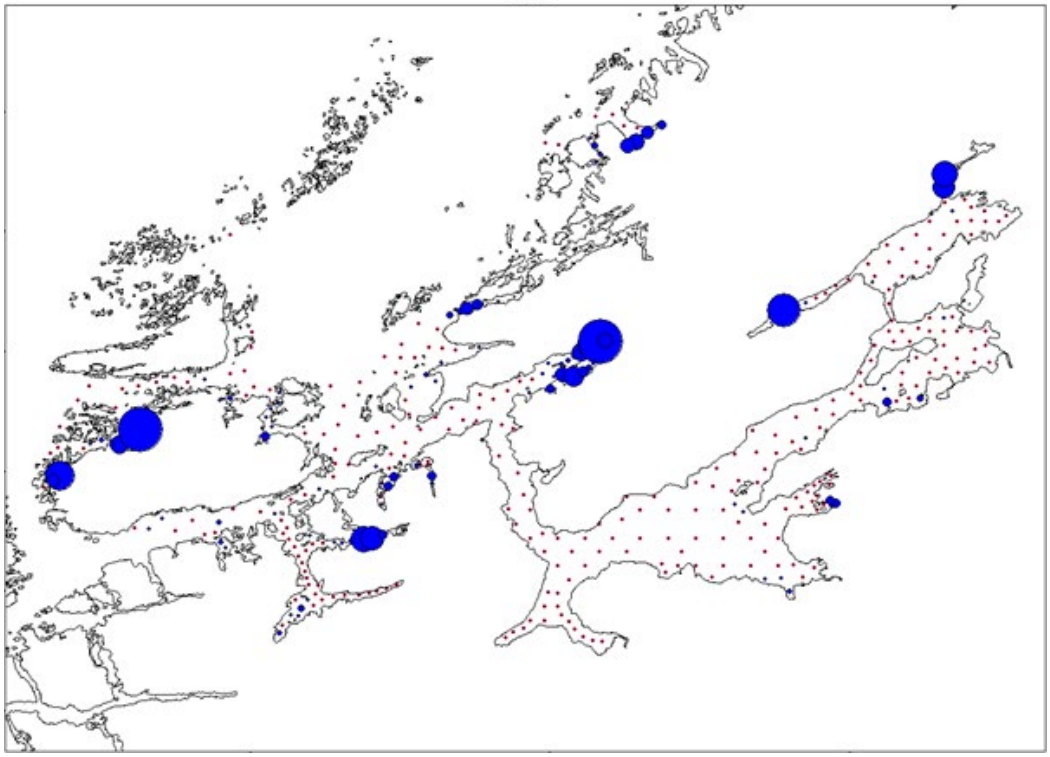
Generelt er torskefisk og flyndrefisk vanlige arter som gyter på denne tiden av året. Andre arter som normalt blir funnet i gytefeltkartleggingen på denne tiden, men som ikke var til stede i eggfangstene i Trondheimsfjorden er brosme og tangbrosme, som ble funnet i ytre deler av kysten og sandflyndre som bare ble funnet i svært lave konsentrasjoner av egg.

Torsk

I Trondheimsfjorden var en større andel av eggene fra torsk og torskefisk som ble samlet i toktperioden nygytte enn i de ytre områdene. Inne i fjorden var 68% av eggene fra første stadium, dvs. bare få dager gamle. I ytre områder var bare 57% av eggene første stadium.

Områder hvor det ble funnet nygytte torskeegg inne i Trondheimsfjorden overlapper i stor grad med områder som basert på tidligere data er registrert som gytefelt. Særlig gjelder dette i det indre bassenget av Trondheimsfjorden (Beitstadfjorden) som Verrasundet, Verrabotn og Beitstadsundet. Området registrert som gytefelt «Beitstadfjorden – Innerøylandet» kan nok være registrert med bakgrunn i tilstedeværelse av gytemoden voksenfisk i dette område. Det er lite trolig at dette område utveksler noe særlig egg med områder utenfor Trondheimsfjorden, og at disse gytefelteltene mest sannsynlig vil bidra til lokal rekruttering. Det ble også funnet egg i område som er registrert som «Skogn – Levanger» og i indre del av Åsenfjorden, som ikke er registrert som gytefelt.

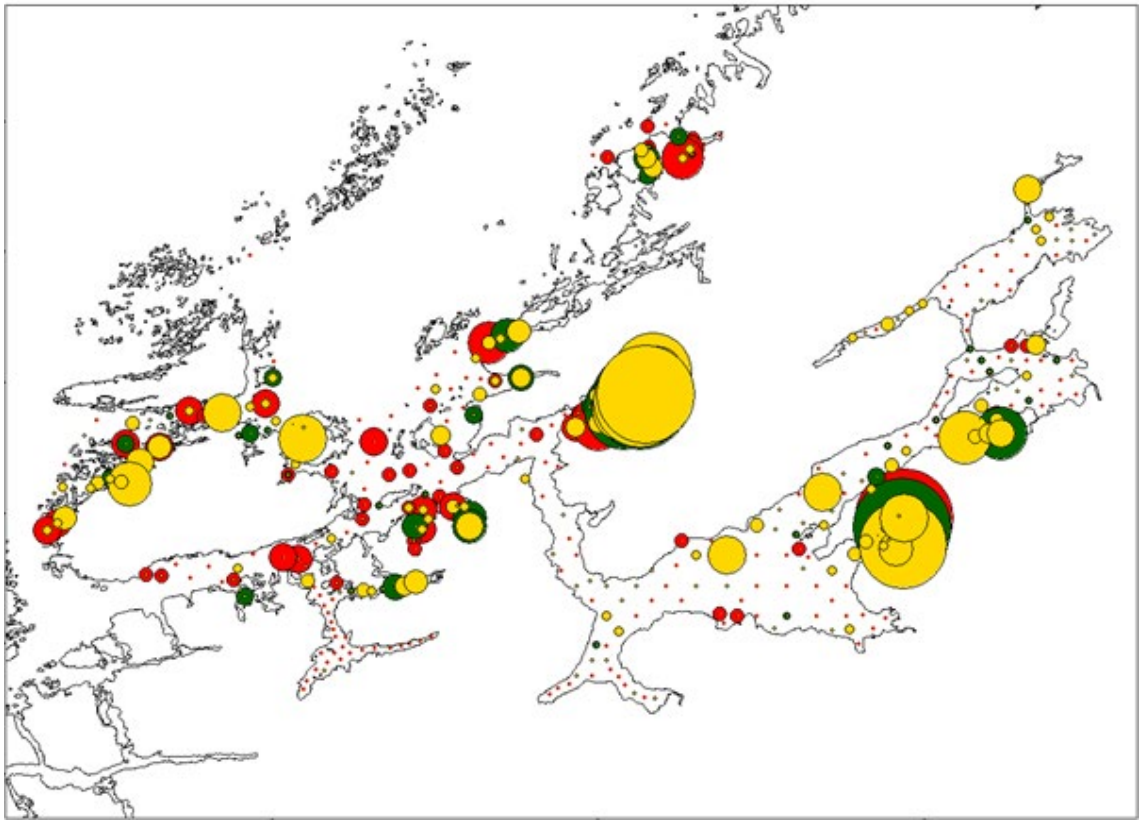
Det må bemerkes at egg av torsk ikke sikkert kan bestemmes til art uten genetiske undersøkelser. Genetiske undersøkelser av egg fra dette område forventes å være klare i løpet av høsten 2022. Det relative forholdet mellom egg i forskjellige områder kan få en annen betydning dersom dette viser seg at egg fra ulike arter dominerer på forskjellige steder.



Figur 4: Fordeling av nygytte egg av torskefisk i Trondheimsfjorden og utenfor kysten av Trøndelag. Sirklene er skalert i hht. antall egg som ble funnet for hver stasjon. Den største sirkelen tilsvarer 118 egg. Røde stasjoner representerer undersøkte stasjoner med svært få eller ingen egg.

Flyndrefisk

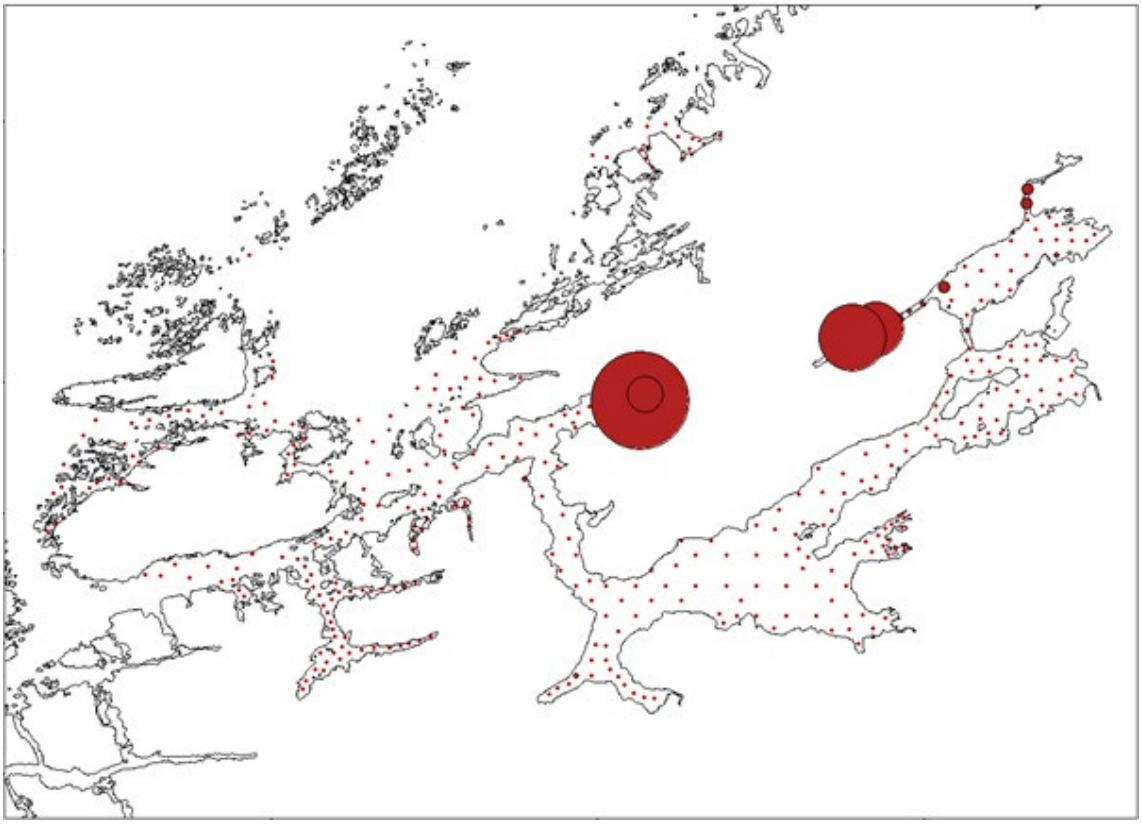
Egg av mange flyndrefisk kan med relativ stor sikkerhet visuelt bestemmes til art, og artene som primært blir funnet på gytefelttokt er skrubbe, gapeflyndre, rødspette og sandflyndre. I Trondheimsfjorden er tilsynelatende Stjørnfjorden og Åsenfjorden gode gytefelt for rødspette gapeflyndre og skrubbe (Figur 5). Skrubbe og gapeflyndre har også et mulig gytefelt i område rundt Hestøya (Figur 5). Skrubbeegg ble også funnet i Beitstadfjorden i mindre konsentrasjoner (Figur 5). Det må bemerkes at det ble funnet egg av både skrubbe og rødspette utenfor Borgenfjorden. Dette kan være egg som er drevet ut av fjorden som er tidligere omtalt som viktig gyteområde for rødspette. Det var ikke mulig å gjennomføre håvtrekk etter egg inne i Borgenfjorden på Havforskningsinstituttets tokt da innseilingen var for lav.



Figur 5: Fordeling av egg fra tre forskjellige arter flyndrefisk: rødspette (rød), gapeflyndre (grønn) og skrubbe (gul). Sirklene er skalert i henhold til antall egg som ble funnet for hver stasjon, men er ikke standardisert mellom arter. De største sirklene tilsvarer hhv 7 egg for rødspette, 11 egg for Gapeflyndre og 20 egg for skrubbe. De minste røde prikkene representerer undersøkte stasjoner med svært få eller ingen egg.

Brisling

Brisling gyter primært noe senere på året enn i perioden hvor gytefeltkartleggingen gjennomfører tokt, men egg fra brisling finnes ofte på enkeltstasjoner i denne tidlige perioden. To områder i Trondheimsfjorden stikker seg ut med høye antall brislingegg: Verrabotn og innerst i Stjørnfjorden (Figur 6). Egg fra disse to områdene vil med høy sannsynlighet ikke blandes og derfor representere ulike lokale gytefelt.



Figur 6: Fordeling av brislingegg i Trøndelag. Sirklene er skalert i henhold til antall egg som ble funnet for hver stasjon. Den største sirkelen tilsvarer 16 egg. De minste røde prikkene representerer undersøkte stasjoner med svært få eller ingen egg.

Undersøkelser av fiskeyngel i Trondheimsfjorden

Som ledd i å identifisere gode oppvekstområder for kommersielt viktige arter i kystsonen, gjennomfører Havforskningsinstituttet årlige tokt på sensommeren i ulike regioner i Norge. Hensikten har vært å avdekke hvilke kombinasjoner av miljøparametere, bunntyper og vegetasjonstyper som fiskeyngel av ulike arter foretrekker. Målet er å finne frem til informasjon som kan brukes sammen med eksisterende og kommende habitatkart for å kunne veilede forvaltningen i hvilke områder, kombinasjoner av områder og andre forhold som må tas hensyn til i kystsonen for å sikre god rekruttering av ulike fiskearter.

I august 2020 gjennomførte Havforskningsinstituttet et forskningstokt i områder rundt Ytterøya, Levanger og Verdal for å samle informasjon om tilstedeværelse av fiskeyngel.

Det ble benyttet ulike metoder, herunder fiske med leppefiskteiner, fiske med en spesiallaget yngelsnurrevad som kunne opereres fra liten båt, transekter med undervannsdrone og utsetting av uagnede stereo videorigger. Ved å bruke to undervannskameraer kan bilder settes sammen digitalt i ettertid slik at alle fisker kan måles med en nøyaktighet på få mm.

Det var ønskelig å undersøke et representativt utvalg av ulike habitater og dybder, med et bredt spekter av bunnsubstrater og vegetasjon.

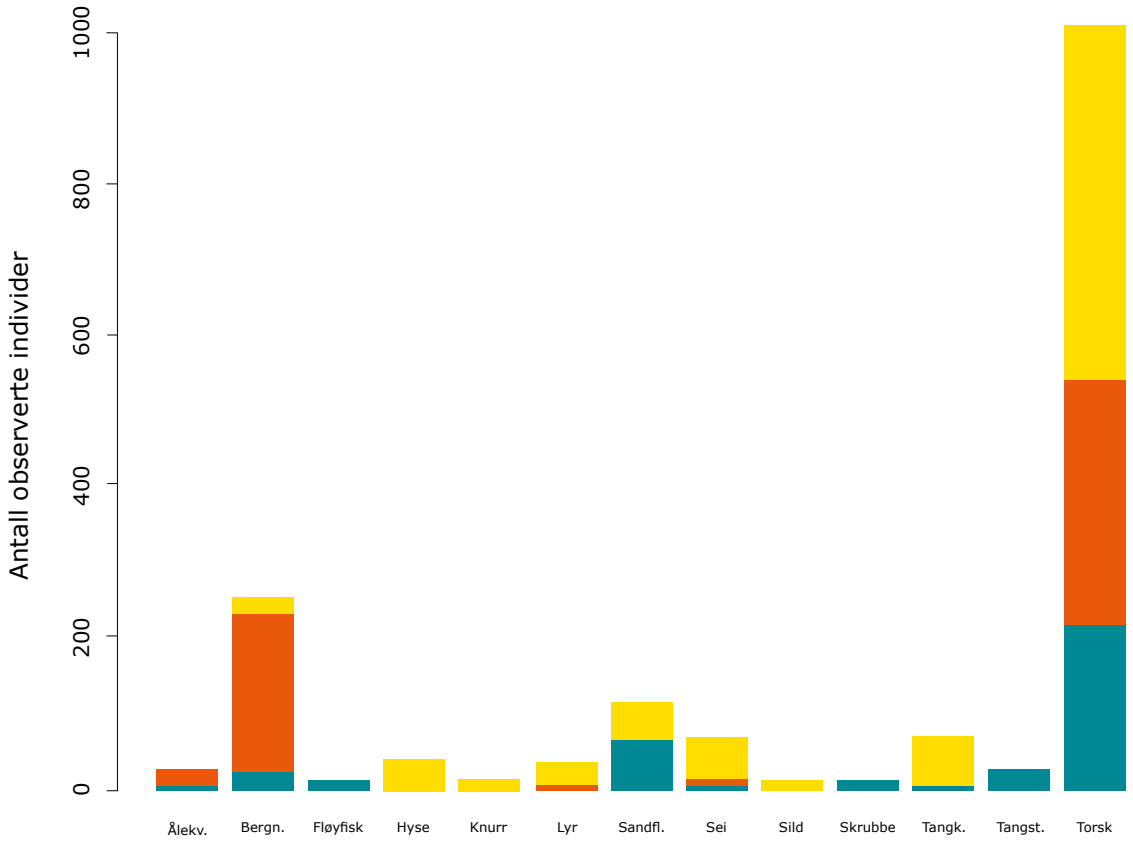
Tabell 1: Oversikt over arter registrert i grunne områder i indre deler av Trondheimsfjorden

Familie	Fisk representert
Flyndre	Kveite, lomre, rødspette, sandflyndre, skrubbe
Fløyfisk	Fløyfisk
Havmus	Havmus
Knurr	Knurr
Kutling	Bergkutling, glasskutling, krystallkutling, leirkutling, sandkutling, svartkutling, tangkutling
Laks	Sjøørret
Leppefisk	Berggylt, bergnebb, grønngylt
Makrell	Makrell
Nålefisk	Havnål, Liten havnål, stor havnål, tangsnelle
Panserulke	Panserulke
Pigghå	Pigghå
Sild	Sild
Sil	Sil
Stingsild	Tangstikling
Tangsprell	Tangsprell
Torsk	Hyse, lyr, sei, sypike, torsk
Ulke	Dvergulke, vanlig ulke
Ålekvabbe	Ålekvabbe

I området ble det gjennomført 482 «observasjoner» bestående av 330 teinetrekk, 109 videostasjoner (med en times film fra hver stasjon) og 43 snurrevadtrekk. Disse observasjonene

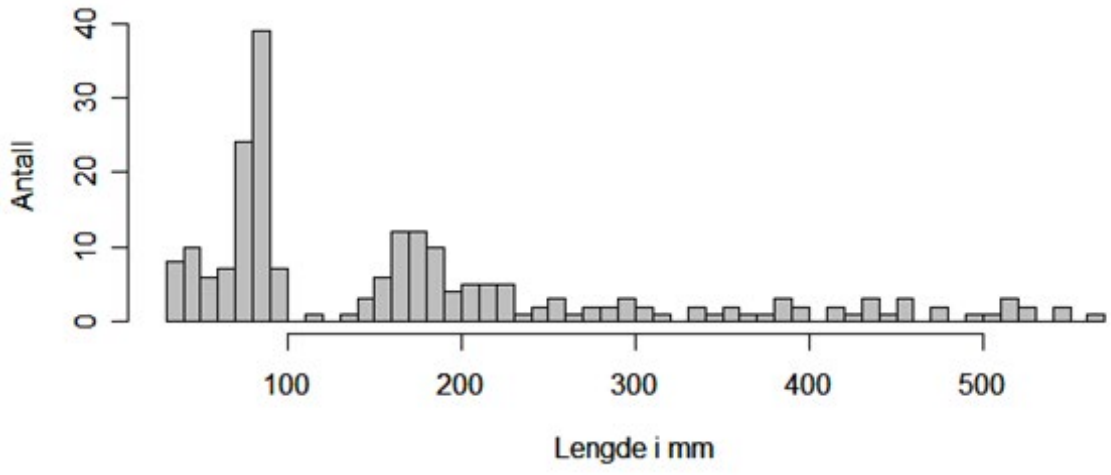
dekket dybder fra 1 m til 21 m dyp. For hver observasjon ble alle individer av fisk fra alle arter telt, og der det var mulig ble også lengde på fisken registrert. Ulike redskaper vil alltid har fangbarhetsbegrensninger i forhold til ulike arter og ulik adferd, men samlet er det vurdert at disse tre metodene gir et relativt godt og representativt bilde av artene som kan finnes i grunne områder inne i Trondheimsfjorden.

Totalt for alle redskap ble det registrert 38 ulike arter av fisk (Tabell 1), mens 24 av disse ble registrert med 10 eller færre individer totalt sett. De 13 mest tallrike artene som ble observert i strandsonen i Trondheimsfjorden er vist i Figur 7.



Figur 7: Søylediagram som viser forekomst av de 13 mest tallrike artene i strandsonen i Trondheimsfjorden i 2020 fordelt på observasjoner fra tre ulike metoder. Blå/grønn er fisk fanget i snurrevad, oransj er fisk fanget i teiner og gul er fisk observert på video. Ålekv.: Ålekvabbe, Bergn.: Bergnebb, Sandfl.: Sandflyndre, Tangk.: Tangkutling, Tangst.: Tangstikling.

Tilsvarende undersøkelser ble gjennomført i områdene rundt Frøya utenfor Trondheimsfjorden. Der ble det observert 45 ulike arter. Tallmessig dominerte torsk i mye større grad inne i Trondheimsfjorden enn utenfor, der antallet torsk pr observasjon (teine, video eller snurrevadhal) var i størrelsesorden dobbelt så stor som rundt Frøya.



Figur 8: Størrelsesfordeling av torsk i Trondheimsfjorden. Fisk under 100mm er de som er gytt samme år. Fisk med en størrelsestopp rundt 180 mm, vil mest sannsynlig være ett år gammel fisk.

En stor del av torsken observert i Trondheimsfjorden var enten 0-gruppe (årets torskeyngel) eller I-gruppe (ettåringer), mens andelen større fisk var lavere (Figur 8). Disse observasjonene indikerer at torsk som er gytt inne i Trondheimsfjorden også i stor grad vokser opp inne i Trondheimsfjorden og at også sand- og mudderbunnsområder inne i fjorden kan fungere som gode oppvekstområder for torsk.

Observasjonene i Trondheimsfjorden er preget av at de i hovedsak er gjort på sand- eller mudderbunn (95% av alle videoobservasjonene var klassifisert som sand eller mudder), mens i de ytre områdene var hardbunn mer vanlig (rundt Frøya var 63 % klassifisert som sand eller mudder). Dette kan ikke direkte tolkes som fordeling av mengden av de ulike habitatene, men indikerer at Trondheimsfjorden antagelig har mer bløtbunnshabitater, enn i de ytre områdene, som igjen påvirker hvilke arter som dominerer.

Overvåking av innsig av laks (*Salmo salar*) og rømt oppdrettslaks til Trondheimsfjorden

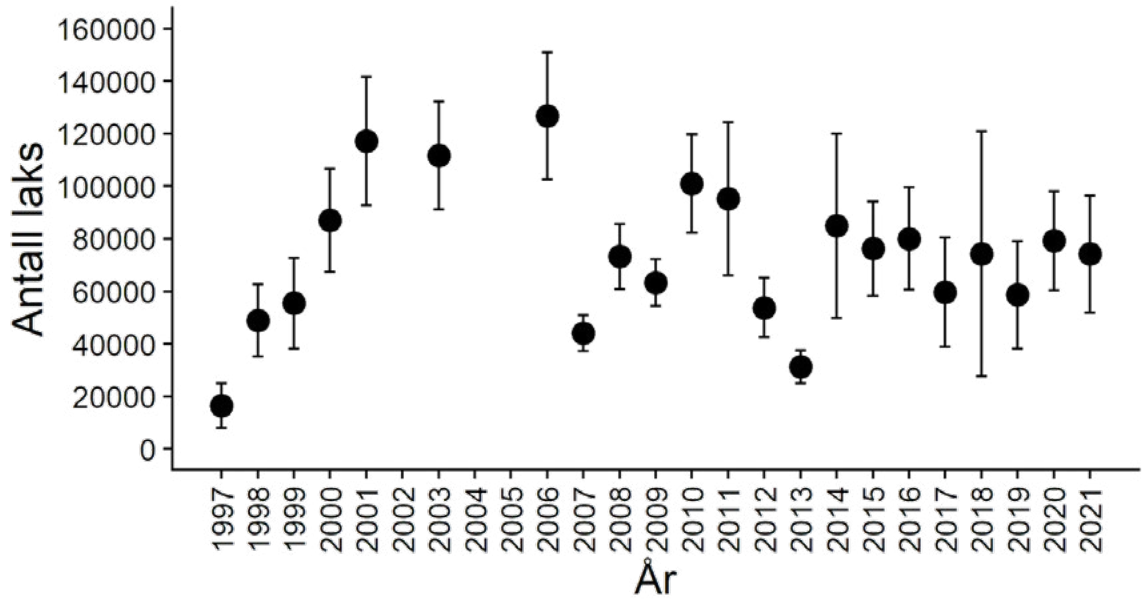
Mengden av laks som kommer tilbake som gytefisk fra havet til norskekysten (innsiget) er i dag beregnet å være mer enn halvert siden 1980-tallet (32). Den største nedgangen i lakseinnsiget er observert i Midt-Norge og Vest-Norge, og bestandsnedgangen i denne regionen skyldes blant annet negative effekter av lakseoppdrett, som rømt oppdrettslaks, lakselus og andre infeksjoner knyttet til oppdrett av laks (32). Trondheimsfjorden har siden 2003 vært definert som en nasjonal laksefjord som innebærer at tilhørende bestander skal ha særlig beskyttelse mot negative påvirkningsfaktorer. Fjorden kan også betegnes som en av de viktigste laksefjordene i verden (33). Den «huser» syv nasjonale lakseelver, deriblant to av Norges største; Gaula og Orkla, i tillegg til Nidelva, Stjørdalselva, Verdalselva, Steinkjervassdraget og Figga. Det er videre 18 andre vassdrag som renner ut i fjorden som er vurdert å ha selvreproduserende bestander av laks (33).

For å sikre bærekraftig beskatning av villaks er det av stor forvaltningsmessig nytte å overvåke hvor mange og når laksen ankommer kysten og vandrer inn i lakseelver. I Trondheimsfjorden

har Norsk institutt for naturforskning (NINA) årlig overvåket innsiget av laks siden 1986 gjennom kilenotfiske[1]. Formålet med disse undersøkelsene er blant annet å fortløpende beskrive den relative størrelsen av lakseinnsiget, beskrive laksens livshistorie og å kartlegge innslaget av rømt oppdrettslaks og dens rømmingshistorie.

Kilenøtene er plassert ved Agdenes som ligger ved utløpet av fjorden (Ytre Agdenes Merke- og Overvåkingsstasjon (YAMO). Tilnærmet all laks som fanges i kilenøtene undersøkes ved at den lengdemåles, kjønnsbestemmes og tas skjellprøve av. Uskadet villaks settes ut igjen mens antatt oppdrettslaks avlives. Kilenøtene er i dag i bruk fra mai til medio september. At fiskeperioden omfatter sensommer/høst er viktig for å kunne fange opp en størst mulig andel oppdrettslaks. Rømt oppdrettslaks vandrer som regel senere inn i fjorden og opp i elvene enn villaksen (34).

Siden 1997 har et utvalg av laksen som fanges i kilenøtene blitt merket med såkalte Carlin eller Lea-merker før den har blitt gjenutsatt. Dette for å kunne gjøre innsigsberegninger av laks basert på merking-gjenfangst forhold (Petersens metode, (35)). I 2021 ble det fanget i overkant av 800 laks i de to kilenøtene ved Agdenes, og det estimerte innsiget av laks til Trondheimsfjorden lå på omtrent 74 000 (36). Siden 2014 har dette tallet ligget relativt stabilt mellom 60-80 000 laks (Figur 9), som tilsvarer omtrent 15 % av beregnet nasjonalt innsig (~ 500 000 - 550 000) (Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 2021). Det er begrenset kunnskap om variasjonen i sjøoverlevelsen til laksen, og årsaken til at det kan være store svingninger i størrelsen på innsiget fra år til år er ukjent. Tid det tar å kjønnsmodnes, predasjon og fødetilgang er faktorer som påvirker laksens sjøoverlevelse (32).



Figur 9: Estimert innsig av laks til Trondheimsfjorden fra 1997 til 2021. Variasjonsbredden (vertikale linjer) er 95 % konfidensintervall. (Figuren er hentet fra (34)).

[1] Norsk institutt for naturforskning (NINA) er ansvarlig for gjennomføring og rapportering av kilenotovervåkingen. Undersøkelsene har gjennom årene blitt finansiert av flere statlige miljøforvaltningsorgan, deriblant Miljødirektoratet, og i senere år har også OURO (Oppdrettsnæringens sammenslutning for utfisking av rømt oppdrettslaks) bidratt. Erfarne kilenotfiskere har utført selve fisket.

Skjellprøvene som tas av laksen leses for aldersbestemmelse og livshistorieanalyser slik at laksens sjøalder (hvor mange år laksen oppholdt seg i havet før den returnerte for å gyte i elva) og smoltalder (hvor mange år laksen tilbragte i elva før den vandret ut i sjøen) kan bestemmes. Andel smålaks (<66 cm), mellomlaks og storlaks (>88 cm) i sjøfangstene kan variere betraktelig fra år til år. I 2016 og 2019 ble det eksempelvis fanget en høy andel storlaks i kilenøtene i Trondheimsfjorden. Andelen laks større enn 88 cm i fangstene var over 25 % og 30 % disse årene, mot ~15 % andre år (fra 2013-2021) (36). Andelen smålaks i fangstene antas imidlertid å bli underestimert sammenlignet med det reelle innsiget på grunn av kilenøtenes maskevidde (58 og 40 mm). En oversikt over antall laks fanget i kilenotovervåkingen fra 2013 til dags dato fordelt på størrelsesklasse finnes på NINA sine nettsider (Lakseinnsig til Trondheimsfjorden (nina.no)). Her kan man fortløpende følge med på kilenotovervåkingen mens den foregår ettersom fangstresultater oppdateres hver sjette dag gjennom fiskeperioden.

Skjellanalysen brukes også til å verifisere den visuelle klassifiseringen av oppdrettslaks som gjøres i felt. Villaks har en skjellvekst som gjenspeiler varierende vekstforhold mellom sommer og vinter (37) mens oppdrettslaksen har en mer stabil næringstilgang, noe som gjenspeiles som et jevnere vekstmønster i skjellene (38; 39). Andel rømt oppdrettslaks i kilenotfangstene i Trondheimsfjorden var 3,3 % i 2021, og har variert mellom 3,5 - 9,5 % siden 2012 (36). Rømt oppdrettslaks er et betydelig problem for villaksen ettersom den gyter i samme områder og med dette bidrar til å «vanne ut» genene til de lokale bestandene, som igjen kan medføre at neste generasjoner blir dårligere tilpasset de lokale forholdene i elva (40; 41; 42). Kilenotovervåkingen er nyttig i denne sammenheng, både fordi den bidrar til å fjerne oppdrettslaks på vandring og fordi den gir et slags tidlig varsel på hva en kan forvente å finne av andel oppdrettslaks i de viktigste elvene rundt Trondheimsfjorden.

Fiskeri

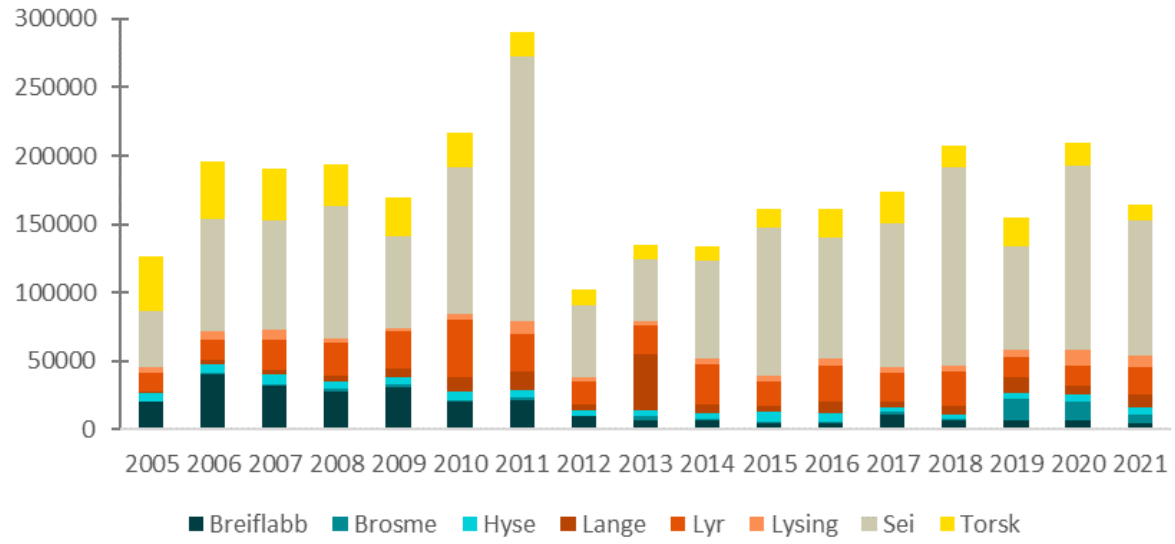
Kommersielt fiske

Sammenlignet med andre kystnære fiskerier i Norge er dagens kommersielle fiske i Trondheimsfjorden relativt beskjedent i form av fangstmengde og verdi. I 2021 var total registrert fangst av fisk tilknyttet yrkesfiske i Trondheimsfjorden ca. 180 tonn. Førstehåndsverdien av fangsten var i overkant av 2,1 millioner kroner. Disse tallene er basert på statistikk fra Fiskeridirektoratet som innbefatter mengde fisk som leveres på førstehånd fra en registrert fisker til et godkjent salgslag. Det eksisterer i dag ett fiskemottak i fjorden, Ila Fiskemottak, som ble etablert i 2011. Lokale fiskere har uttalt at etableringen av dette mottaket har gjort livet som yrkesfisker i fjorden smidigere siden reiseveien for å levere fangst har blitt betraktelig kortere og enklere (43). Før 2011 dro fiskerne for eksempel ut til Hitra eller opp til Roan for å selge fangsten. Store deler av fangsten fra det kommersielle fisket i Trondheimsfjorden går til konsum og er å finne på lokale restauranter eller matbutikker.

I 2021 var det 132 personer registrert med fiske som hovedyrke i kommunene rundt Trondheimsfjorden, i tillegg var det 41 personer som stod oppført med fiske som biyrke (Kilde Fiskeridirektoratet). For 30 år siden var disse tallene en god del høyere med over 230 personer med fiske som hovedyrke i 1993. Siden har antallet minket og har fra begynnelsen

av 2000-tallet variert mellom 100-150 fiskere. Antall fiskere reflekterer ikke nødvendigvis den reelle fiskeriaktiviteten i fjorden da flere sannsynligvis benytter seg av produktive fangstområder utenfor Trondheimsfjorden i sitt virke, for eksempel langs kysten av Trøndelag eller i Lofoten (43).

Trondheimsfjordens rike fiskemangfold gjenspeiles delvis i fangststatistikken. I 2021 ble det registrert salg av mer enn 25 ulike fiskearter, hovedsakelig representert av torskefisk, flyndrefisk og bruskfisk i tillegg til andre arter som breiflabb og gråsteinbit. De viktigste fiskeriene har tradisjonelt vært tilknyttet fiske av torskefisk, og dette er også gjeldende i dag. Sei stod for over 50 % av landingene i næringsfiske i 2021 med en fangst på nesten 100 tonn (Kilde Fiskeridirektoratet). Dernest fulgte lyr (*Pollachius pollachius*) (11 %), torsk (6,6 %) og lange (Molva molva) (5,5 %). Videre ble det fisket relativt store mengder av lysing (*Merluccius merluccius*), brosme (*Brosme brosme*), hyse og breiflabb (*Lophius piscatorius*) (4 - 8 tonn per fiskeart). Til sammen utgjorde disse åtte artene over 90 % av total registrert fangst i 2021. Figur 10 viser total fangst (kg) av de nevnte fiskeartene i det kommersielle fisket i Trondheimsfjorden fra 2005 til 2021.

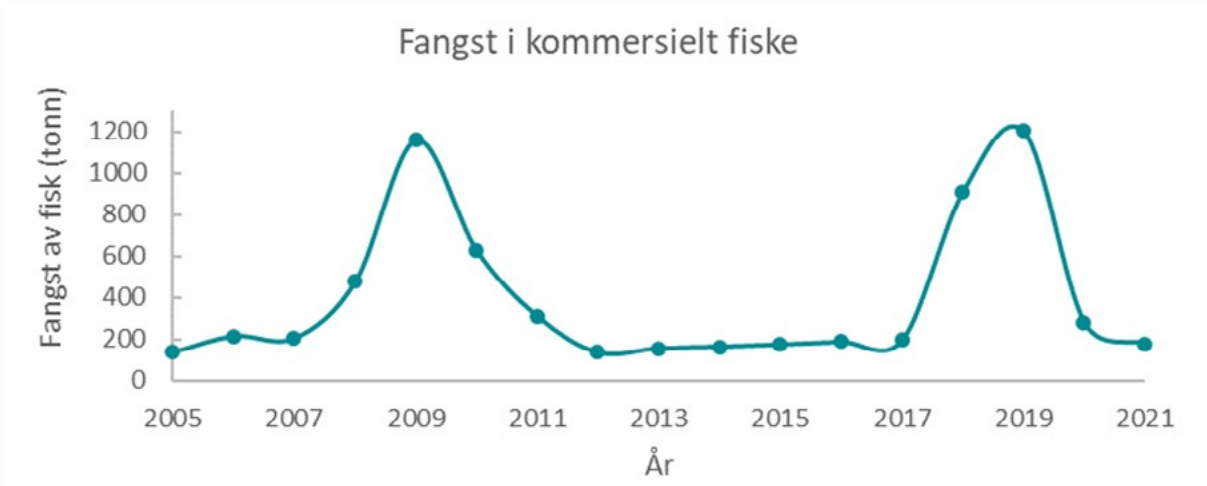


Figur 10: Mengde fangst (kg) per år av de mest fiskede artene i det kommersielle fisket i Trondheimsfjorden fra 2005-2021.

Torskefangstene syntes å være noe større for ~15 år siden (Figur 10). På midten av 2000-tallet lå landingene på rundt 40 tonn per år mens fangstene de seneste årene har variert mellom 10-20 tonn (Figur 10). Reduksjonen i torskefangstene kan ha ulike årsaker. Store forekomster, og oppblomstring av dypvannsmaneten kronemanet (*Periphylla periphylla*) i indre deler av Trondheimsfjorden (spesielt Beitstadfjorden, Verrasundet og Verrabotn) fra omtrent år 2000 (44) har mulig bidratt til reduserte mengder av torsk i de innerste delene av fjorden (45). Kronemaneten regnes som en sterk konkurrent til fisk, men relativt lite er kjent om dens økologi, populasjons- og livssyklusdynamikk og faktorene som regulerer bestander. Kronemaneten har få naturlige fiender og konkurrerer med alle livsstadier av torsk om matfatet. Det vil si den spiser samme type byttedyr som både ung og voksen torsk som f.eks. raudåte og fiskelarver i tillegg til småfisk. Yrkesfiskere fra de innerste delene av fjorden har meldt

om flere negative påvirkninger fra kronemaneten. De må reise lengre ut i fjorden for å finne egnede fiskeområder, fiskekvaliteten forringes ved bifangst av manetene, og de bruker mer tid på å rense garnene for manetrester (45). Redusert kilopris for torsk og økte kostnader innen torskefiske har ellers også blitt rapportert som årsak til at dette fiskeriet har minket i omfang i fjorden (45). Fangst av breiflabb kan synes å ha en lignende utvikling som torskefisket. Årlige landinger av denne bunnlevende rovfisken har minket fra rundt 20-30 tonn i 2005-2011 til rundt 5 tonn i senere år (Figur 10). Andre arter har økt i fangstmengde og andel, dette gjelder spesielt sei, og brosme for de siste tre årene (Figur 10).

Den totale mengden fangst registrert i det kommersielle fiske i fjorden har de siste ~ 15 årene ligget på omtrent 200 tonn med unntak av år der fiske etter brisling har vært tillatt i fjorden (Figur 11). Det var åpent for brislingfiske i 2009-2010 og 2018-2020. Enkelte av disse årene var landingene i fjorden betydelig høyere med totalfangster på nesten 1200 tonn (Figur 11). Fiske av kystbrisling har siden 2017 blitt regulert i noen av vestlandsfjordene med fastsatte kvoter, men i Trondheimsfjorden har foreløpig en slik kvotesetting uteblitt på grunn av mangel på tilstrekkelige undersøkelser i fjorden. Fangstene av kystbrisling i 2009 og 2010 var henholdsvis 974 og 377 tonn, mens det i 2018, 2019, 2020 ble tatt henholdsvis 686, 1042 og 44 tonn. Fisket av brisling, som foregår ved bruk av snurpenot og lys, har ikke gått upåaktet hen i Trondheimsfjorden, men bidratt til stor misnøye blant lokale tradisjonelle fiskere, hobbyfiskere og miljøaktører. Det har blitt hevdet at måten brislingfisket utføres på forårsaker store bifangster av andre arter og at fangst av andre fiskeslag har minket som følge av dette. På grunn av manglende grunnlag for fastsettelse av kvote kom det i august 2021 en ny forskrift om midlertidig regulering av brislingfiske der det ble forbudt å fiske etter brisling i Trondheimsfjorden fra august 2021 til og med juli 2022 (46).

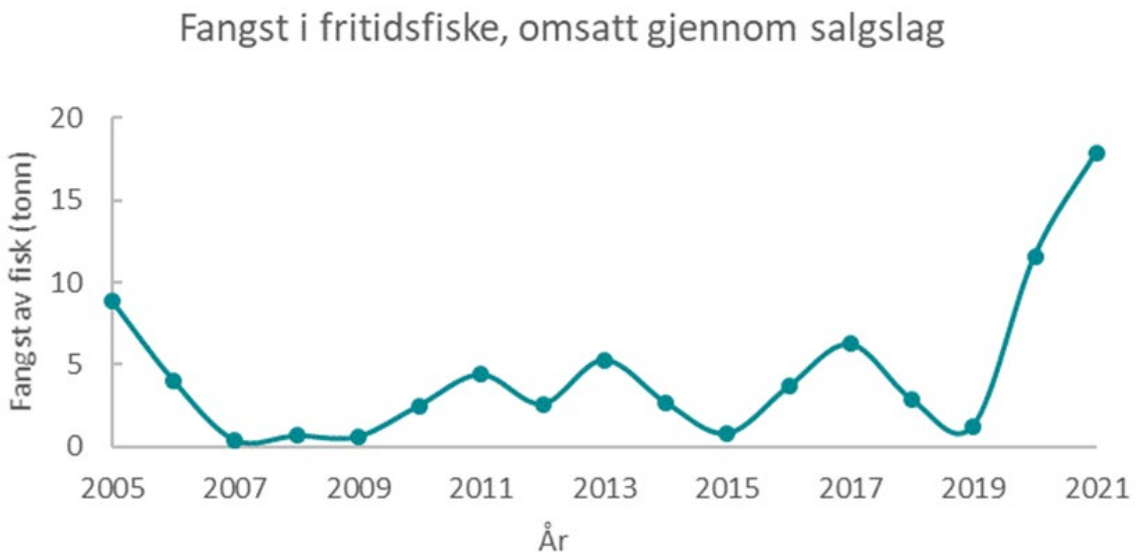


Figur 11: Total registrert fangst av fisk i det kommersielle fisket i Trondheimsfjorden fra 2005-2021.

Fritidsfiske og turistfiske

Trondheimsfjordens varierte fiskefauna gjør den til et populært område for hobbyfiskere, og antageligvis står fritidsfiske for en betydelig del av beskatningen av enkelte arter. Det foregår fiske gjennom hele året, for eksempel er isfiske etter hvitting, torsk og hyse populært i Verrabotn og Verrasundet, og på sommeren foregår det fiske etter sild og makrell i midtre

deler av fjorden. Det foreligger imidlertid svært begrenset informasjon om fangst landet under fritidsfiske da det kun er fangst som omsettes av fritidsfiskere gjennom godkjente salgslag som dokumenteres. Fra 2005 til 2021 har denne registrerte fangsten variert fra tilnærmet null til over 18 tonn per år (Figur 12). Sistnevnte tall er fra 2021 og er vesentlig høyere enn hva som er rapportert tidligere i perioden, noe som også gjelder for 2020 da ca. 12 tonn ble omsatt. Økningen skyldes muligens følgene av koronapandemien som bidro til at mesteparten av den norske befolkningen ferierte innenlands de siste to årene og som igjen bidro til at flere brukte mer tid på friluftsaktiviteter som fiske. Fiske hos turistfiskebedrifter rapporteres som antall fisk og ikke i mengde, slik at sammenstilling med annen rapportering er vanskelig. Som for yrkesfiske viser statistikken for den registrerte omsatte fangsten i fritidsfiske at det fiskes mest sei i fjorden, deretter følger andre torskefisk som lyr, torsk og hyse, brosme og lysing (ikke vist).



Figur 12: Registrert fangst omsatt gjennom salgslag av fritidsfiskere i Trondheimsfjorden fra 2005-2021. (Figuren er basert på statistikk hentet fra Fiskeridirektoratet).

I tillegg til det som registreres av salgslagene, foreligger det også noen fangsttall fra turistfiske. Fra 2018 ble turistfiskebedrifter pålagt å registrere all fangst, oppført i antall, av artene torsk, sei, kveite, steinbit og uer. Det totale antallet fisk beholdt i turistfiske i kommuner rundt Trondheimsfjorden var henholdsvis 10756 og 25346 i 2020 og 2021. For 2020 utgjorde 6234 av disse sei, og 4348 var torsk. I 2021 ble det beholdt 14876 sei, 9805 torsk og 593 uer (Kilde Fiskeridirektoratet).

Tilstand og utvikling

Tilstand

Det er hovedsakelig de økonomisk viktige artene man har noe særlig kunnskap om i Trondheimsfjorden. Det foreligger ingen oppdaterte mengdeestimat av antatte lokale fiskebestander i fjorden, men fangstdata fra det kommersielle fiske og fritidsfiske tyder på at

det er levedyktige bestander av flere arter av torskefisk i fjorden. Spesielt sei virker å være tallrik.

En systematisk undersøkelse av gytefeltområder ble gjennomført i fjorden for første gang i 2022 og resultater fra denne gytefeltkartleggingen bekrefter tidligere funn fra forskning i fjorden; det er flere gytefelt for torsk i indre deler av fjorden, og disse bidrar mest sannsynlig til lokal rekruttering. Undersøkelsene av oppvekstområder med høye observasjoner av torskeyngel indikerte videre at torsk som er gytt inne i Trondheimsfjorden i stor grad også vokser opp inne i Trondheimsfjorden. Flere gyteområder for flyndrefisk ble dokumentert i midtre deler, og det ble funnet egg fra brisling både helt innerst og helt ytterst i fjorden. Det er lite sannsynlig at egg fra disse områdene blandes og disse to brislinglokalitetene representerer derfor trolig to lokale gytefelt.

Bestandsutvikling

Det foreligger ikke tilstrekkelig kunnskapsgrunnlag for å kunne si noe om bestandsutviklingen til ulike fiskearter i fjorden. De senere år har det ikke blitt gjennomført systematiske, fiskeriuavhengige undersøkelser av enkeltarter, og fiskeridataene er mangelfulle ettersom beskatningen innen fritidsfiske hovedsakelig ikke rapporteres. Det totale beskatningsnivået for flere viktige torskefisk som det trolig fiskes mye på i fritidsfiske er ukjent.

Torskens populasjonsdynamikk i fjorden ble tidligere undersøkt gjennom NTNUs langtidsserie med tråling i Verrabotn og Borgenfjorden. Innsamling av torsk fra disse delene av fjorden fra 1960-tallet frem til begynnelsen av 2000-tallet ga svært verdifulle data med mulighet for målinger av alder, vekst, kjønnsmodning, kondisjon, forekomst av parasitter mm., i tillegg genetiske undersøkelser. I 2000 ble det rapportert at årsklassestyrken for torsk fanget i Verrabotn hadde sunket til et gjennomsnittlig lavere bestandsnivå de senere år sammenlignet med 1960-årene (6). Manglende satsinger på systematisk innsamling av torsk de senere år og manglende undersøkelser av enkeltindivid har ført til at det i dag ikke eksisterer datagrunnlag for å kunne si noe om hvordan «Trondheimsfjordtorskens» utvikling har vært de siste ~15 årene. Generelt sett var det ingen store endringer i estimert fangstrate (CPUE) for fisk i indre deler av fjorden basert på diverse tråling i perioden 2006-2021.

Eventuelle trender

Grunnlaget for å si noe om endringer over tid i forhold til artsmangfold og artssammensetning av fisk i fjorden må også sies å være mangelfull. NTNU Vitenskapsmuseets database over fisk inneholder objekter og observasjoner tilbake til 1860, men databasen bærer i hovedsak preg av å inneholde gamle data med få registreringer fra nyere tid. I forbindelse med studentkurs i marin biodiversitet ved NTNU gjennomføres det årlig tråling i ytre deler av fjorden, og utenfor. Kurset har foregått siden 2006, og enkelte arter man tidligere ikke fanget har i senere år dukket opp som fast innslag i trålen. Dette har blitt tolket som en endring i fjordens fiskefauna, og gjelder for eksempel skjellbrosme (*Phycis blennoides*). Men nærmere undersøkelse av gamle registreringer viser at skjellbrosmen ble observert i fjorden allerede på 1880-tallet. Slike tidlige

observasjoner eksisterer også for flere andre fiskearter man i nyere tid har spekulert i kan være nykommere i Trondheimsfjorden (Bakken T., pers. komm., Hårsaker mfl. 2022). En art ser ut til å ha blitt borte fra fjorden; nebbskate (*Leucoraja fullonica*) ble rapportert "meget hyppig" som fangst på dypvannsline av Storm (1883) (3), og senere som den vanligste skaten i fjorden av Swenander (1906) (4). Så vidt vi vet er den ikke rapportert i Trondheimsfjorden i nyere tid, og arten er i dag oppført som kritisk truet på Rødlista (47). Diversitetsanalysen av trålfangstene fra de siste 15 årene viste lite tegn til endring i artsmangfoldet. Men denne diversitetsanalysen er svært begrenset da den kun omfatter fiskeartene som ble fanget i bunntrålen over en relativt kort periode. Det finnes derfor ikke grunnlag for å kunne si noe om utviklingen til Trondheimsfjordens fiskemangfold basert på undersøkelser gjort i nyere tid.

Ytre påvirkninger og mulig fremtidig utvikling

Ved siden av fiskeri som naturligvis påvirker flere fiskearter i fjorden (fangst av over 25 arter ble registrert i det kommersielle fisket i 2021), er det flere andre faktorer som både direkte eller indirekte kan ha en betydning for fiskebestandene i Trondheimsfjorden. Effekter av klimaendringer med økte temperaturer, økt nedbør og følgende økt ferskvannsavrenning til fjorden anses som de mest aktuelle påvirkningene å gå videre inn på her. Som vist i NTNUs langtidsserie av hydrografiske målinger har temperaturen i bunnvannet i alle bassengene i fjorden økt mellom ~ 0.5-1°C siden målingene startet på 1960-tallet (Kapittel 1). En nylig publisert studie vurderte hvordan klimaendringer vil påvirke fiskebestander i norske havområder. De fant at flere bestander med en utbredelse nord for 62°N faktisk forventes å reagere positivt på endringene; sild og makrell for eksempel (48). Videre ble den varmekjære arten lysing trukket frem som en klimavinner som trolig vil øke i omfang (48). I Trondheimsfjorden virker lysing å være relativt tallrik. I 2021 var lysingen den femte mest fiskede arten i det kommersielle fisket, og basert på nevnte studie, vil den antageligvis øke i mengde og i betydning for fjordens fiskeri i tiden fremover.

Det er flere store elver som renner ut i Trondheimsfjorden, og den estuarine sirkulasjonen kan sies å være ganske kraftig med en utgående brakkvannsstrøm på nordsiden av fjorden (49). Basert på resultater fra tidligere forskning (15) er det rimelig å anta at økt ferskvannstilførsel om våren som følge av mer nedbør og større vårflommer kan ha en negativ påvirkning på den lokale torskebestandens rekruttering. Dette fordi en økt estuarin sirkulasjon trolig vil bidra til i mindre grad å holde igjen pelagiske stadier (egg og yngel) av fisk i fjorden. En stor «utskylling» av pelagiske organismer i øvre vannlag om våren kan i så fall også føre til mindre bestander av dyreplankton på denne årstiden, som tidligere vist for raudåte i fjorden (50) som igjen kan bety at næringstilgangen til fiskeyngelen i fjorden blir dårligere. Torsken trekkes frem som eksempel siden man har god kunnskap om denne artens rekruttering i fjorden, men også rekrutteringssuksessen til andre pelagisk vårgytende (antatte) lokale fiskebestander i fjorden, for eksempel hyse og hvitting, og til dels brisling, vil trolig påvirkes av økt ferskvannstilførsel.

Klimaendringer kan også forsterke effekten av andre menneskeskapte påvirkninger på fjorden. Økt ferskvannsavrenning vil for eksempel også medføre en økning i tilførsel av forurensning fra land. I Oslofjorden er tilførsel av næringssalter fra jordbruk, sammen med utslipp fra kloakk regnet som en av de viktigste årsakene til fjordens dårlige miljøtilstand (51), og en rekke tiltak

for å redusere utslipp skal gjennomføres i løpet av de neste fem årene (52). En eutrofieffekt som følge av økt tilgang på næringssalter kan påvirke fisk i området på flere måter, blant annet gjennom dårligere oksygenforhold i bunnvann og mindre egnede oppvekstområder for yngel i forbindelse med redusert forekomst av ålegressenger (51). Miljøtilstanden i Trondheimsfjorden er ikke så alvorlig som i Oslofjorden, men avrenning fra land påvirker forholdene også her. Kystvannet i Norge er de siste 30 årene blitt mørkere som følge av økt tilførsel av organisk materiale (DOM) fra elver, og fjordene er særlig utsatt for denne type lyssvekking (53). Man vet relativt lite om hvordan «formørkningen» av kystvannet vil virke inn på kystøkosystemet i sin helhet, men dårligere lysforhold vil virke negativt på dyr som jakter visuelt etter bytte, slik som fisk hovedsakelig gjør. For taktile predatorer derimot, slik som kronemaneten, kan denne effekten muligens være fordelaktig, og i fjorder der maneten forekommer i store mengder kan mørkere vann ha bidratt til at de har fått et økt fortrinn over fisk (54).

Kunnskaps- og overvåkningsbehov

Fjordens klima er i endring og det er flere ytre, menneskeskapte faktorer som kan påvirke mengde, forekomst og artssammensetning av fisk i fjorden. En langtidsovervåking med tråling og prøvetaking av fisk fra de samme stasjonene i fjorden gjennom året (lignende det som ble gjort i forbindelse med studie av torsk) bør gjenopptas slik at man kan registrere variasjoner og endringer over tid og mellom sesonger. En slik langtidsovervåking bør også planlegges og samkjøres med overvåking av andre organismegrupper og hydrografiske forhold for å bidra til økt kunnskap om fjordens økosystemprosesser. For eksempel bør overvåkingen inkludere undersøkelse av planteplankton og dyreplankton, og abiotiske faktorer, slik som strømforhold, temperatur, saltholdighet og oksygen, for å kunne følge med på hvordan forskjellige faktorer endrer seg og hvordan slike endringer påvirker næringskjeden og høyere trofiske nivå.

Borgenfjorden, med spesielt gode forhold for flyndrefisk er ikke undersøkt på flere år. Bortsett fra en miljøundersøkelse som ble gjennomført i 2013 med kartlegging av strømforhold og sedimentforhold (55), har det foregått svært lite forsknings- og overvåkingsaktivitet der siden 1970-tallet. Borgenfjordundersøkelsene (1967-76) ble initiert for å studere en sterk bestandsnedgang av rødspette. Prosjektet omfattet langt mer enn fisk og la et svært godt grunnlag for kunnskap om Borgenfjorden (56), som man burde bygge videre på. Men i dag har man lite oppdatert kunnskap om hvordan de biologiske forholdene er i fjorden. Den ellers så omfattende gytefeltkartleggingen som ble gjennomført i Trondheimsfjorden i 2022 omfattet heller ikke undersøkelser av Borgenfjorden grunnet for lav innseiling. Mindre fartøy bør derfor anvendes for å gjenoppta tråleaktivitet i denne fjordarmen, og også andre type undersøkelser, som for eksempel strandnotundersøkelser, vil gi nyttig data om fiskeyngel og fiskens oppvekstområder i Borgenfjorden.

Det er hovedsakelig bunntråling som har blitt gjort i Trondheimsfjorden tidligere, og pelagisk fisk har ikke vært mye undersøkt. Nøkkelartene, sild og brisling, som har stor betydning for andre arter i fjorden, bør særlig undersøkes nærmere. Selv om Trondheimsfjorden trolig har en lokal brislingbestand, er det mye man ikke vet om denne arten i fjorden. Gytefelt ble dokumentert i 2022 i ytre og indre deler av fjorden, men brislingens oppvekstområder, beiteområder og overvintringsområder har man lite kunnskap om. Ekkolodd kan brukes for

estimering av mengdeindeks av den lokale brislingbestanden i fjorden (57), og dette, kombinert med pelagisk tråling for å undersøke størrelses- og alderssammensetning, er hensiktsmessig å gjøre årlig for å kunne følge med på bestandens utvikling, som er viktig for å sikre at et eventuelt fiske etter brisling i fjorden blir bærekraftig. Om man kombinerer innsamling med stasjonært bruk av ekkolodd kan også brislingens adferd og vertikalfordeling i vannsøylen i forhold til biologiske (byttedyr og predatorer) og abiotiske forhold (for eksempel oksygennivå og temperatur) kartlegges gjennom døgnet og gjennom ulike årstider (58; 59). Generelt er stedegne bestander som er tilpasset lokale forhold særlig sårbare for endringer, og en god forvaltning krever at man har god kunnskap om artens biologi. Mer kunnskap om mengde, fordeling og leveområder for brisling vil også gi viktig kunnskap om fødetilgang til sjøørreten som er i sterk nedgang i Trøndelag.

Det er svært begrenset kunnskap om omfanget av fritidsfiske i Trondheimsfjorden. Lignende kartlegging (intervju av fritidsfiskere) som utføres lengre sør i Norge i regi av Havforskningsinstituttet, burde også gjennomføres i Trondheimsfjorden. Trolig beskattes enkelte arter betydelig av fritidsfiskere, og mer informasjon er høyst nødvendig for at man skal kunne beregne hvor stort uttaket av fisk fra bestandene er. Rapportering som gjøres fra turistfiskebedrifter bør også harmoniseres med annen rapportering slik at det kan inngå som en del av annen offisiell fiskeristatistikk.

Det er videre behov for kunnskap om hvordan arter som er fredet for fiske bedre kan vernes mot å ende opp som bifangst i fjorden. Pigghå (*Sqaulus acanthias*) som er totalfredet for fiske, har blitt fanget i relativt store mengder i det kommersielle fiske i Trondheimsfjorden, særlig de senere år, med fangster som utgjør nesten 4-5 % av totale landinger (Kilde Fiskeridirektoratet). Utvalgte yrkesfiskere er tillatt å selge bifangst av pigghå ettersom den kan være vanskelig å unngå, men hvordan fangst av denne arten kan unngås i større grad fremover er et felt som også bør prioriteres.

Referanser

1. **Brattegard, T. og Holthe, T.** *Distribution of marine, benthic macro-organisms in Norway.* s.l. : Research Report for DN 2001-3. Directorate for Nature Management. 394 s., 2001.

2. **Hårsaker, K, et al.** *Fish collection NTNU University Museum. Version 1.971. Ocurrence dataset.* s.l. : Norwegian University of Science and Technology, 2022. https://doi.org/10.15468/q909ac accessed via GBIF.org on 2022-06-24.

3. **Storm, V.** Throndhjemsfjordens fiske. *Det Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter.* Trondheim : s.n., 1883.

4. **Swenander, G.** *Bidrag til kännedomen om Trondhjemsfjordens fiskar.* Trondheim : Det Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Skrifter, 1906.

5. **Holthe, T.** *Sjeldne fisker fra Trøndelag, Nordmøre og Nordland.* Trondheim : Universitetet i Trondheim, Det kongelige Norske Videskabers Selskab Museet , 1971.

6. **Mork, J.** Fisk og fiskerier i Trondheimsfjorden. [bokforf.] E Sakshaug og J A Sneli. *Trondheimfjorden.* Trondheim : Tapir forlag, 2000.

7. **Broch, H.** Norwegische Heringuntersuchungen während der Jahre 1904-1906. *Bergens Museums Aarbog*. 1908, Vol. 1:1-69.

8. **Skjong, I.** Populasjonsgenetiske undersøkelser av sild (Clupea harengus L., 1758) i Trondheimsfjorden. *Hovedfagsoppgave i marin biologi.* Trondheim : Universitetet i Trondheim, 1994.

9. **Pampoulie, C, et al.** Stock structure of Atlantic herring Clupea harengus in the Norwegian Sea and adjacent waters. *Marine Ecology Progress Series.* 2015, Vol. 522: 219-230.

10. **Silva, F F, et al.** Strategies for partition between body growth and reproductive investment in migratory and stationary populations of spring-spawning Atlantic herring (Clupea harengus L.). *Fisheries Research.* 2013, Vol. 138: 71-79.

11. **Havforskningsnytt 2000.** s.l. : Havforskningsinstituttet, 2000. ISSN 0804-5496.

12. **Torstensen, E og Røttingen, J.** *Sild- og brislingundersøkelser i fjordene fra svenskegrensen til Lofoten med F/F Håkon Mosby, 15. november - 19. desember 2004. Toktrapport.* s.l. : Havforskningsinstituttet, 2005. ISSN 1503-6294/Nr. 14 -2005.

13. —. *Sild- og brislingundersøkelser i fjordene høsten 2008. Toktrapport.* s.l. : Havforskningsinstituttet, 2008. ISSN 1503-6294/Nr.13-2008.

14. **Sundnes, G.** *Sluttrapport, Beitstadfjordprosjektet, TBS rapport.* Trondheim : NTNU, 1980.

15. **Ekli, P H.** Årsklasseundersøkelser 1963-1994 hos torsk (Gadus morhua L.) I Trondheimsfjorden. . Trondheim : Hovedfagsoppgave, NTNU, 1997.

16. **Denstadli, O.** Forplantning, vekst og ernæring hos torsk (Gadus morhua L.) I Borgenfjorden, Nord-Trøndelag. Trondheim : Hovedfagsoppgave, Universitetet i Trondheim, 1972.

17. **Alonso, P.D.** Parasite communities of the European cod. Valencia : University of Valencia, 2008.

18. **Lande, R.** Aldersfordeling, vekst og næringsvaner hos rødspette (Pleuronectes platessa L.) fra ytre bassend i Borgenfjorden. *Hovedoppgave i zoologi.* Trondheim : Universitetet i Trondheim, 1972.

19. **Hoarau, G, et al.** Population structure of plaice (Pleuronectes platessa L.) in northern Europe: Microsatellites revealed large-scale spatial and temporal homogeneity. *Molecular Ecology.* 2002, Vol. 11 : 1165-1176.

20. **Lande, R.** Food and feeding habits of the Dab (Limanda limanda (L.)) in Borgenfjorden, north Trøndelag, Norway. *Norwegian Journal of Zoology.* 1976, Vol. 24: 225-230.

21. **Järnegren, J, Forsgren, E og Sneli, J A.** *Marin fauna i Gaulosen - Trondheimsfjorden.* Trondheim : NINA rapport, 2014. 1097.

22. **Green, N W, et al.** *Contaminants in coastal water of Norway 2019.* Miljøgifter i norske kystområder 2019. s.l. : Norwegian Environment Agency/Miljødirektoratet., 2020. M rapportnr 1894/2020. NIVA-rapport 7565-2020. ISBN 978-82-577-7300-7. NIVA-rapport ISSN 1894-7948.

23. **Håpnes, S J H.** Mapping of demersal fish and benthos by autonomous underwater vehicle equipped with optical and acoustic imagers at 600 meters depth in Trondheimsfjorden. *MSc Thesis.* Trondheim : NTNU, 2015.

24. **Jakobsen, J.** The Tautra cold-water coral reef. Mapping and describing the biodiversity of a cold-water coral reef ecosystem in the Trondheimsfjord by the use of a multibeam echo sounder and video mounted on a remotely operated vehicle. *MSc thesis.* Trondheim : NTNU, 2016.

25. **Ciannelli, L, et al.** Small-scale genetic structure in a marine population in relation to water circulation and egg characteristics. *Ecology.* 2010, Vol. 91:2918-2930.

26. **Knutsen, H, et al.** Egg ditribution, bottom topography and small-scale cod population structure in a coastal marine system. *Marine Ecology Progress Series*. 2007, Vol. 333: 249-255.

27. **Espeland, S H og Sannæs, H.** Estimating cod egg developmental stage based on DNA concentration. *ICES Journal of Marine Science.* 2018, Vol. 75 : 825-830.

28. **Espeland, S H, et al.** Kartlegging av gytefelt. Gytefelt for kysttorsk. *Fisken og Havet.* 2013, Vol. 1.

29. **Waples, R.** Separating the wheat from the chaff: Patterns of genetic differentiation in high gene flow species. *Journal of Heredity.* 1998, Vol. 89: 438-450.

30. **Knutsen, H, et al.** Are low but statistically significant low levels of genetic differentiation in marine fishes "biologically meaningful"? A case study of coastal Atlantic cod. *Molecular Ecology.* 2011, Vol. 20: 768-783.

31. **Espeland, S H, et al.** Modelling drift of pelagic offspring; the importance of egg surveys in providing a realistic model initialization. *ICES Journal of Marine Science.* 2015, Vol. 72 : 2578-2589.

32. **Anon.** *Råd om beskatning av laks i sjølaksefiske.* Trondheim : Vitenskapelig råd for lakseforvaltning, 2020. ISBN 978-82-93038-30-6.

33. **Johnsen, B O, Hvidsten, N A og Møkkelgjerd, P I.** *Lakseelver i Trondheimsfjorden. NINA Oppdragsmelding 598.* Trondheim : Norsk institutt for naturforskning, 1999.

34. **Svenning , M A, et al.** Incidence and timing of wild and escaped farmed Atlantic salmon (Salmo salar) in Norwegian rivers inferred from video surveillance monitoring. *Ecology of Freshwater Fish*. 2016, Vol. 26: 360-370, 3.

35. **Ricker, W E.** Computations and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada*. 1975, Vol. 191.

36. **Berntsen , H H, et al.** *Innvandring av villaks og rømt oppdrettslaks i Trondheimsfjorden, Namsfjorden, Nedstrandsfjorden og ved Kvaløya i 2021. NINA Rapport 2165.* Trondheim : Norsk institutt for naturforskning, 2022. ISBN: 978-82-426-4959-1.

37. **Dahl, K.** Alder og vekst hos laks og ørret belyst ved studiet av deres skjæl. Kristiania : Kristiania, Centraltrykkeriet, 1910.

38. **Lund, R A, Hansen, L P og Järvi, T.** *Identifisering av rømt oppdrettslaks og villaks med ytre morfologi, finnestørrelse og skjellkarakter.* s.l. : Norsk institutt for naturforskning, 1989.

39. **Fiske, P, Lund, R A og Hansen, L P.** *Identifying fish farm escapees.* [bokforf.] S X Cadrin, K D Friedland og J R Waldman. Stock identification methods; Applications in fishery science. Amsterdam : Elsevier Academic Press, 2005.

40. **Anon.** *Status for norske laksebestander i 2017.* . s.l. : Vitenskapelig råd for lakseforvaltning, 2017.

41. **Karlsson, S, et al.** Widespread genetic introgression of escaped farmed Atlantic salmon in wild salmon populations. *ICES Journal of Marine Science.* 2016, Vol. 73: 2488-2498.

42. **Taranger, G L, et al.** Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2013. *Fisken og havet.* 2014, 2-2014.

43. **Midtpunkt.** Tema Trondheimsfjorden. *Næringslivsmagasinet for Trondheimsregionen.* 2021, Vol. Nr. 5-2021.

44. **Solheim, H.** Population trend of *Periphylla periphylla* in inner Trondheimsfjord. *MSc Thesis.* Trondheim : NTNU, 2012.

45. **Tiller, R G, et al.** To adapt or not adapt: assesing the adaptive capacity of artisanal fishers in the Trondheimsfjord (Norway) to jellyfish (*Peryphilla periphylla*) Bloom and purse seiners. *Marine and Coastal Fisheries.* 2015, Vol. 7(1): 260-273.

46. **Nærings- og fiskeridepartementet.** FOR-2021-09-21-2822. Endring i forskrift om regulering av fisket etter brisling i 2021-2022. Lovdata. [Internett] 21 09 2021. [Sitert: 31 08 2022.] https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2021-09-21-2822. 2021-1650.

47. **Hesthagen, T, et al.** Fisker: Vurdering av nebbskate Leucoraja fullonica for Norge. Rødlista for arter 2021. [Internett] Artsdatabanken. [Sitert: 2021 11 24.] Https://www.artsdatabanken.no/lister/rodlisteforarter/2021/22391.

48. **Kjesbu, O S, et al.** Highly mixed impacts of near-future climate change on stock productivity proxies in the North East Atlantic. *Fish and Fisheries.* 2022, Vol. 23: 601-615.

49. **Jacobson, P.** Physical oceanography of the Trondheimsfjord. *Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics.* 1983, ss. 3-26.

50. **Strømgren, T.** *Resipientundersøkelse av Trondheimsfjorden 1972-1975. Sluttrapport. Zooplanktonundersøkelser i Trondheimsfjorden 1972-1974.* Trondheim : Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab, Museet, 1976.

51. **Staalstrøm , A, et al.** *Utredning av behovet for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord.* s.l. : Norsk institutt for vannforskning, 2022. ISBN 978-82-577-7459-2.

52. **Klima- og miljødepartementet.** *Helhetlig tiltaksplan for en ren og rik Oslofjord med et aktivt friluftsliv.* Oslo : Klima- og miljødepartementet, 2021. ISBN PDF 978-82-457-0522-5.

53. **Frigstad, H, et al.** *Increased light attenuation in Norwegian coastal waters - A literature review.* s.l. : Norsk institutt for vannforskning, 2020. ISBN 978-82-577-7286-4.

54. **Aksnes, D L, et al.** Coastal water darkening and implications for mesopelagic regime shifts in Norwegian fjords. *Marine Ecology Progress Series.* 2009, Vol. 387: 39-49.

55. **Longva, O, et al.** *Miljøstatus i Borgenfjorden.* Trondheim : Norges geologiske undersøkelse, 2013. ISSN 0800-3416.

56. **Gulliksen, B.** Borgenfjordprosjektet. Sluttrapport. Trondheim : Trondhjem Biologiske Stasjon, 1977.

57. **Havforskningsinstituttet.** Havforskningsinstituttet. Kvoteråd: Kystbrisling i Hardangerfjorden, Sognefjorden, Nordfjord og Trondheimsfjorden. [Internett] 17 12 2021. [Sitert: 31 08 2022.] https://www.hi.no/hi/radgivning/kvoterad/2020/kystbrisling-i-hardangerfjorden-sognefjorden-nordfjord-og-trondheimsfjorden.

58. **Kaartvedt, S, Røstad, A og Klevjer, T A.** Sprat sprattus sprattus can exploit low oxygen waters for overwintering. *Marine Ecology Progress Series.* 2009, Vol. 390: 237-249.

59. **Solberg, I, Røstad, A og Kaartvedt, S.** Ecology of overwintering sprat (Sprattus sprattus). *Progress in Oceanography.* 2015, Vol. 138: 116-135.



Foto: Kåre Telnes

KAPITTEL 6: SJØØRRET

Forfattere: Ole Kristian Bjølstad og Per Ivar Bergan (Sweco)

Trondheimsfjorden er både i nasjonal og internasjonal sammenheng svært viktig for sjøørret. Fjorden har en lang rekke viktige sjøørretvassdrag, men tilstanden for mange av bestandene er i dag dårlig. Statistikk viser at det tidlig på 2000-tallet inntraff en kraftig tilbakegang for sjøørret i en rekke vassdrag rundt fjorden, og mye tyder på at denne tilbakegangen har vedvart fram til i dag. Det er mange påvirkninger som kan være negativ for sjøørret, både i ferskvanns- og saltvannsfasen. Dette er bl.a. næringstilgang, forurensing, nedbygging av leveområder og lakselus. Det framstår med dagens kunnskapsgrunnlag som svært usikkert hva som er hovedårsaken til nedgangen i sjøørretbestanden i Trondheimsfjorden. Mange av de negative påvirkningene var til stede før 2000-tallet, og enkelte har til og med blitt bedret siden den gang. Det er trolig en sammensetning av flere faktorer og vi kjenner flere av dem for dårlig. Fokus bør rettes mot hva som skjer med sjøørreten i fjorden, da kunnskapsgrunnlaget om sjøørret i saltvannsfasen er mye dårligere enn for ferskvann. Skal vi i fremtiden få en høstbar og bærekraftig sjøørretbestand i Trondheimsfjorden, trengs det både ny kunnskap, betydelige midler og vilje til tiltak blant både forvaltning og påvirkere.

Introduksjon

Sjøørret er utbredt i kystnære vassdrag i hele landet. Dette gjelder også for de aller fleste vassdrag som har sitt utløp i Trondheimsfjorden, og i en lang rekke av sidevassdragene til de store elvene. I nasjonal og internasjonal sammenheng er Trondheimsfjorden blant de aller viktigste fjordene for sjøørret. Sjøørret er betegnelsen på ørret som har vandret ut i saltvann i deler av livssyklusen. I prinsippet er ørret og sjøørret samme art, men der hvor det er åpne vandringsveier mellom vassdrag og fjord, vil det være slik at en større eller mindre del av bestanden velger å gå ut i fjorden for å beite. Årsaken til dette er at næringsgrunnlaget er bedre i saltvann enn i ferskvann. Sjøørret vokser derfor godt, og oppnår ofte å bli større enn såkalt stasjonær ørret. Hos hunnfisk er det slik at antall rognkorn som produseres er tilnærmet proporsjonalt med fiskens størrelse. Evolusjonsmessig kan det derfor være en god strategi for ørret å vandre til saltvann. For hannfisk er det også fordelaktig å være stor under gytetiden fordi det da er kamp mellom hannfiskene. For hannfisk kan det også være en god strategi å bli tidlig kjønnsmoden ved en liten størrelse, fordi det øker sannsynligheten for overlevelse fram til gyting. Det er derfor vanlig at en mindre andel av hannfisken velger å vandre til saltvann enn tilsvarende for hunnfisk. Faktorer som avgjør om ørret vandrer ut til saltvann ser ut til å være styrt av både genetiske og miljømessige faktorer (1). Det vanlige vandringsmønsteret for sjøørret er at de oppholder seg i elv eller bekk fra de blir klekt, og i to til fem år før de smoltifiserer og blir tolerante for saltvann. Da vandrer de normalt ut i fjorden i løpet av våren hvor de kan vokser mer enn 10 cm i løpet av en sommersesong. De fleste sjøørretene vandrer

relativt kort, og holder seg i fjordsystemet. Deretter returnerer de tilbake til ferskvann. I motsetning til laks, så vandrer vanligvis sjøørret opp i ferskvann hvert år, også før de bli kjønnsmodne. En sjøørret kan gyte i mange påfølgende år etter at de har nådd kjønnsmoden alder. Det normale er at oppvandring i ferskvann skjer i løpet av ettersommer eller høst. Ørret er imidlertid en fleksibel art, og det er mange individer som har et avvikende vandringsmønster fra det som er det generelle.



Foto: Anders Lamberg

Kunnskapsgrunnlaget

Fangstrapportering og fiskeregler

Fangstrapportering av laks og sjøørret har pågått i mer enn 100 år. Dette gjelder både for fiske med faststående redskaper i sjøen og for elvefisket. Dette er svært verdifull informasjon på grunn av den lange tidsserien. Det er imidlertid et problem at rapporteringen var mer tilfeldig i tidligere tider enn det som er tilfellet i dag. Det må derfor tas hensyn til dette før det konkluderes om bestandsutvikling på bakgrunn av fangststatistikken. En annen utfordring ved å benytte fangststatistikken er at regelverket for utøvelse av fisket har endret seg over tid. Det er en klar tendens til at regelverket stadig har økt begrensningen i utøvelsen av fiske etter sjøørret. Den samlede fangstdødeligheten av sjøørret er blitt betydelig redusert helt siden 1970-tallet. Fiskeutøvelse har derfor fått mindre og mindre betydning for utviklingen av bestandene.

Fiskeregler i elver: Fram til slutten av 1970-tallet var tillatt å fiske sjøørret i alle elver med utløp i Trondheimsfjorden fra 15. mai til og med 31. august. Det var ingen begrensning på hvor mye som kunne fanges og det var anledning til å benytte alle slags agn så lenge det ble benyttet stang og snøre. Nå er det pålegg om å gjenutsette all sjøørret som blir fanget i elvene rundt Trondheimsfjorden. Det er fortsatt pålegg om å rapportere all sjøørret som blir fanget og gjenutsatt. Det må forventes at innsatsen som blir lagt ned for å fange sjøørret blir mindre når det er forbudt å avlive fanget sjøørret.

Fiskeregler i fjorden: I sjøen var det lov å fiske etter sjøørret med stang hele året fra 1988. I de siste årene har det vært forbudt å fiske etter sjøørret i fjorden i månedene mars og april, mens det fra 2021 også ble forbudt å fiske i mai. Dette har ført til at fritidsfiske etter sjøørret i sjøen har blitt kraftig redusert.

Fiskeregler for kilenotfiske: Fiske med faststående redskaper i sjøen har i all hovedsak vært rettet mot fangst av laks. Likevel er det en kjensgjerning at det i kilenøter også har vært en betydelig bifangst av sjøørret. Antall kilenøter i Trondheimsfjorden har blitt betydelig redusert de senere årene, og tillatt fiskesesong med kilenot har blitt betraktelig redusert.

Fisket i Trondheimsfjorden

Det er svært lite faktakunnskap om fisket etter sjøørret i Trondheimsfjorden. Ved siden av kilenotfisket har det foregått sportsfiske på våren og noe dorgefiske i deler av fjorden. Bortsett fra rapporteringsplikten som gjelder for kilenotfisket, er det ingen statistikk over verken hvor mye som er fanget, eller hvor mange som har deltatt i dette fisket. Fangsten av sjøørret i kilenotfisket er liten sammenliknet med fangsten i elvefisket. I 2021 ble det rapportert om fangst av 533 kilo sjøørret i kilenøter i hele Trøndelag fylke (2). Fangsten i Trondheimsfjorden utgjør imidlertid en liten andel av den samlede fangsten i fylket.

I en enkel undersøkelse som omhandlet fiske med stang etter sjøørret i Trondheimsfjorden i 2002, ble det sannsynliggjort at fangsten (i vekt) i fjorden utgjorde ca. 20 % av den samlede fangsten av sjøørret på sportsfiskeredskap totalt, inkludert i vassdragene (3). Det ble samtidig estimert at det var ca. 500 personer som deltok i dette fisket hvert år. Dette er et fiske som er mest attraktivt i vårsesongen. Siden dette nå er forbudt gjennom forskrift, representerer ikke sjøørret i dag noen verdi for sportsfiske i Trondheimsfjorden. Dette fører også til at det innhentes lite eller ingen informasjon om sjøørreten i fjorden, sett bort fra noen mindre merkeforsøk i utløpet av noen elver (4).

Fiske etter sjøørret i fjorden har imidlertid et potensial for å være en attraktiv friluftsaktivitet for et stort antall innbyggere som bor rundt fjorden. Bakgrunnen for dette er at:

- Fisket etter sjøørret i fjorden er gratis

- Fiskemulighetene er nær der folk bor
- De beste fiskemulighetene er på en tid av året da det er få andre fiskemuligheter
- Turer til fjorden på våren er familievennlig og dermed en fin kilde til å rekruttere barn og unge til sportsfisket.

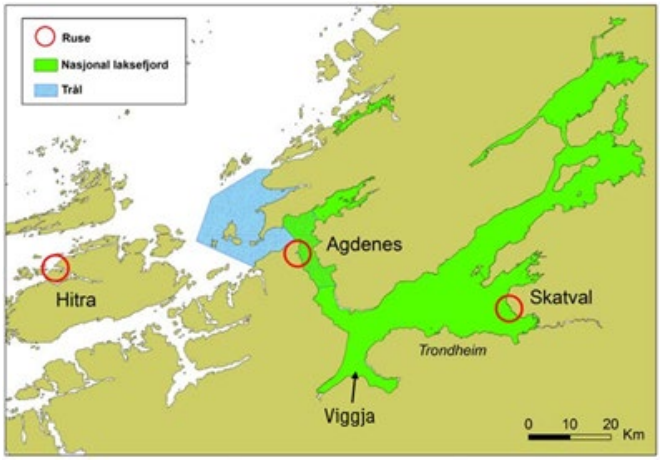
Det er derfor viktig at sjøørretbestandene rundt Trondheimsfjorden tar seg opp slik at det blir et forsvarlig høstbart overskudd.

Undersøkelser i vassdrag

Sjøørret konkurrerer med laks om de gode gyte- og oppvekstområdene i elver og bekker. Det vanlige bildet er at laks dominerer i de større elvene, mens sjøørret er dominerende i små vassdrag og i sidebekker til de store elvene. Slike små vassdrag har blitt utsatt for stor belastning fra diverse menneskelig aktivitet. De fleste bekkene ligger i landbruksområder. I slike områder har det skjedd bekkelukking, utretting av bekkeløp, hindring av frie vandringsveier ved feilaktig etablering av kulverter og tilførsel av ulike forurensninger. I tillegg har mange av de naturlige bekkedalene blitt benyttet som søppelplasser i mange tiår. Veibygging, jernbane og andre byggetiltak har også bidratt negativt ved at frie vandringsveier for sjøørret har blitt blokkert. En nyere undersøkelse av sidevassdrag til Gaula viser at det fortsatt skjer inngrep som forringer gyte- og oppvekstområder for sjøørret (5). En fersk undersøkelse av Gaulas hovedvassdrag samt sideelva Sokna, viser at det er svært lave tettheter av ørret både når det gjelder yngel og ungfisk (6). I en tidligere undersøkelse ble det samlede arealtapet for oppvekst av sjøørret i de samme bekkene beregnet til 68,7 % (7).

Det er gjennomført ungfiskundersøkelser av laks og sjøørret i mange av vassdragene som munner ut i Trondheimsfjorden. Kunnskapsgrunnlaget må sies å være godt, selv om det kunne vært bedre overvåking i flere vassdrag, spesielt de mindre vassdragene.

Lakselusovervåkning



Figur 1: Kart som viser plassering av stasjoner for overvåking av lakselus på sjøørret i 2014, samt for Viggja i 2017. Hentet fra (10).

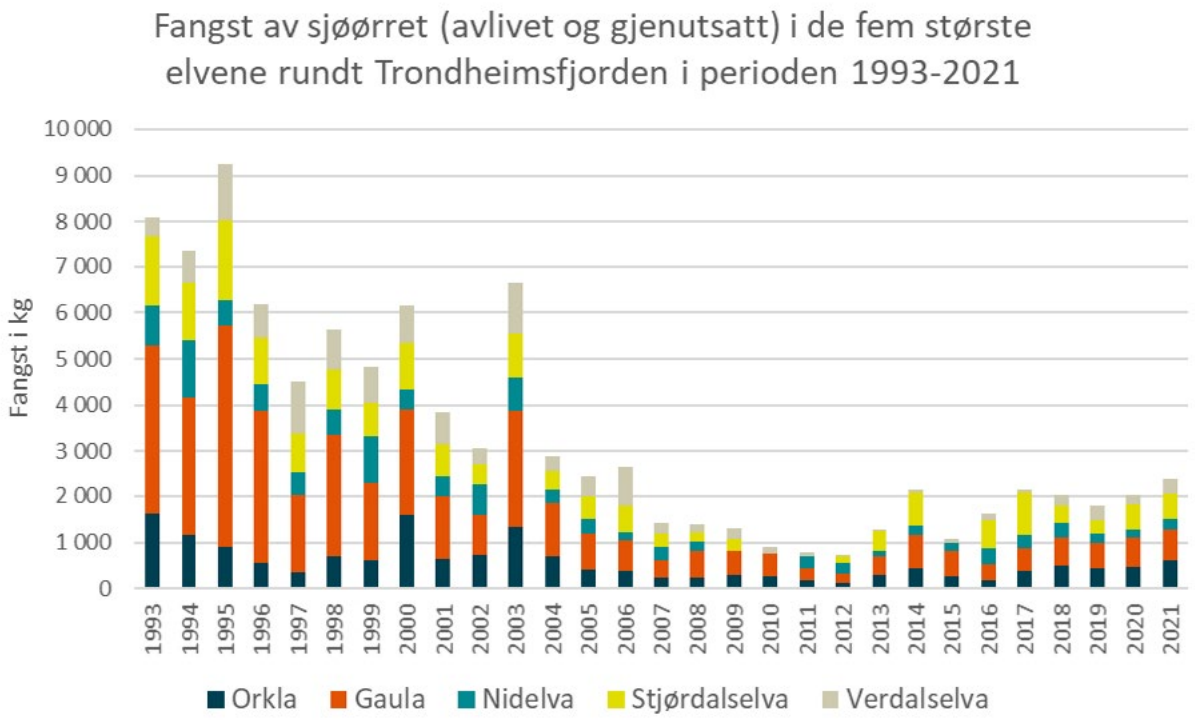
Lakselus er trukket fram som en av de viktigste påvirkningsfaktorene på sjøørret i sjøen (8). Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL) trekker også frem lakselus som den største negative påvirkningen for sjøørret sett for hele landet. Totalt sett sto lakselus for 47 % av den samlede negative påvirkningen på sjøørret for

vassdragene klassifisert av VRL (9). Det pågår årlig en overvåking av lakselus-situasjonen langs store deler av norskekysten (10). Overvåkingen utføres med ulike metoder, bl.a. ved fangst av sjøørret i flere perioder i sommerhalvåret. For Trondheimsfjorden finnes det mye data og overvåking av lakselus i ytre del av fjorden ved Agdenes (Figur 1). Undersøkelser av lakselus på sjøørret i dette området viser jevnt over store påslag, noe som kan forklares av nærhet til lakseoppdrett. I flere år fram til 2014 var det overvåking av lakselus ved Skatval inne i fjorden (11). Overvåkingen viste vesentlig lavere påslag av lus på sjøørret ved Skatval, sammenlignet med Agdenes. I 2017 ble det også gjennomført overvåking ved Viggja i samme periode som Agdenes. Også der viste resultatene lavere påslag enn ved Agdenes.

Tilstand og utvikling

Fangst av sjøørret i elvene rundt Trondheimsfjorden

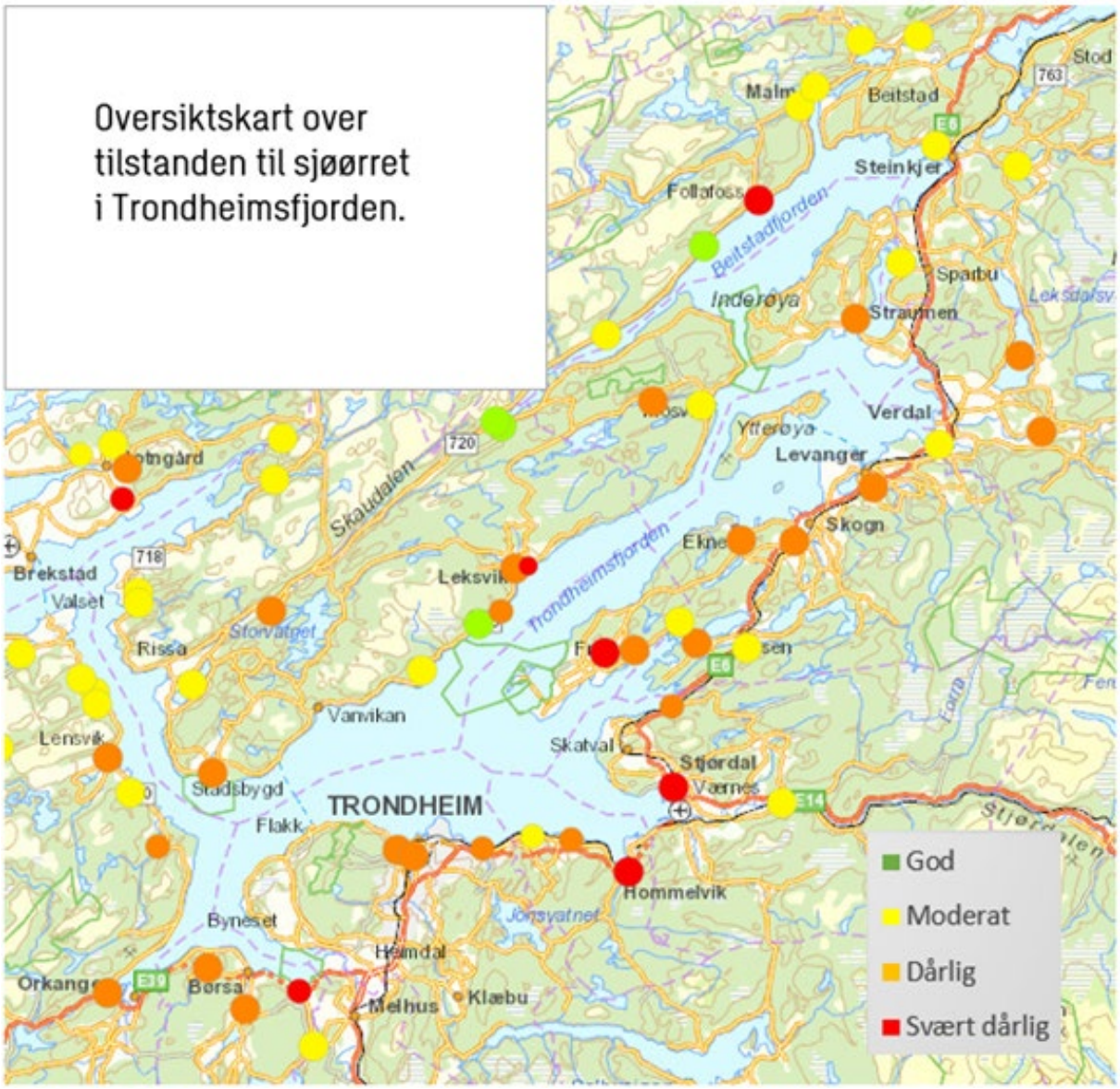
Det finnes gode data for fangst av sjøørret i de største vassdragene. Figur 2 viser registrert fangst av sjøørret i fem store vassdrag i perioden 1993-2021. Året 2003 skiller seg ut som det siste året med gode fangster av sjøørret som siden har stabilisert seg på et lavt nivå. Det har i de senere år blitt stadig strengere regler for fiske av sjøørret, noe som trolig også har påvirket fangsten. Uansett er det ingen tvil om at bestanden er på et vesentlig lavere nivå enn den var før 2003.



Figur 2: Utvikling i fangst av sjøørret i fem av de store vassdragene i Trondheimsfjorden.

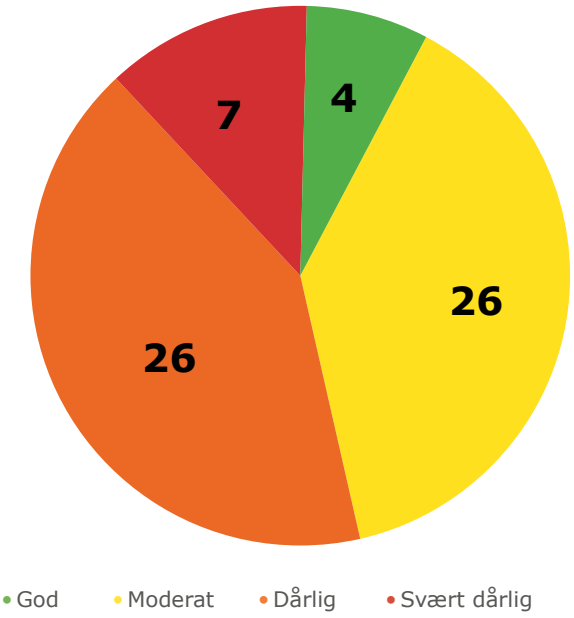
Tilstand for sjøørretbestander til Trondheimsfjorden

VRL har gjennomført en kartlegging av tilstand og påvirkning for sjøørretvassdrag i hele Norge. Klassifiseringen av tilstand var basert på påvirkninger og summer av påvirkninger, fangststatistikk, annen lokal informasjon, gytefisktellinger, andre kartlegginger i rapporter, og en høringsrunde med vurderinger fra fiskeansvarlige hos statsforvaltere i de ulike fylkene. For Trondheimsfjorden omfatter denne kartleggingen 63 vassdrag med sjøørret (Figur 3).



Figur 3: Oversiktskart over tilstand i vassdrag med sjøørret i Trondheimsfjorden. Kartgrunnlag hentet fra kartløsning utarbeidet av Vitenskapelig råd for lakseforvaltning.

Figur 4 viser en tilstandskategori for disse 63 vassdragene. Det er kun fire vassdrag som er gitt god tilstand og alle disse ligger i indre del av fjorden. Alle vassdrag utenfor Tautra er gitt moderat eller dårligere tilstand. De aller fleste avsjøørretbestandene i Trondheimsfjorden har altså ikke en tilfredsstillende tilstand.

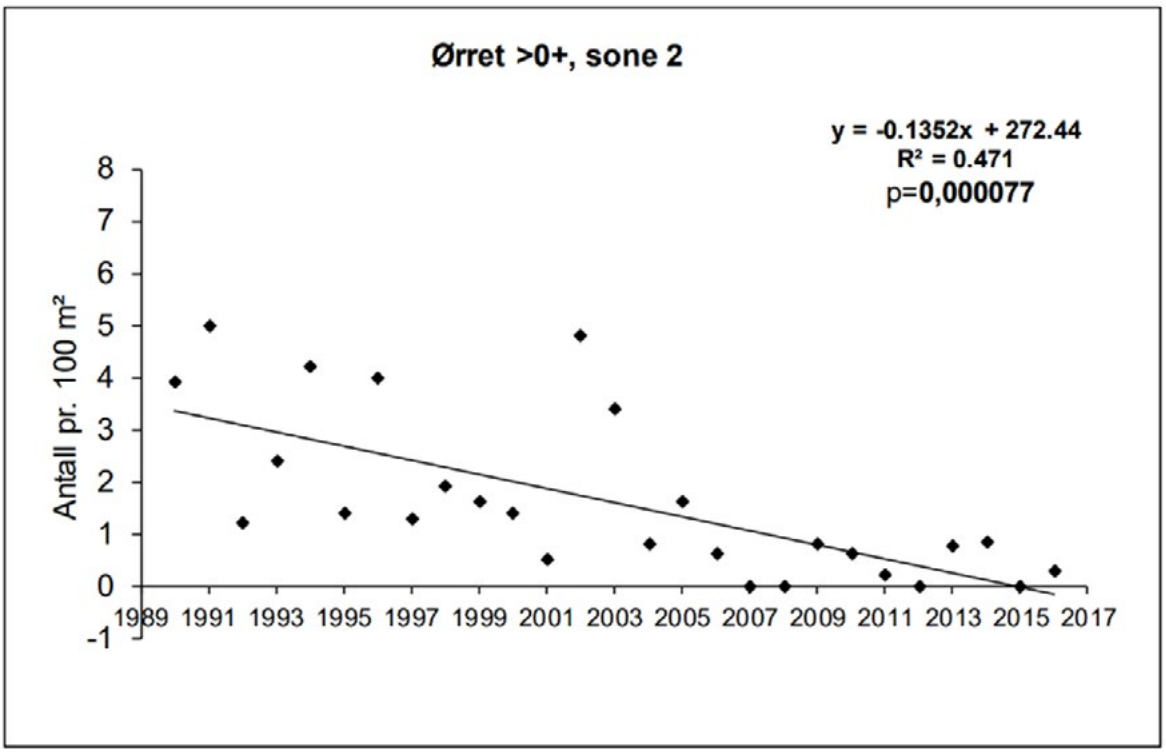


Figur 4: Tilstandskategori for 63 sjøørretvassdrag i Trondheimsfjorden. Data hentet fra (9).

Det er gjennomført og det gjennomføres en betydelig overvåking av utviklingen til ørret i en rekke vassdrag rundt Trondheimsfjorden. I bl.a. Orkla og Stjørdalselva har kraftselskapene bekostet årlige undersøkelser over lang tid (12). Datasettene fra begge disse vassdragene viser en betydelig nedgang i tettheten av ungfisk av ørret. Utviklingen i midtre del av Stjørdalselva er vist i Figur 5. Det er også samme utvikling både i øvre og nedre del av Stjørdalselva samt i den uregulerte sideelva Forra. I perioden 1980 – 1988 var andelen sjøørretsmolt i Orkla 12% (13), mens det f.eks. i 2018 var langt lavere tettheter av alle årganger av ørret i nedre deler av Orkla (14).

Den samme utviklingen har man sett i en rekke andre vassdrag.

Det er også gjennomført ungfiskundersøkelser i mange av de mindre vassdragene rundt Trondheimsfjorden. F.eks. i Mossa i Inderøy kommune er det gjennomført ungfiskundersøkelser hvert annet år siden 2010. Også der er det nedadgående tendens når det gjelder tetthet av ungfisk av ørret, mens det er en motsatt tendens for laks (15).



Figur 5: Utviklingen i tetthet av eldre sjøørretunger i midtre del av Stjørdalselva. Figuren er hentet fra Arnekleiv m.fl. (2020) (12).

Nedbygging og påvirkning på viktige oppvekstområder for sjøørret.

Når sjøørret smoltifiserer og velger å vandre ut i saltvann, er det godt kjent at gruntområdene i nærhet til vassdraget er et svært viktig leveområde, spesielt i de første leveårene. I de senere årene har dette også blitt bekreftet gjennom merkeforsøk som er utført i flere av elvene i Trondheimsfjorden. I en undersøkelse som ble utført i forbindelse med utfylling i gruntområder ved Hellstranda ved utløpet av Stjørdalselva, ble det dokumentert at en stor del av sjøørretene benyttet gruntområdene ved elvemunningen. Området hadde størst betydning på våren og noe utover sommeren (4).

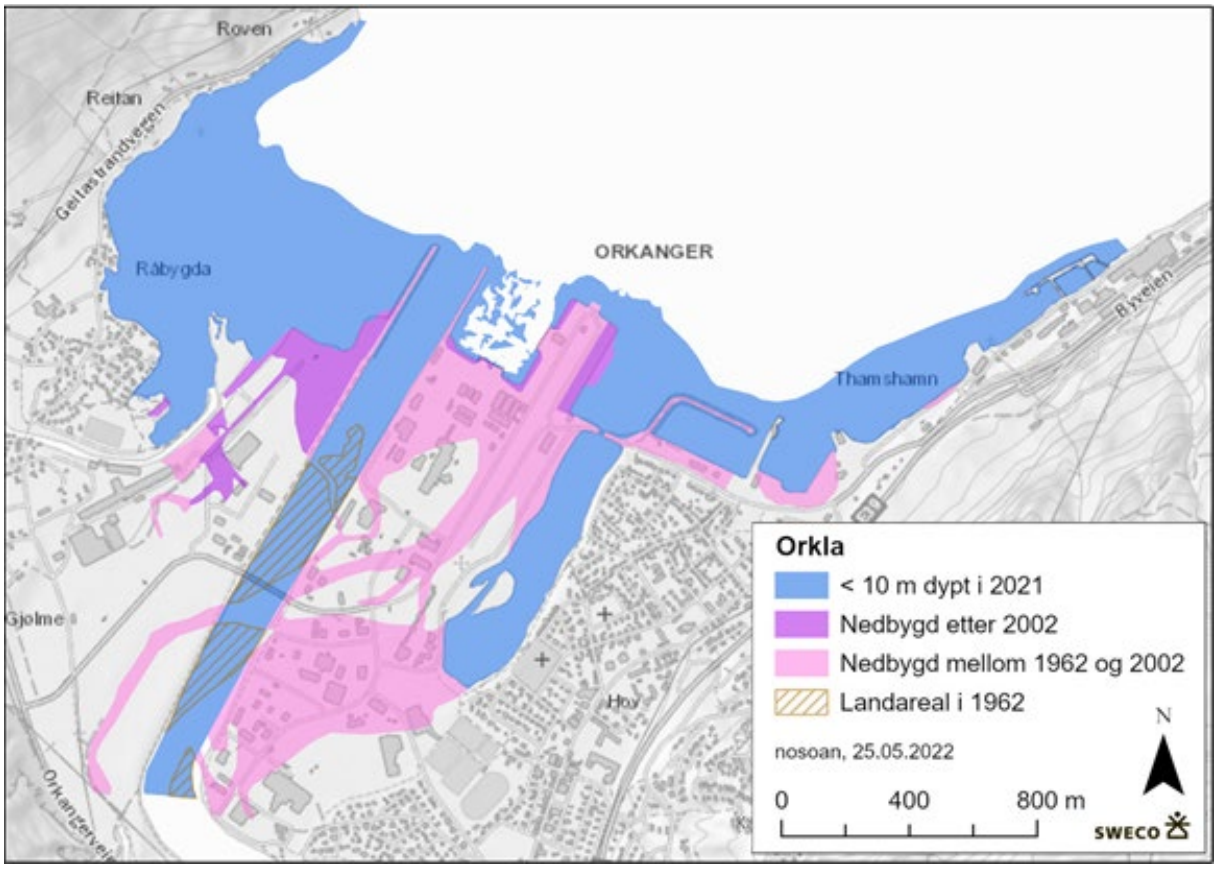
Gruntområder ved de større vassdragene har historisk vært under stort press fra utbygging, og ved enkelte vassdrag er det stort beslag av disse områdene. Vi har beregnet arealbeslaget rundt de seks største vassdragene rundt Trondheimsfjorden – se Tabell 1. Beregningen er gjort ved sammenlikning av sjøkart og flyfoto fra ca. år 1960 og ca. år 2000, samt situasjonen i 2021. En stor del av områdene rundt vassdragene ble utfylt lenge før 1960. Valget av årstall henger sammen med tilgangen på gode flyfoto, men også med ønske om å knytte beslaget av gruntområder opp mot utviklingen til sjøørret de siste tiårene.

Orkla og Steinkjerelva skiller seg ut som de stedene der det har vært størst beslag av gruntområder siden 1960. For de andre vassdragene med beslag skjedde dette i hovedsak før 1960. Etter år 2000 har det vært begrenset med arealbeslag i alle områder. Det er viktig å nevne at det både pågår og er planer om ytterligere beslag for flere av vassdragene, bl. a for Stjørdalselva og Verdalselva. Gaula skiller seg ut med svært lite beslag, også historisk sett. Gaula er et vernet vassdrag.

Tabell 2 Arealberegninger for utløpsområdene til seks store vassdrag i Trondheimfjorden. Areal er oppgitt i dekar(daa).

Elveutløp	Før ca. 1960	ca. 1960-ca. 2000	ca. 2000-2022	ca. 1960-2022
	Areal grunnere enn 10m (daa)	Prosentvis nedbygging	Prosentvis nedbygging	% gjenstående areal
Orkla	2 168	26	5	68
Gaula	4 503	0	-	100
Nidelva	1 760	12	2	85
Stjørdalselva	5 416	10	3	87
Verdalselva	5 286	9	2	89
Steinkjerelva	1 966	44	3	54
Totalt	21 100	13	2	85

Figur 6 viser utviklingen i beslag av arealer for utløpsområdet til Orkla. Her har det vært store utfyllinger over lang tid, og det er ønske om ytterligere utfyllinger. Samme type kart for de andre fem store vassdragene er vist i **Vedlegg 6.1**. Det er flere usikkerheter i beregningene. Disse er kommentert for hvert vassdrag i vedlegget.



Figur 6: Kart for utløpsområdet til Orkla som viser nedbygging i ulike tidsperioder.

Kunnskaps- og overvåkningsbehov

Basert på beskrivelse av kunnskap og tilstand i foregående kapittel, oppsummerer dette kapittelet hvilke kunnskaps- og overvåkingsbehov det bør fokuseres på framover.

Slik vi vurderer det skjedde det noe i fjorden og/eller i vassdragene tidlig på 2000- tallet. Etter dette har ikke bestanden i svært mange vassdrag kommet seg opp på bærekraftig nivå igjen. Det er ingen nye påvirkninger som inntraff rundt dette tidspunktet, men det er mange påvirkninger som har pågått over lang tid. Det har vært mye fokus på vassdragene og da spesielt bekker og sidebekker til de store elvene. Kunnskapsgrunnlaget er godt for mange vassdrag, og det har blitt gjennomført mange tiltak for å forbedre forholdene. Her var nok forholdene heller dårligere i perioden før 2003 – det er derfor lite trolig at påvirkninger i vassdragene alene har vært en avgjørende faktor. Det må likevel nevnes at det finnes mange tiltak som kunne vært gjennomført for å bedre forholdene ytterligere i mange vassdrag. Dette gjelder både utbedring av menneskeskapte vandringshinder, åpning av bekkelukkinger og tiltak

mot forurensing. Her finnes kunnskapen, men vårt inntrykk er at det mangler midler til å få fortgang på oppretting av gamle synder.

Lakselus er trukket fram som en stor påvirkningsfaktor, spesielt i de ytre delene av fjorden. Det er også i denne delen det har pågått jevnlig overvåking, mens det siden 2014 mangler gode data i de midtre og indre delene av fjorden. At påslaget av lakselus var lavt inne i fjorden var nok også en medvirkende årsak til at disse lokalitetene ikke ble prioritert. Etter vårt syn burde det vært mange flere overvåkingsstasjoner og mye mer fokus på helhetlig bestandsovervåking for hele Trondheimsfjorden med tanke på lakselus.

Beslag av gruntområder har og vil fortsatt være en viktig problemstilling. Dette gjelder ikke bare gruntområdene utenfor de største vassdragene som beskrevet i denne rapporten, men alle gruntområder i hele fjorden er viktig med tanke på næringssøk for sjøørret. Det er stadig press og planer for beslag av nye områder til utbygging. Av de store vassdragene er det kun Gaula som er lite påvirket, men også for Gaula er det samme trend med tanke på utvikling av sjøørretbestanden. Beslag av disse områdene kan altså ikke alene forklare utviklingen i bestandene.

I sjøfasen lever sjøørreten i all hovedsak inne i fjorden, og næringstilgangen inne i fjorden er derfor helt avgjørende for vekst og overlevelse. Det finnes i dag svært lite kunnskap om tilgangen på viktige byttedyr, alt fra krepsdyr til sild og brisling. Bedre overvåking vil kunne gi kunnskap om hvordan dette påvirker sjøørretbestandene.

Oppsummert framstår det med dagens kunnskapsgrunnlag, som svært usikkert hva som er hovedårsaken til nedgangen i sjøørretbestanden i Trondheimsfjorden. De fleste av påvirkningene som er trukket fram var til stede lenge før 2003, og noen har blitt forbedret siden den gang. Det er trolig en sammensetning av flere faktorer og vi kjenner flere av dem for dårlig. Fokus bør rettes mot hva som skjer med sjøørreten i fjorden, da kunnskapsgrunnlaget er mye bedre for ferskvannfasen. Skal vi i fremtiden få en høstbar og bærekraftig sjøørretbestand i Trondheimsfjorden, trengs det både ny kunnskap, betydelige midler og vilje til tiltak blant både forvaltning og påvirkere, i ferskvann og fjord.

Referanser

1. **Jonsson, N. & Finstad, B.** *Sjøørret: økologi, fysiologi og atferd.* s.l. : NINA Fagrapport 06: 1-32, 1995.

2. **SSB.** *Sjøfiske etter laks og sjøaure.* 2021.

3. **Statkraft Grøner.** *Sportsfiske etter sjøørret i Trondheimsfjorden.* s.l. : Statkraft Grøner rapport 558981-2003, 2003.

4. **Davidsen, J.G., Sjursen, A.D., Rønning, L., Davidsen, A.G, Eldøy, S.H., Daverdin, M. & Kjærstad, G.** *Utbygging av ny E6 ved Hellstranda – kartlegging av områdebruk til sjøørret og laks, samt forslag til kompenserende tiltak.* s.l. : NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2021-10:1-63., 2021.

5. **Bergan, M. A. & Solem, Ø.** *Ungfiskovervåking, problemkartlegging og oppfølging av tiltak i små sidevassdrag til Gaula.* Undersøkelser i 2021. . : NINA Rapport, 2022.

6. **Solem, Ø., Jensås, J.G., Havn, T.B., Museth, J., Ulvan, E.M., Bergan, M.A., Almås, P., Granmo, G.M. &. Rognes, T.** *Ungfiskundersøkelser i Gaulavassdraget. Årsrapport 2021.* s.l. : NINA Rapport 2062, 2022.

7. **Bergan, M. A. & Solem, Ø.** *Problemkartlegging, ungfiskovervåking og anslag på tapt areal og redusert produksjonsevne i små sidevassdrag til Gaula.* s.l. : NINA Rapport, 2018.

8. **Thomas Bøhn, Rune Nilsen,vKarl Øystein Gjelland, Martin Biuw, Anne Dagrun Sandvik, Raul Primicerio, Ørjan Karlsen, Rosa Maria Serra-Llinares (.** *Salmon louse infestation levels on sea trout can be predicted from a hydrodynamic lice dispersal model.* s.l. : Journal of Applied Ecology, 2021.

9. **Vitenskapelig råd for lakseforvaltning.** *Klassifisering av tilstanden til sjøørret i 1279 vassdrag.* s.l. : Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 9, 170 s, 2022.

10. **Rune Nilsen, Rosa Maria Serra-Llinares, Anne Dagrun Sandvik, Agnes Marie Mohn, Alison Harvey, Ingebrigt Uglem, Gunnar Bekke Lehmann og Ørjan Karlsen.** *Lakselusinfestasjon på vill laksefisk langs Norskekysten i 2021.* s.l. : Rapport fra havforskningen, 2022.

11. **Rune Nilsen, Pål Arne Bjørn, Rosa Maria Serra Llinares, Lars Asplin, Ingrid Askeland Johnsen, Ole Fredrik Skulstad, Ørjan Karlsen, Bengt Finstad, Marius Berg, Ingebrigt Uglem, Bjørn Barlaup og Knut Wiik Vollset.** *Lakselusinfeksjonen på vill laksefisk langs norskekysten i 2014.* s.l. : Rapport fra havforskningen., 2014.

12. **Arnekleiv, J.V., Kjærstad, G., Rønning, L, Davidsen, J.G., Kielland, Ø.N. & Sjursen, A.D.** *Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Stjørdalselva og Forra 1990-2018, sluttrapport.* s.l. : NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2020-5: 1-149., 2020.

13. **Hvidtsten, N.A.** *Utvandring og produksjon av laks og auresmolt i Orkla 1979-1988.* s.l. : NINA Oppdragsmelding 1-26. , 1990.

14. **Solem, Øyvind, et al.** *Fiskeribiologiske undersøkelser og tiltak i Orklavassdraget. Årsrapport 2018.* s.l. : NINA Rapport, 2019.

15. **Arnekleiv, Ø.L.** *Ungfiskundersøkelse i Mossa.* s.l. : Sweco rapport 10206800 – R03, 2020.

KAPITTEL 7: MANETER

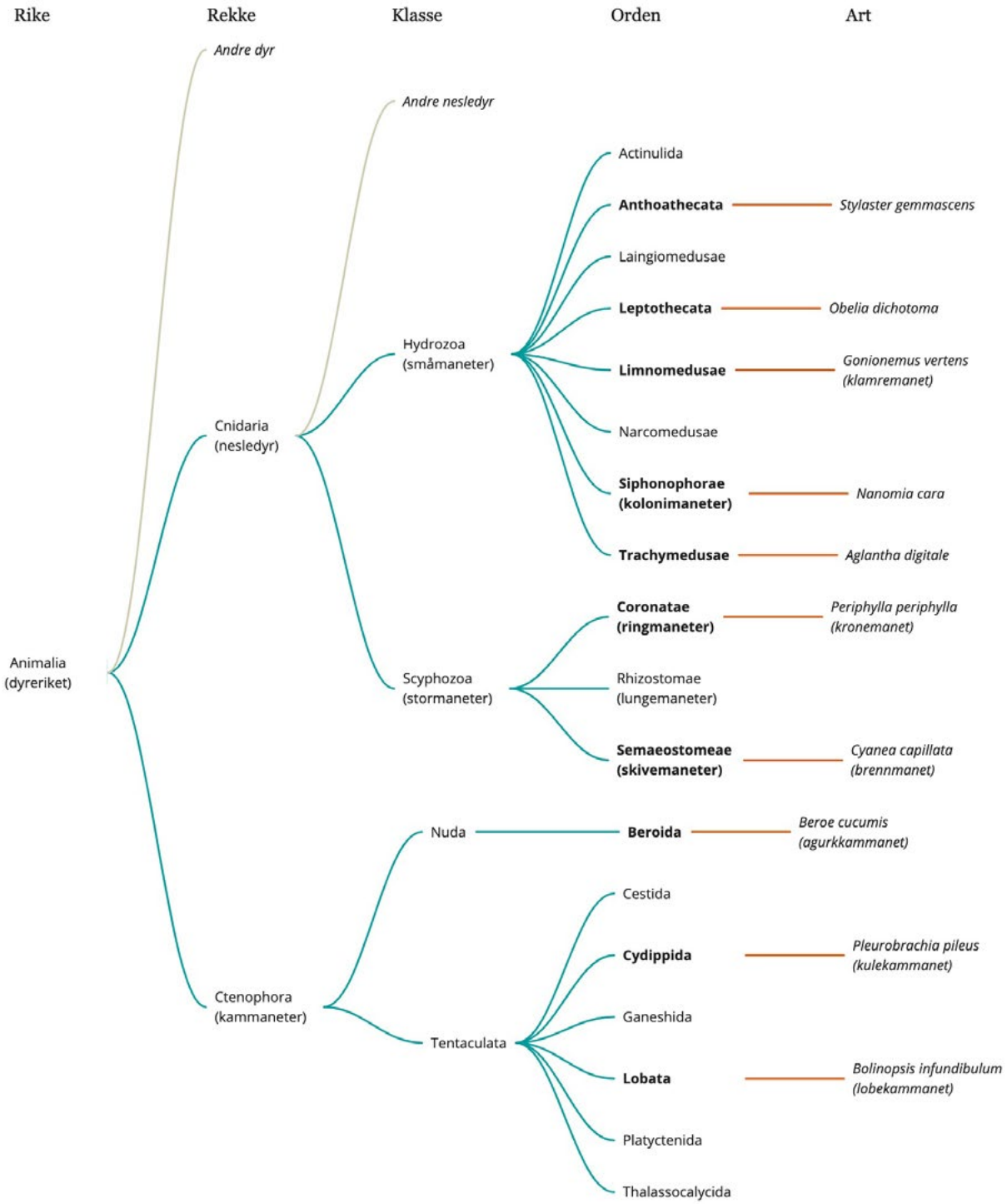
Forfattere: Sanna Majaneva (NTNU), Nicole Aberle-Malzahn (NTNU) og Tale Skrove (Salt Lofoten)

Trondheimsfjorden er tilholdssted for et mangfold av maneter. Stormaneter, som glassmanet, er et vanlig syn om sommeren – ofte i store mengder – men i fjorden finnes det også et stort antall arter fra de mindre kjente kammanetene og småmanetene. Manetene har viktige roller i økosystemet både som byttedyr og som rovdyr og de ulike artene kan leve svært forskjellige liv, med varierende grad av påvirkning på omgivelsene. Dette er organismer som har blitt neglisjert i forskning og overvåkning gjennom historien, også i Trondheimsfjorden, mye på grunn av mangel på god metodikk. Dette er heldigvis i endring. Nye metoder og teknologi i kombinasjon med tradisjonelle metoder, åpner for stadig større kunnskap om disse vikt-ige organismene, og de siste årene har en håndfull forskningsprosjekter studert manetene i Trondheimsfjorden. En sammenstilling av disse undersøkelsene viser at det er behov for å øke kunnskapsgrunnlaget vårt om maneter i hele fjorden. Det er særlig viktig med en grundig vurdering av det lokale manetmangfoldet, spesielt i lys av klimaendringene. En langtidsovervåkning av maneter i fjorden, sammen med andre organismegrupper, kan gi bedre innsikt i hvordan Trondheimsfjorden fungerer som økosystem.

Introduksjon

Gelatinøst dyreplankton, de vakre og skjøre organismene som svever rundt i fjordene våre, er en mangfoldig gruppe som omfatter det vi kjenner som maneter. Dette er ikke en egen taksonomisk gruppe, men beskriver en sammensetning av dyr som ikke er krepsdyr og som kjennetegnes av myke, gjennomsiktige kropper med et vanninnhold på mer enn 95 % og planktonisk livsstil, i hvert fall i noen livsfaser. En planktonisk livsstil viser til at de svever i vannmassene, og i liten grad påvirker egen bevegelse motstrøms. Denne «kunstige» gruppe-ringen av geléaktige arter med stor variasjon i utseende, størrelse, livssykluser og plassering i næringsnettet – og dermed økologiske roller – kan sammenlignes med å sette løver og gaseller i én og samme gruppe om man studerer predasjon i Serengeti (som diskutert i (1; 2)).

I og med at de ikke er noen egen taksonomisk gruppe, kan det oppstå forvirring rundt bruken av begrepene gelatinøst dyreplankton og maneter. Ofte inkluderes kammanter (*Ctenophora*) og meduser, det vil si den kjønna og frittsvømmende generasjonen fra nesledyrene (*Cnidaria*) når man snakker om gelatinøst dyreplankton og maneter. Det er imidlertid verdt å merke seg at det i deler av det vitenskapelige miljøet og i endel litteratur brukes en bredere definisjon der også pilormer, pelagiske kappedyr (salper) og noen arter, og da særlig gelatinøse larve-stadier, av flerbørstemarker, vingesnegler og kjølsnegler omfattes av begrepet gelatinøst dyre-plankton. Vi begrenser den videre diskusjonen til småmaneter og stormaneter, som hører til nesledyrene, og kammaneter (Figur 1), tre grupper som alle er representert i det pelagiske økosystemet i Trondheims-fjorden og vi refererer i hovedsak til gruppen som maneter. Mange av problemstillingene vi tar opp vil likevel også gjelde for gruppene i den utvida definisjonen.



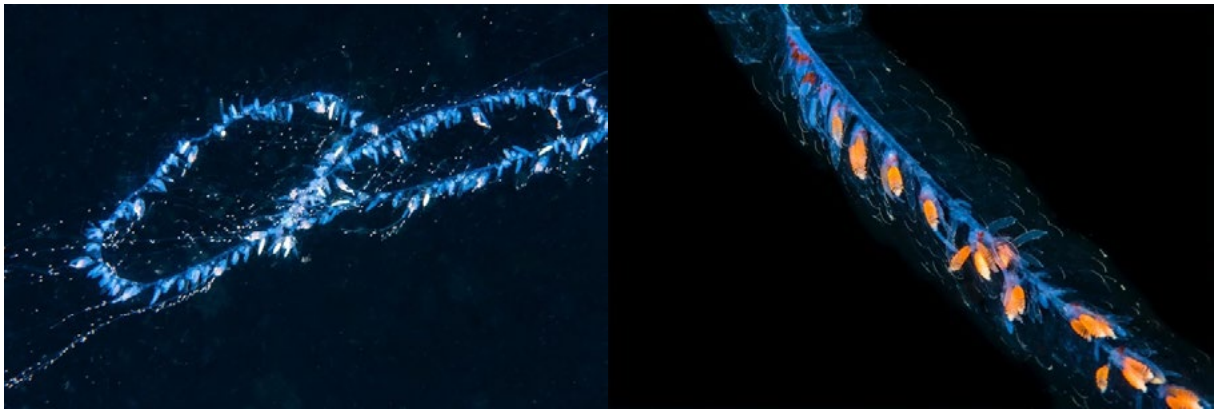
Figur 1: Taksonomisk oversikt over stormaneter, småmaneter og kammaneter fra rike til orden, med noen eksempelarter registrert i Trondheimsfjorden. Ordener med registreringer i Artsdatabanken for Trondheimsfjorden er merket med uthevet skrift. Norske navn står i parentes der det finnes. Merk at figuren ikke viser de taksonomiske nivåene familie og slekt, men går rett fra orden til art.

Manetenes rolle i økosystemet

Siden de representerer mange taksonomiske grupper og har ulike størrelser (fra 1 mm til 20 cm i diameter eller kroppslengde, eller enda større), livshistorier og strategier for å fange mat, har manetene som gruppe et bredt spekter av byttedyrarter, og de innehar flere roller i de pelagiske økosystemene i Trondheimsfjorden. Stormaneter, småmaneter og kammaneter er kjente rovdyr og i stand til å påvirke byttedyrpopulasjonene betydelig. Noen kammaneter og meduser er aktive jegere av fiskelarver, dyreplankton og av og til andre maneter. Andre grupper, som kolonimaneter fra småmanetene og noen grupper kammaneter, er avhengige av å spre tentaklene sine for å passivt fange byttedyrene som hovedsakelig består av hoppekreps, krill og andre dyreplankton.

Det er en vanlig oppfatning at maneter brenner eller stikker oss, men dette stemmer ikke for alle manetene. Det er kun stor- og småmaneter, manetklassene som hører til den taksonomiske gruppen nesledyr, som har stikkende organeller (nesleceller) som brukes til å fange byttedyr eller forsvare seg mot rovdyr. I medusestadiet spiser de en rekke krepsdyr og fisk, spesielt unge stadier, som de fanger ved hjelp av disse cellene.

Maneter er kjent for å være effektive rovdyr som kan kontrollere byttedyrpopulasjonen, men deres kanskje mest undervurderte økologiske rolle er at de selv er byttedyr. Historisk sett har maneter blitt antatt å være en trofisk blindvei (3), det vil si at en antok at manetene ikke ble spist av andre dyr og at energiinnholdet i dem dermed ikke ble tatt opp og ført videre i næringsnettet. Denne antagelsen var basert på deres lave energitetthet, og ble bekreftet av mangelen på påvisbare gelatinøse rester i analyser av mage- eller avføringsinnhold. Sistnevnte har imidlertid vist seg å skyldes at de myke kroppene fordøyes raskt og derfor ikke etterlater identifiserbare rester (4). Nye metoder, som optiske observasjoner i manetenes naturlige habitat og studier med DNA-metastrekkoding, har avslørt at maneter konsumeres av et bredt spekter av rovdyr, for eksempel av mange fiske- og fuglearter og også havskilpadder, over hele verden (4).



Figur 2: Kolonimaneten *Nanomia cara*. Foto: Erling Svensen

De fleste maneter er frittsvømmende enkeltindivider som er i stand til å bevege seg gjennom vann. Noen, for eksempel kolonimanetene (Figur 2), er kolonier av encellede organismer.

Zooidene, individuelle og spesialiserte kolonimaneter som lever i kolonien, kan ofte heller ikke overleve på egen hånd. Maneter innehar et bredt spekter av livssykluser. Mens noen takson er holoplanktoniske, og tilbringer hele livssyklusen i vannsøylen, er andre meroplanktoniske med vekslende bunn- og pelagiske livsstadier (f. eks glassmanet i figur 3B og C, **Vedlegg 7.1**). For eksempel er alle kammaneter holoplanktoniske, mens hos småmanetene er noen holoplanktoniske, noen meroplanktoniske og noen bunnlevende gjennom hele livssyklusen. Også artenes levealder kan variere stort. Kronemaneten, *Periphylla periphylla*, har blitt hevdet å leve opptil 30 år (ofte referert som U. Båmsted personlig meddelelse), mens mange arter har mye kortere, ofte ettårig livssyklus. For mange av manetartene er imidlertid både livssyklus og levetid ukjent.

Maneter kan ofte observeres i stort antall en dag, mens de dagen etter tilsynelatende har forsvunnet. De er prisgitt havstrømmene, og i kombinasjon med livssyklusenes pulserende natur gjør det at manetene kommer og går gjennom sesongene. Dette er også med på å styre sommeroppblomstringene, som kan forkomme i vannmasser påvirket av mennesker, så vel som i de mest uforstyrrede hav- og fjordområder (5).

Medusestadiet til de fleste stormaneter, samt noen småmaneter, oppstår fra artenes bunnlevende livsstadium, polyppstadiet, der det skjer en aseksuell reproduksjonsprosess hvor de kloner seg selv. Denne prosessen er vanligvis sesongbasert og perioden med meduseproduksjon varierer fra dager til måneder, men de resulterer nesten alltid i sesongmessig variasjon i hvilke medusepopulasjoner vi kan finne til enhver tid. Selv holoplanktoniske arter som kammaneter øker i antall om sommeren når planktonisk mat er lett tilgjengelig, noe som også gir opphav til manetoppblomstring. Mens de ulike manetpopulasjonene kommer og går regelmessig gjennom året, finner man større forskjeller fra år til år for både meduser og kammaneter, og enkelte år kan populasjonene være mye større enn andre år. Glupsk predasjonsatferd, en evne til å sulte og krympe i perioder med lite tilgang på mat, toleranse før økte temperaturer, samt høy reproduksjonshastighet, er egenskaper som har blitt trukket fram når det kommer til manetenes mulighet til å dra nytte av miljøendringer (se diskusjon om økning i oppblomstring under).

Kunnskapsgrunnlaget

Utfordringer med manetforskning

Maneter har en myk og skjør kropp som ikke tåler tradisjonelle plankton-prøvetakingsmetoder. Vanskeligheter med både prøvetaking, bevaring og identifisering har historisk resultert i en skjevhet i antall studier som er gjennomført på disse organismene sammenlignet med krepsdyr, som ofte er en sterkt representert gruppe i planktonstudier. For eksempel var ikke maneter inkludert i studiene av dyreplanktonsamfunn som ble gjennomført i Trondheimsfjorden på 1960- og 1970-tallet og i tidsserien fra NTNU – Trondheim Biologiske Stasjon er dataene om maneter svært begrenset på grunn av metodologiske utfordringer (se kapittelet om dyreplankton). Dette har videre hindret vår forståelse og kunnskap om både mangfold og økologi hos denne gruppen. De siste tyve årene har vi imidlertid sett en økning i manetstudier, drevet av en hittil

ubekreftet hypotese om globalt økende manetoppblomstringer knyttet til klimaendringer og andre menneskeskapte stressfaktorer, som overfisking (6) (men også (2;7;8). Dette gjelder også for Trondheimsfjorden, hvor maneter stadig oftere blir innlemmet i det som tidligere har vært studier med fokus på krepsdyr.

Maneter kommer i et bredt spekter av størrelser, og i varierende antall. Prøvetakingsutstyr kan derfor være svært selektivt (9). Mens noen arter, som stormanetene, kan fanges med tråL, kan mindre og mer skjøre dyr slippe gjennom eller bli ødelagt av de grove maskene. Tradisjonelle planktonnett med filtrerende fangstposer, spesielt i kombinasjon med prøvebehandling som høytrykksspyling og sikting, kan også helt eller delvis ødelegge de mer delikate organismene, spesielt kammanetene. Dette gjør både artsidentifikasjon og telling av individer vanskelig og ofte også umulig (10; 11;9).Videre forårsaker konvensjonelle konserveringsmidler som formalin og etanol forvrengninger, og i noen tilfeller total oppløsning, av manetene. Tradisjonelle nett- eller trålprøvetaking kan dermed påvirke resultatene i mangfoldsundersøkelser og forhindre innsamling av kvantitative datasett.

Vanskeligheter med prøvetaking i kombinasjon med en nå utdatert oppfatning om at maneter har liten økologisk betydning i næringsnettene, har ført til en begrenset interesse for denne gruppen, og dermed også til at den i flere tiår har blitt oversett i nasjonale overvåkningsprogram og studier, også i Trondheimsfjorden. I dag er det imidlertid en økende mengde bevis for manetenes viktige rolle i det pelagiske næringsnettet, både som byttedyr og rovdyr (12). Det registreres ofte store mengder maneter, men data om antall, sesongvariasjon eller langsiktige tidsserier eksisterer sjeldent (2), (10). Dette er data som er kritiske for å belyse tidsmessige og romlige variasjoner for manetpopulasjonene, inkludert biomasse, og mangelen på denne type data forhindrer oss fra å knytte forekomsten av maneter til endringer i miljøforholdene.

Undersøkelser i Trondheimsfjorden

I Trondheimsfjorden, som i de fleste andre fjordsystemer i Norge, er kunnskapen om maneter mangelfull, spredt og ofte utdatert. Med noen unntak (for eksempel fem masteroppgaver fra NTNU, (13;14;10) prosjektene LTS, iKyst, JANUS, GooseAlien, HYPNO og GoJelly) har maneter stort sett blitt utelatt i marine pelagiske undersøkelser i regionen. I de tilfellene de er dokumentert er det ofte med grov oppløsning, med maneter kun klassifisert som «manet», i taksonomiske grupper på høyere nivå, som småmanet eller kammanet, eller med fokus på enkelte arter som kronemanet (f.eks. (15;16;17) og glassmanet (*Aurelia aurita*) (18;19)

Det finnes et fåtall studier som har fokusert på maneter i Trondheimsfjorden (f.eks. JANUS, HYPNO, GooseAlien, GoJelly). I denne rapporten har vi analysert datasett og publikasjoner fra disse prosjektene i kombinasjon med et omfattende søk etter registreringer i Norsk Artskarttjeneste (Artskart), Norsk Database over Artsnavn (Artsnavnebase), samt andre publikasjoner. Flere av datasettene vi har brukt er fortsatt under analyse, og dermed foreløpig upubliserte. Vi vil takke alle prosjektpartnere for å dele disse datasettene med oss.

Større studier som i hovedsak har fokusert på maneter er:

JANUS

Modeling an Interdisciplinary Early Warning System for Future Fisheries Scenarios: A socio-bio-economic value chain (NFR, 2012 – 2015, ledet av J. Mork, NTNU). Prosjektet gjennomførte elleve helukers forskningstokt med fokus på historikk og status for bestandsbiomassen til kronemaneten, dens regionale utbredelse i Trondheimsfjorden og reproduksjonsbiologi. Denne kunnskapen er avgjørende for å forstå kronemanetens påvirkning på fjordens økosystem. Av spesiell interesse i prosjektet var hvordan kronemaneten konkurrerer med torskefisker om byttedyr.

HYPNO

Hydrozoan pelagic diversity in Norway (Artsdatabanken, 2015 – 2018, ledet av A. Hosia, UiB). Prosjektet studerte artssammensetningen av pelagiske småmaneter og inkluderte både meduser og kolonimaneter. Studieområdet dekket Oslofjorden, Nordsjøen, vestnorske fjorder og Arktiske områder, og i noen grad også Trondheimsfjorden. Prosjektet kombinerte skånsom prøvetaking etterfulgt av en nøye morfologisk undersøkelse og dokumentasjon av levende prøver, med nye molekylære metoder.

GooseAlien

Sea gooseberries – native aliens in Norwegian waters (Artsdatabanken, 2015 – 2020, ledet av S. Majaneva, UiT/NTNU). Prosjektet kartla mangfoldet av kammaneter i norske farvann, inkludert Trondheimsfjorden. Resultatene ble også dokumentert på en måte som skulle tilrettelegge for framtidig kartlegging og registrering av forskere og andre. Dokumentasjon av levende prøver ble kombinert med fotografering på levestedet (ved dykking, snorkling og ROV – fjernstyrt undervannsfartøy), skånsom prøvetaking etterfulgt av en nøye morfologisk undersøkelse og med nye molekylære metoder, inkludert DNA-strekkoding og populasjonsgenetikk. For å øke bevisstheten rundt kammaneter i befolkningen og for å øke den geografiske dekningen i prosjektet, ble publikum involvert i datainnsamlingen gjennom et folkeforskningsprosjekt, hvor deltakere fra seks dykkerklubber langs norskekysten var involvert. Trondheimsfjorden var representert ved Levanger dykkerklubb og Steinkjer sportsdykkerklubb.

GoJelly

GoJelly – a gelatinous solution to plastic pollution (EU Horizon, 2017 – 2021, den norske delen ble ledet av N. Aberle og S. Majaneva, NTNU). Prosjektet fokuserte på artene kronemanet, glassmanet og brennmanet (*Cyanea capillata*) i Trondheimsfjorden, samt i Østersjøen og Middelhavet. Målet var å forstå hva som driver manetoppblomstringene og videre kunne gi

pålitelige oppblomstringsvarsler. Prøvetakning ble utført på 12 forskningstokt på 1–2 dager mellom 2018 og 2020, langs et transekt fra ytterst til innerst i Trondheimsfjorden som dekket et bredt spekter av oseanografisk forskjellige områder. Der det var mulig ble prøvestasjonene fra JANUS-prosjektet brukt. Store meduser ble samlet inn med bunntrål, mens innsamling av mindre frittlevende stadier ble gjort ved bruk av ulike typer planktonnett. Fastsittende polypper ble samlet inn med landbaserte prøvetakingsmetoder våren 2018 og 2020.

I tillegg til prosjektene over finnes begrenset med data om maneter fra Trondheim Biologiske Stasjons langtidsserie (LTS), hvor det fra 1963 til 2014 ble tatt prøver ulike steder i Trondheimsfjorden, hovedsakelig av plankton og næringssalter. Også prosjektet Integrert kystsoneutvikling (iKYST) som pågikk fra 2009 til 2012, registrerte noe data om maneter.

Tilstand og utvikling

Kunnskapen vi har om maneter i Trondheimsfjorden er generelt liten, fragmentert og i stor grad begrenset til en håndfull arter. De fleste studiene, som LST, iKyst og JANUS, har fokusert på spesifikke takson, og da hovedsakelig på kronemaneten, eller utført omfattende kartlegging av noen få taksonomiske grupper, som kammaneter i GooseAlien og stormaneter i GoJelly. En annen begrensning er at mangfoldsdata hovedsakelig er gitt som øyeblikksbilder i tid og rom, med hovedfokus på sommermånedene (juli, august og september) og med en eller få stasjoner som skal representere hele fjorden. En helhetlig mangfoldsvurdering mangler.

Det er også mangel på omfattende identifiseringslitteratur for maneter som forekommer i Norge, og dermed også for Trondheimsfjorden. Beskrivelsene er ofte mangelfulle og fokuserer på spesifikke livsstadier, i tillegg til å være spredt utover ulike publiserte kilder og litteratur. Det er viktig å merke seg at selv om det er laget artslister for regionen, så er mange av artene eller gruppene kun registrert én gang (**Vedlegg 7.1**) og noen av registreringene kan også mistenkes for å være feilidentifikasjoner.

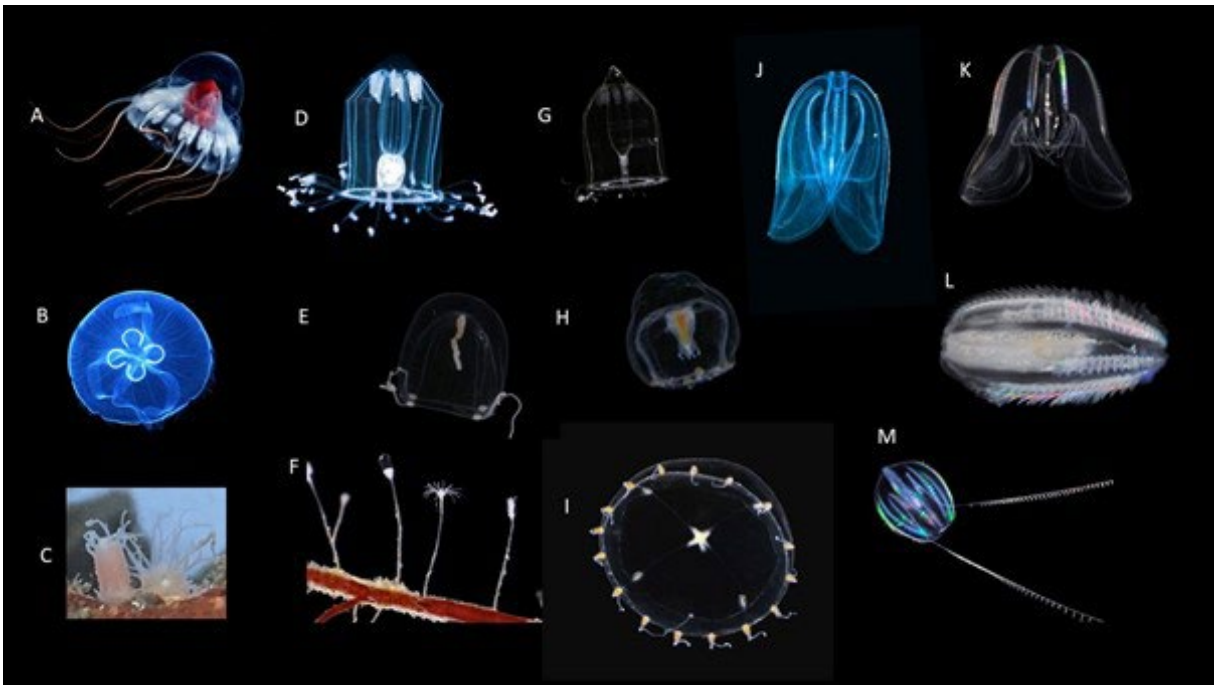
Disse manglene og svakhetene i kunnskapsgrunnlaget er viktig å ha med seg når man ser på endring og utvikling over tid, fordi de gjør at man ikke har grunnlag for å konkludere med langsiktige endringer i sammensetning av manetsamfunn eller forekomster av enkeltarter.

Et mangfold av maneter

Et omfattende søk etter registreringer i Artskart, Artsnavnebase og andre publiserte og upubliserte data viser et svært mangfoldig manetsamfunn i Trondheimsfjorden (Figur 3, **Vedlegg 7.1**). Totalt forekommer opp til 109 manettaksoner i Trondheimsfjorden og i utkanten av fjorden (Artskart bruker avgrensingen «Trøndelag»), men en betydelig del av disse registreringene er ikke gjort på artsnivå (27 %), og flere av taksonene er kun observert én gang. «Pionérarbeidet» med taksonomien til maneter og andre dyreplankton enn krepsdyr ser ut til å være fra 1960-tallet da det ble rapportert flere arter småmaneter i fjorden, men for flere av gruppene er det ikke gjort ytterligere observasjoner siden. Stormaneter med fire og

kammaneter med syv observerte arter er i dag de best studerte taksonene i fjorden, takket være noen få forskningsprosjekter de siste ti årene (JANUS, GooseAlien, GoJelly).

Gjennom de nevnte prosjektene har viktige kunnskapshull rundt artsfordeling og uklare artsavgrensninger, selv for de mest kjente taksonene, blitt identifisert. Taksonomiske feiltakelser, oversette synonymer og viktige utelatelser har gjennom årene samlet seg i ulike kilder som oppsummerer den nasjonale kunnskapen om denne gruppen. Mange manetarter antas å være utbredt over store deler av verden, men det er ofte ikke kjent om disse artene danner genetisk sammenhengende populasjoner eller om de er kryptiske arter, altså arter som er utseendemessig svært like, men som likevel er særegne arter. For stormaneter alene – ofte betraktet som et veldig kjent takson – presenterte en vitenskapelig artikkel ikke mindre enn 14 særegne arter av glassmaneter basert på genetiske forskjeller (20). Glassmaneten som er funnet i Trondheimsfjorden ble bekreftet å være *Aurelia aurita*, og er samme art som er samlet fra andre steder i Skandinavia og i Nordøst-USA (32). Ved hjelp av god prøvetaking er det de siste årene beskrevet mange nye arter fra relativt godt undersøkte områder rundt om i verden. Dette tyder på at maneter er en gruppe med mange arter som ennå ikke er beskrevet, og også at det vi i dag anser som én art i virkeligheten kan omfatte flere ulike arter. Dette fremhever viktigheten av en god og integrert artsidentifikasjon og antyder at antallet arter i Trondheimsfjorden kan være høyere enn tidligere antatt.



Figur 3: Et utvalg maneter som er observert i Trondheimsfjorden. Stormaneter: A) *Periphylla periphylla* – kronemanet (1–40 cm kuppeldiameter), B) *Aurelia aurita* – glassmanet (0.5–50 cm), C) *Aurelia aurita polypp* (0.1–0.5 cm); Småmaneter: D) *Aglantha digitale* (0.5–2cm), E) *Sarsia tubulosa* (0.5–2 cm), F) *Clytia gracilis* polyppstadium (0.1–0.5 cm), G) mer vanlig framstilling av *Aglantha digitale* (0.5–2 cm), H) *Rathkea octopuncata* (0.5–2 cm), I) *Clytia gracilis* medusestadium (0.5–2 cm); Kammaneter: J) *Bolinopsis infundibulum* (ca. 2–20 cm), K) *Mnemiopsis leidyi* (ca. 1–10 cm), L) *ctenophora* vev (ca. 1–10 cm), M) *Pleurbrachia pileus* (ca. 0.5–3 cm). Foto: S. Zankl (A), H. Hillewaert (B), Rekstad M. (C), E. Svensen (D, J, M), J. Soto (K), L. Martell (F), A. Hosia (E, G, H, I, L)

Stormaneter

Stormanetene hører til nesledyrene og refereres ofte til som ekte maneter eller meduser. De lever utelukkende marint, og de fleste artene har to hovedlivsfaser. Den frittsvevende meduse- eller manetformen er den mest iøynefallende i sommermånedene og den folk flest kjenner best (Figur 3B). Stormanetene har også et lite iøynefallende, men lengre livsstadium hvor de lever som bunnlevende polypper (Figur 3C). Det er overlevelsessuksessen fra dette stadiet som er opphavet til de nye medusene vi ser hver sommersesong. Livssyklusen kan være svært kompleks, inkludert både seksuell og aseksuell reproduksjon og de har ofte også andre livsstadier, som planulae- og ephyra-larver (21). Kronemaneten, som er svært vanlig i Trondheimsfjorden, utgjør et sjeldent unntak fra livshistorien vi finner hos de andre artene av stormaneter, da den ikke har et polyppstadium (22). Generelt er polyppstadiene en svært understudert del av livssyklusen hos maneter.

I Trondheimsfjorden er det registrert fire av de minst åtte artene stormanetene som er funnet i Norge (**Vedlegg 7.1**). Av disse er glassmanet (Figur 3B) og kronemanet (Figur 3A) registrert med oppblomstringsmengder, mens brennmanet og blå brennmanet (*Cyanea lamarckii*, Figur 4) hovedsakelig er rapportert som enkeltobservasjoner eller med lavt antall individer per observasjon.



Figur 4: Brennmanet – *Cyanea capillata* (t.v.) og Blå brennmanet – *Cyanea lamarckii* (t.h.). Foto: Erling Svensen

Småmaneter

Småmanetene hører også til nesledyrene og består hovedsakelig av svært små rovdyr, noen solitære og noen kolonidannende, hvor de fleste lever marint (Figur 3D–I). Selv om de fleste småmaneter har et medusestadium er ikke dette alltid frittlevende, og hos mange arter eksisterer det utelukkende som en seksuelt reproduserende knopp på overflaten av småmanetkolonien. Over 90 % av de norske artene har et bunnlevende stadium i livssyklusen og nesten 60 % av alle kjente småmaneter i Norge er utelukkende bunndyr (23). Totalt er det registrert 718 observasjoner av småmaneter i Trondheimsfjorden og fjordmunningen i Artskart. Denne listen inneholder 98 takson, hvorav 72 er identifisert til artsnivå, og av disse lever rundt 40 – 50 arter kun som bunndyr (**Vedlegg 7.1**). Det er viktig å merke seg at man ikke kjenner livssyklusene til mange av småmanetene, og at diversiteten kan være høyere enn det vi vet i dag.

Mangfoldet av holoplanktoniske og meroplanktoniske småmaneter i Trondheimsfjorden inkluderer arter med flere observasjoner, som tre arter fra slekten *Obelia (O. dichotoma, O. geniculate og O. longissimi*) (**Vedlegg 7.1**), samt flere takson som er registrert kun én gang, slik som kolonimanetene *Apolemia uvaria* og *Nanomia cara* (Figur 2). Selv om de to sistnevnte artene kun har enkeltregistreringer i Trondheimsfjorden, er de hyppig observert langs kysten og i andre norske fjorder. Tidligere dyreplanktonundersøkelser på den nordlige halvkule viser at medusene *Aglantha digitale* og *Rathkea octopunctata* er de nesledyrene som forekommer oftest, og ofte er de mest tallrike ((24) og referanser der), og disse artene er også observert i Trondheimsfjorden. Listen over småmaneter er imidlertid svært mangelfull og gir ikke nødvendigvis et riktig bilde av situasjonen i fjorden. Dette vises blant annet ved at det ikke er registrert noen observasjoner av arten *Stauridiosarsia gemmifera* (tidligere kjent som *Sarsia Gemmifera*), til tross for at dette er den mest studerte småmaneten i fjorden (bl.a. (13)).



Figur 5: Klamremanet - *Gonionemus vertens*. Foto: Erling Svensen

Gonionemus vertens, «den klamrende maneten», er en liten art fra småmanetene som i stor grad er knyttet til ålegrasenger og algevegetasjon på hardbunn i kystområder på den nordlige halvkule (Figur 5). Denne arten antas å høre hjemme i det nordvestlige Stillehavet hvor den er beryktet for å forårsake alvorlige skader på mennesker. Det har vært bekymring for denne arten fordi den stadig dukker opp i tempererte kystområder hvor den ikke har vært registrert tidligere eller på lang tid. I Norge er denne arten kun registrert i Artskart 7 ganger, og én av disse observasjonene er fra Trondheimsfjorden i 1969 (25). I nyere litteratur er arten oppgitt å være vanlig på Sør-Vestlandet (62) og det er registrert individer i Agder og Rogaland (63). Det er imidlertid verdt å merke seg at variasjoner i brenneffekt og distribusjon i forhold til temperatur har reist spørsmål om disse småmanetene kan betraktes mer som artskompleks med kryptiske arter, og at artsidentifikasjon derfor vil kreve ytterligere arbeid.

Kammaneter

Kammaneter, også kjent som ribbemaneter og sjøstikkelsbær, finnes i de fleste marine habitater, fra polare til tropiske, kyst til åpent hav, og fra nær overflaten til svært dype hav. Kammanetene kjennetegnes av åtte rader med flimmerhår som brukes til bevegelse (Figur 3J-M). Flere ribbemanetarter er glupske rovdyr, og de kan gjøre store innhugg i byttedyrbestandene siden det ofte kan bli veldig mange av dem. Ribbemaneter er nemlig hermafroditter, det vil si at et individ har begge kjønn samtidig, og de formerer seg derfor veldig raskt når det er gode forhold.

I Norge er det registrert 15 takson, og syv av disse finnes i Trondheimsfjorden (**Vedlegg 7.1**). Listen inkluderer vanlige stedegne arter som sjøstikkelsbær (*Pleurobrachia pileus*), men også den invaderende arten amerikansk lobemanet (*Mnemiopsis leidyi*) som ble rapportert for første gang i Norge i 2006 (26) og som i dag er observert så langt nord som til Bodø (27). Amerikansk lobemanet er oppført på listen over verdens 100 verste invaderende arter, utarbeidet av Global Invasive Species Database, og er kjent for å blomstre i regioner som Svartehavet og Østersjøen, men fra Trondheimsfjorden er det ingen rapporter om oppblomstringer. Det er verdt å merke seg at arten lett kan feilidentifiseres som *Bolinopsis infundibulum*, som er en naturlig art i området.

En av kammanetene som forekommer i fjorden, for tiden kalt «horned ctenophore», er ny slekt og art både for Norge og for vitenskapen (Majaneva et al. in prep). Basert på molekylære data er det også identifisert artskomplekser som krever videre forskning i Trondheimsfjorden: slekten *Beroe* (Figur 6) ser ut til å være et artskompleks som trolig har mange ubeskrevne arter, og det anbefales at hele slekten undersøkes grundig (14;28;29;30). Kammaneter er også et godt eksempel på at maneter kan ha kjente forekomster, for eksempel ved at de ofte blir observert av dykkere, men at de likevel er understuderte (14;10).



Figur 6: Agurkkammanet - *Beroe cucumis*. Foto: Erling Svensen

Eksempelstudie: Polypp-populasjoner hos stormaneter

Glassmaneten er den vanligste manetarten i Trondheimsfjorden og har ofte en omfattende oppblomstring i sommermånedene, fra juli til september. Til tross for at arten er svært vanlig, finnes det ingen lange tidsserier om forekomsten eller økologien til glassmaneten i Trondheimsfjorden. Vi kan derfor ikke si noe om økende eller minkende trender for denne arten i fjorden.

Mens medusestadiet ofte observeres i fjorden, er de andre livsstadiene svært understudert (31). I GoJelly-prosjektet ga en kvalitativ feltundersøkelse i kombinasjon med utplassering av plater for polyppene å feste seg på, en omfattende oversikt over glassmanetens polyppkolonier i Trondheimsfjorden (32). Det ble funnet polypper på 70 substrater av varierende materialtyper i de grunne littoralsonene. Skjerma områder med redusert strømhastighet på grunn av tette makroalger eller topografiske egenskaper, viste seg å være mer egnet habitat for glassmanetpolypper enn steder med sterkere eksponering og lav grad av epibionter, som er organismer som lever på andre organismer. Nærmere bestemt fremmet overflaten av fallossekkdyr (*Ascidia mentula*), rør av trekantmark (*Spirobranchus triqueter*) og skjell av døde fjærerur (*Balanus balanoides*) gode mikrohabitater for polypper (Figur 3C). Blåskjell (*Mytilus edulis*) derimot, fungerte som en mulig konkurrent om areal og næring mot andre sedimenterende epibionter, inkludert glassmanetpolypper (32).

I GoJelly-prosjektet skilte brennmanetregistreringene seg fra glassmanetregistreringene ved at det, til tross for omfattende undersøkelser, ikke ble påvist polypper fra hverken denne arten og heller ikke fra blå brennmanet. Det er flere mulige forklaringer på hvorfor polypper fra disse artene ikke ble funnet, til tross for at begge artene befinner seg inne i fjorden hvert år og særlig om sommeren. Brennmanet og blå brennmanet er kjent for å ha sin hovedutbredelse i åpent hav og det har blitt spekulert i at disse artene foretrekker mer saltholdig og dypere vann enn det vi finner i fjordene våre (33;34;18). Det virker derfor sannsynlig at medusene fra disse artene passivt driver inn fra Norskehavet til Trondheimsfjorden, heller enn å stamme fra lokale bestander. Det er imidlertid viktig å merke seg at det fra dyrkede prøver har vært tydelig at polypper fra *Cyanea*-slekta, som begge disse brennmanetartene hører til, er mer skjøre og mindre i størrelse sammenlignet med polypper fra glassmanetslekta. Dette kan begrense sjansene for å oppdage dem. Funnene fra GoJelly gir verdifull ny innsikt i distribusjonen og rollen til lokale polypper som opphav for manetoppblomstring i fjordsystemer, hvor intensive oppblomstringer forekommer årlig. Nå som vi vet hvor i Trondheimsfjorden vi kan finne de tidlige livsstadiene til glassmanet, gir det en mulighet til å overvåke dem regelmessig over tid, noe som kan gi viktig informasjon og videre kunnskap om dynamikken til den voksne medusen.

Eksempelstudie: Kronemanet

De siste tiårene er det rapportert store mengder kronemanet (Figur 7) i norske fjorder (35;36) inkludert i Trondheimsfjorden, og mange studier har fokusert på utviklingen og økologien til arten (f.eks. (22;37;38;36;39;40) for å finne mulige forklaringer på de voldsomme oppblomstringene. Flere årsaker til at kronemaneten nå finnes i så store mengder i fjordene

våre har blitt foreslått. De er ikke-visuelle rovdyr, som betyr at de søker byttedyr uten å bruke syn. Dette gir dem en stor fordel i forhold til andre rovdyr, som for eksempel fisk, i farvann med redusert lysgjennomtrengning. Kronemaneten er naturlig utbredt i alle verdenshav og i et bredt temperaturspekter, og som andre stormaneter tåler den lave oksygenkonsentrasjoner bedre enn de fleste fiskearter. Under stabile forhold antydes det at kronemaneten gyter kontinuerlig, uavhengig av årstid (22;39) og basert på dagens kunnskap har den få, om noen, naturlige predatorer i norske farvann, med unntak av i de tidlige livsstadiene.



Figur 7: Kronemanet - *Periphylla periphylla*. Foto: Erling Svensen

Artens populasjonsøkning har skapt bekymring i Trondheimsfjorden, så vel som andre fjorder i Norge. I Norge har de økonomiske tapene knyttet til maneter primært vært i havbruks- og fiskerinæringen. I Trondheimsfjorden har det vært diskutert om kronemaneten har vært årsak til reduksjonen i torskefangstene de siste tyve årene (se kapittel 1 om fisk for detaljer). Dette skyldes hovedsakelig at kronemaneten regnes som en sterk konkurrent til torsk: Den er en såkalt toppredator uten mange naturlige fiender, og konkurrerer om matfatet med alle livsstadier av torsk. Kronmanet spiser samme type byttedyr (raudåte, fiskelarver og småfisk) som både ung og voksen torsk og kan også spise egg og ungtorsk. Yrkesfiskere fra de innerste delene av fjorden har rapportert at kronemaneter har predatert på larver fra torsk og sild, i tillegg til problemer knyttet til at manetene har tettet garn og stukket fiskere (17;41;42).

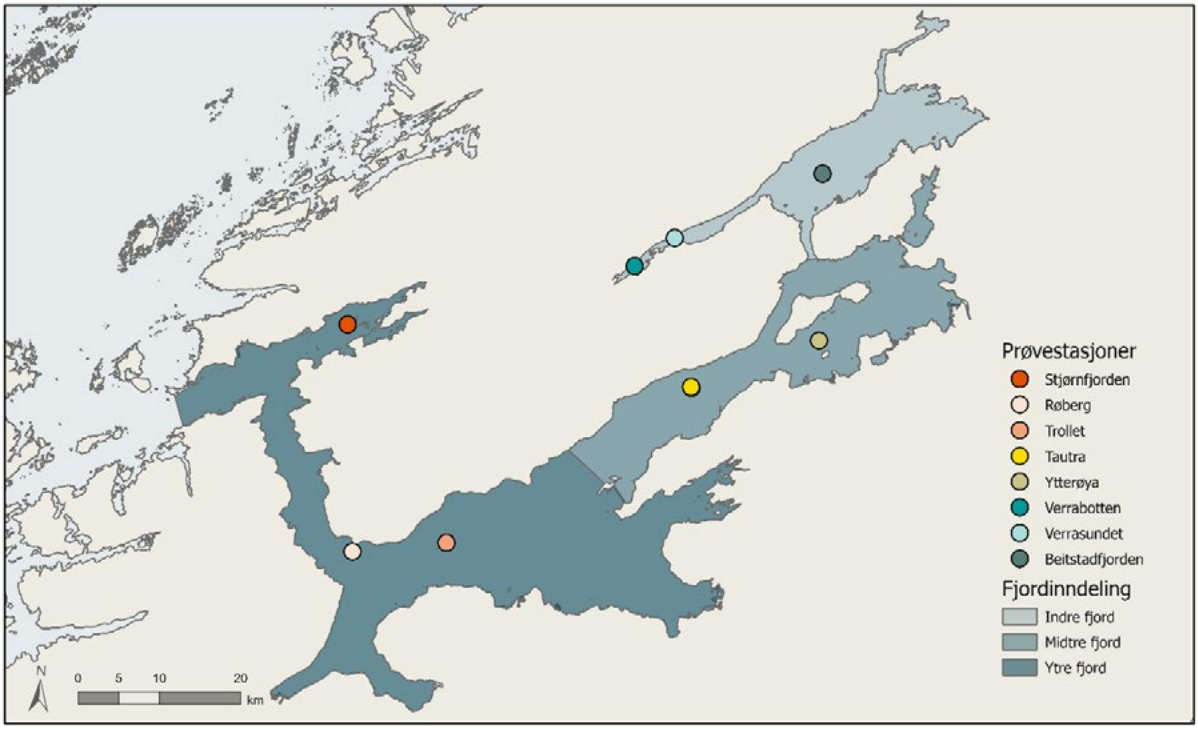


Figur 8: Kronemanet-tråling (*Periphylla periphylla*) i Trondheimsfjorden. Foto: Nils Tokle.

Et fåtall studier om kronemanetsituasjonen i Trondheimsfjorden er publisert. Disse inkluderer masteroppgaver fra NTNU (43;15;16) og noen samfunnsvitenskapelige studier med fokus på lokale fiskerier og fiskeres oppfatninger (42;17;41). Artskart rapporterer observasjoner av kronemanet i Trondheimsfjorden tilbake til 1923, til tross for at den noen ganger har

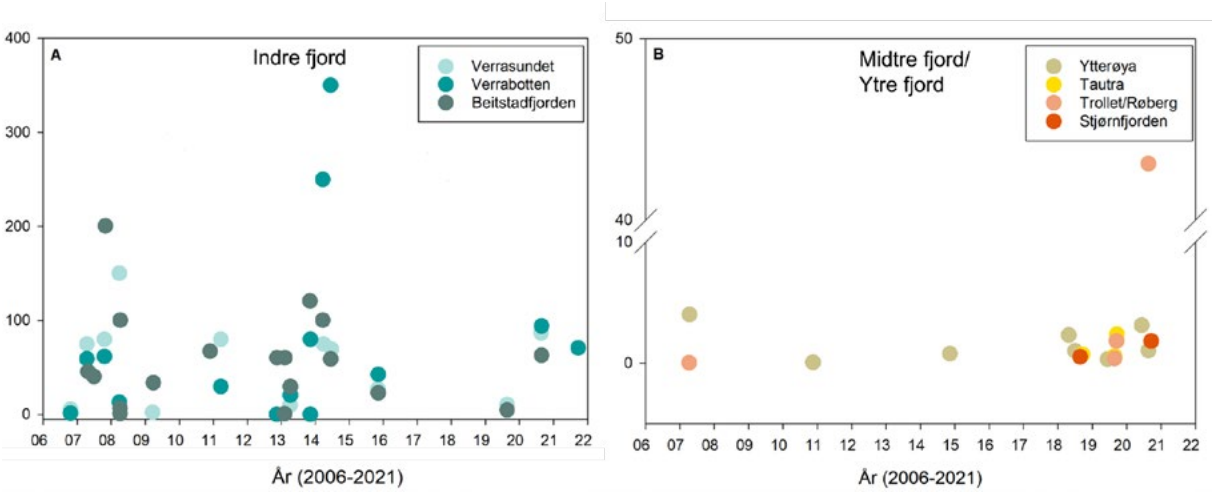
blitt omtalt som en invaderende art i norske fjorder. Flere senere studier (15;16;17) skriver at etter de første observasjonene av større mengder kronemanet i trålene i indre deler av Trondheimsfjorden i 1999, så har arten etablert seg som en toppredator i dette økosystemet og økt drastisk i antall. Det er rapportert at maneten fra 2003 og utover har dominert trålfangstene (Figur 8) i fjorden (17). Dette har blitt spekulert i å skje samtidig som forekomsten av de tidligere vanligste bunnfiskartene har blitt redusert i trålfangster, spesielt på de grunne lokalitetene Verrabotn (~ 60 m) og Verrasundet (~ 100 m) i indre fjord (J. Mork, pers.meld.) (17).

Gjennom flere tokt de siste 15 årene har forskere fra NTNU Trondhjem Biologiske Stasjon tatt prøver av kronemaneter ved bruk av bunntrålteknikker. Fra 2006 – 2021 ble det utført bunntråling i indre, midtre og ytre del av Trondheimsfjorden på flere faste steder (Figur 9). I midtre fjord og ytre fjord ble det trålet på stasjonene Stjørnfjorden, Trollet/Røberg, Tautra og Ytterøya, mens stasjonene i indre fjord var Beitstadfjorden, Verrasundet og Verrabotn. Trålingen ble utført i forbindelse med flere nasjonale og internasjonale prosjekter (iKyst, LTS, JANUS og GoJelly). Dybden på bunntrålingen varierte avhengig av stasjon, fra 50 meter ved Verrabotn til 507 meter ved Trollet. Trålvirksomheten foregikk gjennom hele året med størst aktivitet i perioden fra vår til høst. Noen år var det flere prøvetakinger gjennom året, mens andre år ble det kun trålt én gang på stasjonene, uten fast tid på året (Figur 10). Prøver med kronemaneter ble kvantifisert ved hjelp av volumetriske mål (liter) som et estimat for manetbiomasse fanget under hver trålingshendelse. For estimater på endringene i manetbiomasse over tid, ble 'fangst-per-enhet innsats' (CPUE) for hver trålhendelse beregnet ut fra volumet av kronemaneter fanget i løpet av en spesifikk bunntrålingstid (minutt) i indre, midtre og ytre del av fjorden (Figur 10).



Figur 9: Oversikt over prøvestasjoner gjennomført fra Trondheim Biologiske Stasjon i ytre, midtre og indre fjord i årene 2006 – 2021.

Kronemaneter ble fanget på alle prøvestasjonene i Trondheimsfjorden, men mengden var betydelig høyere i indre del av fjorden sammenlignet med midtre og ytre del (Figur 10). Høyest CPUE ble beregnet for mars og juni 2014 i indre fjord (Verrabotn) mens lavere biomasser ble observert før og etter 2014. Det er også verdt å merke seg at lav tilstedeværelse ble registrert i indre fjord, blant annet fra 2007 til 2009. Generelt ble det ikke observert noen tidsmessig trend med økning eller reduksjon av biomasse i indre del av Trondheimsfjorden i prøvetakingsperioden (Figur 10A). Det ble ikke observert forskjeller i biomasse mellom stasjoner i ytre og midtre del av fjorden, og heller ingen tidsmessig trend ble observert her (Figur 10B).



Figur 10: Fangstmengden av kronemanet (*Periphylla periphylla*) kalkulert som Catch-per-unit-effort (CPUE) fra volumet av maneter som ble fanget med bunntrål per tråling (liter/minutt) i perioden 2006-2021 i Beitstadfjorden (A) og i Midtfjorden/Ytterfjorden (B).

Det er viktig å merke seg at det har vært stor variasjon i prøvetakingsteknikker under toktene, og for eksempel har det vært ulik praksis i hvordan tråltiden er registrert. Dette fører til at en ikke kan sammenligne prøver fra de ulike toktene direkte, men det kan gi oss en overordnet trend for kronemaneten disse årene. Det er også vanskelig å trekke konklusjoner rundt kronemanetens utvikling fram til i dag, både når det gjelder populasjonsstørrelse, tidsrom og årsaker, siden det ikke finnes data eller systematisk prøvetaking fra før 2006 å sammenligne med. Det er derfor vanskelig å konkludere med at kronemaneten er grunnen til reduksjon i torskebestanden ut fra disse undersøkelsene (se kapittel 5 om fisk for detaljer).Dette underbygger viktigheten av gode overvåkningsprogrammer.

Til tross for at vi får stadig mer data og kunnskap om kronemaneter i Trondheimsfjorden, står flere sentrale spørsmål fortsatt ubesvart. Vi har for eksempel ikke full oversikt over størrelsen på populasjonen. Det er mange spekulasjoner om hvor mange tonn kronemanet som finnes i fjorden. For eksempel har to masterstudier i Trondheimsfjorden (43;15) estimert den totale biomassen i indre fjord til å være > 20 000 tonn. Disse estimatene er basert på øyeblikksbilder i tid og rom og tar derfor ikke hensyn til sesongmessige endringer eller årlige svingninger. Hetland (43) antydet også at mesteparten av kronemanetens reproduksjon foregår i Beitstadfjorden, innerst i fjorden.

Mesteparten av arbeidet har blitt utført med tråling, hvor unge eksemplarer slipper gjennom nettet. En kombinasjon av flere verktøy som trål, planktongarn og eventuelt optiske observasjoner sammen med akustikk, vil kunne gi et mer helhetlig bilde av bestandene. Dessuten vil det å ha systematisk overvåking, selv i kun en del av fjorden, gi verdifull informasjon om hvordan bestanden utvikler seg over tid.

Det har blitt antydet at mengdene kronemanet i Trondheimsfjorden, hvor denne maneten har få fiender og høy reproduksjonshastighet, raskt kan nå miljøets bæreevne. I årene 2010 – 2011 ble det observert massedød av kronemaneter, men en høy tetthet av unge individer våren 2012 indikerte likevel at rekrutteringskapasiteten ikke ble alvorlig påvirket av dette (15). I 2021 ble det observert fastsittende parasitter på en stor andel av kronemanetene, som så ut til å være i dårlig form. Effekten av parasittene på populasjonsstrukturen er foreløpig ukjent (GoJelly, upubliserte data).

Kunnskaps- og overvåkningsbehov

Manetoppblomstringer er naturlige fenomener i havet som i løpet av de siste 20 årene har tiltrukket seg mye oppmerksomhet både i vitenskapelig litteratur så vel som i media. Det har blitt spekulert i om disse oppblomstringene har økt i både intensitet og hyppighet, og en rekke menneskeskapte aktiviteter som fører til blant annet eutrofiering, overfiske, habitatsendring, kjemisk forurensning og introduksjon av fremmede arter i det marine miljøet (21;44;45;6), har blitt foreslått som årsak til oppblomstringene. Det har også blitt foreslått at klimaendringer, med endrede havtemperaturer og næringsflukser, kan favorisere maneter siden oppblomstringene ofte skjer i økosystemer i ubalanse (46;44;45;47). I andre studier har den generelle mangelen på entydige data, i kombinasjon med store, verdensomspennende svingninger som ser ut til å ha en periode på omtrent 20 år, blitt brukt som argument mot at vi har en global økning i manetoppblomstringer (2;7;8).

Manetoppblomstringer kan føre til store økonomiske tap for flere næringer, særlig for fiskeriene (48;49), men også for havbruksnæringen (50;51). Yrkesfiskere kan få redusert fangsten gjennom skade på fiskeredskaper, skader ved berøring og ekstra arbeidstid for å rense og reparere garn (49). For akvakulturnæringen kan manetoppblomstringer føre til høyere fiskedødelighet grunnet skader fra nesleceller og oksygenmangel (33;44;45;52). I tillegg til de økonomiske tapene kan noen arter, som brennmanet, bli et stort hinder for bading og annen rekreasjonsaktivitet i strandområdene om sommeren.

Kunnskapsstatus for artsmangfoldet i Norge

Rapporten *Kunnskapsstatus for artsmangfoldet i Norge 2020* (53) presenterer artsmangfoldet i landet vårt, sammen med en oversikt over hva vi har og hva vi mangler av kunnskap om artene og de taksonomiske gruppene. Kunnskapstilstanden vurderes på en skala fra 0 – 5 for de tre kategoriene taksonomi, utbredelse og økologi. En må merke seg at vurderingene for maneter ble gjort på høyere nivåer av taksonomisk oppløsning og dermed ikke klarer å skildre den reelle kunnskapsstatusen for mange manettakson (Tabell 1).

Tabell 1: Oversikt over antall registrerte manetarter i Norge og i Trondheimsfjorden og vurdering av kunnskapsstatus (på en skala fra 0 – 5) innen kategoriene taksonomi, distribusjon og økologi fra rapporten Kunnskapsstatus for artsmangfoldet i Norge (53). Merk at Småmaneter også inkluderer bentiske arter i denne oversikten.

	Antall arter		Kunnskapsstatus		
Rekke/klasse	Trondheimsfjorden	Norge	Taksonomi	Distribusjon	Økologi
Rekke Ctenophora (kammaneter)	7	13	2	2	2
Klasse Nuda	2	3	3	3	3
Klasse Tentaculata	5	10	2	2	2
Rekke Cnidaria (nesledyr)	103	477	2	2	2
Klasse Scyphozoa (stormaneter)	4	8	3	3	3
Klasse Hydrozoa (småmaneter)	99	253	2	2	2

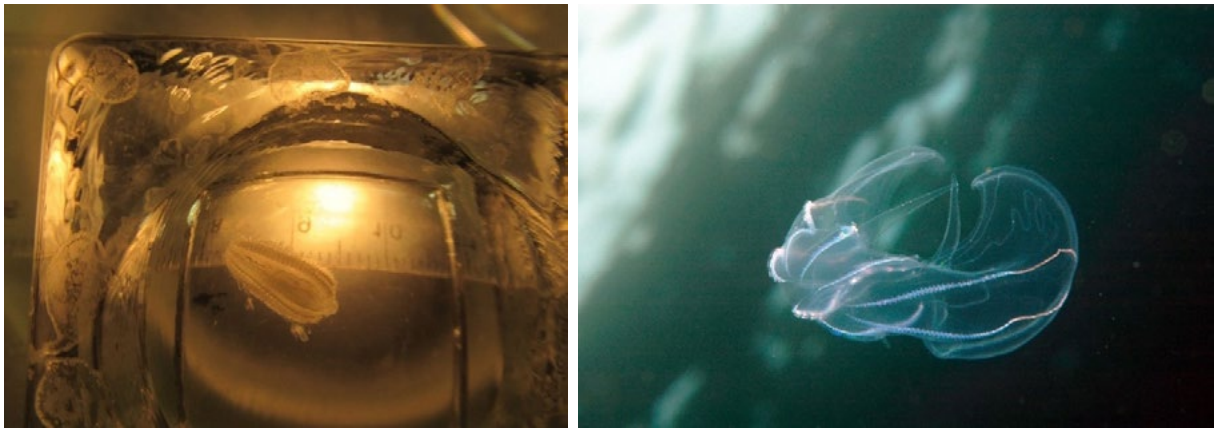
Stormaneter og klasse Nuda i kammaneter var de eneste manetgruppene som fikk vurderingen 3 – akseptabel kunnskap, mens småmaneter og andre kammaneter fikk vurderingen 2 – svak kunnskap, for de tre kategoriene. Det betyr at kunnskapen om stormaneter er mer omfattende enn for andre gelatinøse taksoner, men at det fortsatt er stort behov for studier om populasjonsdynamikk, reproduksjonssuksess og de faktorene som styrer oppblomstringer.

Vurderingene for småmaneter og kammaneter viser at navnebruken jevnt over er ustabil på artsnivå og at det finnes mange uavklarte synonymer. Sammen med uavklarte artsavgrensinger bidrar dette til usikkerhet i artsantallet. De påviste artenes utbredelse i Norge er heller ikke tilfredsstillende kjent. Det finnes et betydelig antall arter hvor vi kun har sporadiske funn som gir lite innsikt i totalutbredelsen. De påviste artenes økologi i Norge er heller ikke tilfredsstillende kjent og for flertallet av artene mangler vi viktig kunnskap om både levesett og samspill med andre organismer. Denne evalueringen ble gjennomført i Norge som helhet, men statusen i Trondheimsfjorden er ganske lik etter det vi vet i dag, kanskje med unntak av kunnskapen om artenes økologi som trolig er lavere enn på landsbasis.

Videreutviklede og nye metoder for manetstudier

Maneter, sammen med andre gelatinøse dyreplankton, har ofte blitt ekskludert fra nasjonale og internasjonale planktonovervåkingsprogrammer på grunn av metodiske vanskeligheter med prøvetaking, bevaring og identifisering. Mangel på standardiserte retningslinjer for praksis gjør det også utfordrende å sammenligne resultater mellom ulike overvåkingsprogrammer og undersøkelser, slik vi har sett for tilfellet med kronemaneten. Dette hindrer forståelsen vår av det pelagiske mangfoldet, artsfordelingen og de ulike funksjonene i økosystemet.

Imidlertid er dette negative omdømmet delvis ufortjent. Gjennom prosjektene GooseAlien og HYPNO har prosjektpartnere, i samarbeid med deltakere fra andre prosjekt, vist at enkle metodiske endringer i prøvetakingsprotokoller brukt i dyreplanktonstudier i stor grad forbedrer estimater av både mangfold og antall. Det samme gjelder i mange tilfeller om man lar en spesialist i gelatinøst dyreplankton undersøke den levende prøven før fiksering. Mange manetarter er for skjøre til å bli tatt prøver av med standard dyreplanktonmetoder, og det anbefales derfor å bruke modifisert prøvetakingsutstyr og protokoller for innsamling av ferskt materiale. Prøver må behandles skånsomt for å unngå skade. Mens flere takson, inkludert småmaneter, tåler konserveringsmidler, må kammaneter undersøkes mens de er fortsatt er i live (Figur 11). Gode høykvalitetsfotografier tatt etter prøvetaking og før konservering kan også gi viktig informasjon. Dette ser man blant annet i foreløpige resultater fra prosjektet Arven etter Nansen, hvor de tok i bruk prøvetakingsprotokoll og identifikasjonsnøkkel for dyreplanktonprøvetaking utviklet i GooseAlien og HYPNO (54), (Majaneva upublisert data). Gode vurderinger av mangfoldet av dyreplanktontakson som tilhører andre grupper enn krepsdyr begrenses også ofte av mangel på taksonomisk kompetanse. Utvikling av taksonomisk kompetanse på gelatinøse takson bør derfor være et sentralt mål, sammen med overføring og formidling av kunnskap.



Figur 11: Identifisering av levende individer. Til venstre ser vi hvordan bruk av levende organismer og lyssetting gir muligheter for å studere maneter under gode forhold. Foto: Ellie Johansen. Bildet til høyre viser hvordan en kan bruke detaljerte bilder tatt i vannet til å identifisere arten. Foto: Erling Svensen

Teknologien blir stadig mer optimalisert og også oftere tatt i bruk for å møte utfordringene rundt prøvetaking. Optiske metoder for planktonavbildning, inkludert ulike systemer som benytter digitale stillbildekameraer, skyggebildekameraer og HD-videokameraer montert på slepte plattformer eller ROV, gir muligheter for å observere detaljert utbredelse og atferd selv hos de fleste sarte arter (55), (56). Det er imidlertid verdt å merke seg forskjellen i artssammensetning mellom ROV-observasjoner og planktonnettprøver; flere takson som ofte ble observert av ROV var ikke til stede i nettprøvene, og omvendt. En kombinasjon av ulike teknikker, som inkluderer både nettprøvetaking med skånsom prøvebehandling og ovennevnte tekniske løsninger, kan gi det mest helhetlige bildet av manetsamfunnene (9). Dette kan for eksempel legges til som en del av de nye overvåkingsbøyene som SINTEF og NTNU har satt opp utenfor Ingdalen og på Munkholmen i Trondheimsfjorden.



Figur 12: Bildet til venstre viser agurkkammanet (*Beroe cucumis*) på båtdekket, mens bildet til høyre viser en petriskål med glassmanet (*Aurelia aurita*), kronemanet (*Periphylla periphylla*) og flere kammaneter. Foto: Sanna Majaneva

Nye molekylære metoder er viktige for å overvåke mangfold, men også for å forstå maneter og andre gelatinøse organismers rolle i økosystemet. Miljø-DNA (eDNA) og DNA-metastrekkoding kan bli et kraftig verktøy for å vurdere mangfold på samfunnsnivå på tvers av takson, så vel som å forbedre enkeltartsdeteksjon (57). Selv om metoden er effektiv for å oppdage mangfold og samfunnsmønstre, har den en begrensing i at man ikke kan bruke DNA-metastrekkoding for å kvantifisere tetthet eller biomasse av de observerte artene på en enkel måte, og heller ikke skille mellom ulike livsstadier som meduser, larver eller polypper. For å kunne bestemme arter fra de observerte DNA-sekvensene kreves det også pålitelige og omfattende referansedatabaser. Etter hvert som viktigheten og de mange ulike rollene til gelatinøst dyreplankton i pelagiske økosystemer blir stadig mer anerkjent, har det også gitt et løft i arbeidet med DNA-strekkoding for denne gruppen (HYPNO, GooseAlien) og med dekningen i offentlig tilgjengelige DNA-referansebibliotek (58). Slike prøver kan innhentes i månedlige planktonundersøkelser i nærheten av overvåkingsbøyene, og sammen med miljødata samlet inn fra bøyene kan det gi oss ny innsikt i dynamikken i både plante- og dyreplanktonbestander, inkludert maneter, i Trondheimsfjorden.

Videre anbefalinger

Maneter er ofte nøkkelarter i pelagiske økosystemer og har evne til å drive fram store endringer, både direkte gjennom predasjon og konkurranse om matkilder og indirekte gjennom kaskadeeffekter. Manetoppblomstringer er naturlige hendelser i sunne sjøområder, men mange arter ser også ut til å dra fordel av endringer i miljøet og de trives derfor godt i ubalanserte økosystemer. Oppblomstringer kan forekomme både på romlig og tidsmessig skala og kan ha stor taksonomisk variasjon. Manetoppblomstringer er kjent for å kunne ha stor negativ sosioøkonomisk påvirkning, men de positive økosystemtjenestene de bidrar med er sjeldent vurdert.

Med bakgrunn i dette er det to hovedtemaer det stadig blir viktigere å få ny kunnskap om: Vi må forstå den nåværende diversiteten av manetsamfunn i Trondheimsfjorden, på en tilstrekkelig romlig og tidsmessig skala, og vi må forstå de ulike manetenes rolle i det marine næringsnettet.

Maneter har rykte på seg for å være vanskelige å jobbe med på grunn av at de er så skjøre. Som en konsekvens har de blitt utelatt i de fleste overvåkningsprogram for dyreplankton, og heller ikke blitt forsket grundig nok på når det kommer til manetdreven økosystemdynamikk og klimaendringer. Vi argumentere imidlertid for at maneter ikke er utpreget vanskelig å jobbe med, og vil foreslå at de relativt enkelt kan inkluderes i standard planktonundersøkelser. Standard nettprøvetaking, som ofte brukes i overvåkningsprogram og forskning, er et realistisk og kostnadseffektivt alternativ for å ta manetprøver. Om dette kombineres med bifangst av stormaneter i fiskeundersøkelser kan det bidra til verdifulle data om manetdistribusjon og tetthet uten at prøvetakingen fører til en økt miljømessig belastning. I tillegg kan video og molekylære verktøy brukes som et tillegg eller en god erstatning for å studere manetene og deres miljø. Hovedutfordringen for å få inkludert maneter i dyreplanktonundersøkelser er dermed ikke mangelen på gode metoder, men som vi har diskutert tidligere, snarere en mangel på taksonomisk ekspertise og kunnskap om riktig behandling av prøvene i etterkant av prøvetakingen.



Figur 13: Blå brennmanet - *Cyanea lamarckii*. Foto: Erling Svensen

Referanser

1. **Boero, F og Mills, C.E.** Agricultural versus ethological oceanography. *Trends in Ecology and Evolution.* 1997, Vol. 12, pp. 208–209.

2. **Condon R.H, Graham W.M, Duarte, C.M, et al.** Questioning the rise of gelatinous zooplankton in the world's oceans. *BioScience.* 2012, Vol. 62, 2, pp. 160–169.

3. **Verity, P.G og Smetacek, V.** Organism life cycles, predation, and the structure of marine pelagic ecosystems. *Marine Ecology Progress Series.* 1996, Vol. 130, pp. 277–293.

4. **Hays, G.C, Doyle, T.K. og Houghton, J.D.R.** A Paradigm Shift in the Trophic Importance of Jellyfish? 2018, Vol. 33, pp. 874–884.

5. **Mills, C.E.** Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions? *Hydrobiologia*. 2001, Vol. 451, 1, pp. 55–68.

6. **Richardson, A.J, et al.** The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. *Trends in ecology & evolution.* June 1, 2009, Vol. 24, 6, pp. 312–322.

7. **Condon, R.H, et al.** Recurrent jellyfish blooms are a consequence of global oscillations. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* Januar 15, 2013, Vol. 110, 3, pp. 1000–5.

8. **Decker, M.B, et al.** *Population fluctuations of jellyfish in the Bering Sea and their ecological role in this productive shelf ecosystem.* s.l. : Springer, Dordrecht, 2014. pp. 153–183.

9. **Hosia, A., et al.** Abundance, distribution and diversity of gelatinous predators along the northern Mid-Atlantic Ridge: a comparison of different sampling methodologies. *PLoS ONE*. 2017, Vol. 12, 11.

10. **Majaneva, S.** *Understanding the biodiversity and ecological importance of ctenophores – Lessons from Arctic and Baltic Mertensia ovum*. s.l. : W. & A. de Nottbeck Foundation Sci. Rep., 2014. pp. 1–74. ISBN 978-952-67851-6-5 (PDF, http://ethesis.helsinki.fi).

11. **Licandro, P., et al.** Biogeography of jellyfish in the North Atlantic, by traditional and genomic methods. *Earth System Science Data*. 2015, Vol. 7, 2, pp. 173–91.

12. **Hamilton, G.** The secret lives of jellyfish: long regarded as minor players in ocean ecology, jellyfish are actually important parts of the marine food web. *Nature*. Mars 24, 2016, Vol. 531, 7595, pp. 432–5.

13. **Stibor, H. og Tokle, N.** Feeding and asexual reproduction of the jellyfish Sarsia gemmifera in response to resource enrichment. *Oecologia.* 2003, Vol. 135, 2, pp. 202–208.

14. **Johansen, E., et al.** Assessing the value of a citizen science approach for ctenophore identification. 2021, p. 1691.

15. **Solheim, H.** *Population trend of Periphylla periphylla in inner Trondheimsfjord.* Trondheim : Masteroppgave, Institutt for biologi, NTNU, 2012.

16. **Borgersen, Å.L.** *Recruitment dynamics of Periphylla periphylla in the Trondheimsfjord.* Trondheim : Masteroppgave, Institutt for biologi, NTNU, 2013.

17. **Tiller, R.G. et al.** To adapt or not adapt: assessing the adaptive capacity of artisanal fishers in the Trondheimsfjord (Norway) to jellyfish (Periphylla periphylla) bloom and purse seiners. *Marine and Coastal Fisheries.* 2015, Vol. 7, 1, pp. 260–273.

18. **Rekstad, M.E.** *Distribution, interspecific variation and habitats of scyphozoan polyp colonies in Trondheimsfjorden.* Trondheim : Masteroppgave, Institutt for biologi, NTNU, 2019.

19. **Aditya, W.** *Identification and population genetic analysis of jellyfish blooms in Trondheimsfjord Role of polyps in jellyfish populations connectivity.* Trondheim : Masteroppgave, Institutt for biologi, NTNU, 2021.

20. **Lawley, J.W. et al.** The importance of molecular characters when morphological variability hinders diagnosability: systematics of the moon jellyfish genus Aurelia (Cnidaria: Scyphozoa). *PeerJ.* 2021, Vol. 9.

21. **Arai, M.N.** A Functional Biology of Scyphozoa, Vol. 6. London : Chapman & Hall, 1997.

22. **Jarms, G. et al.** The holopelagic life cycle of the deep- sea medusa *Periphylla periphylla* (Scyphozoa, Coronatae). 1999, Vol. 84, pp. 55–65.

23. **Martell, L.** Artsdatabanken. *Marine benthic hydroids.* [Online] Januar 30, 2019. [Cited: Juli 12, 2022.] https://www.artsdatabanken.no/Pages/262170/Marine_benthic_hydroids.

24. **González, H.E og González, S.R.** Diet of the gelatinous zooplankton in Hardangerfjord (Norway) and potential predatory impact by Aglantha digitale (Trachymedusae). 1996, Vol. 139, pp. 67–77.

25. **Gulliksen, B.** *A new record of Gonionemus vertens Agassiz (Limnomedusae) in Norway.* s.l. : K. norske Vidensk. Selsk. Skr, 1971. pp. 1–4.

26. **Oliveira, O.M.** The presence of the ctenophore Mnemiopsis leidyi in the Oslofjorden and considerations on the initial invasion pathways to the North and Baltic Seas. *Aquatic Invasions*. 2007, Vol. 2, 3, pp. 185–189.

27. **Hosia, A og Falkenhaug, T.** Invasive ctenophore Mnemiopsis leidyi in Norway. *Marine Biodiversity Records.* 2015, Vol. 8.

28. **Ringvoll, H.** Ribbemaneter i norske farvann–og en ny art for norskekysten! *Naturen.* September 27, 2016, Vol. 140, 4, pp. 171–5.

29. **Johansson, M.L. et al.** Molecular insights into the ctenophore genus Beroe in Europe: new species, spreading invaders. *Journal of Heredity.* Juni 27, 2018, Vol. 109, 5, pp. 520–9.

30. **Shiganova, T.A. og Abyzova, G.A.** Revision of Beroidae (Ctenophora) in the southern seas of Europe: systematics and distribution based on genetics and morphology. 2022, Vol. 194, 1, pp. 197–322.

31. **Lucas, C.H. et al.** Jellyfish life histories: role of polyps in forming and maintaining scyphomedusa populations . 2012, Vol. 63, pp. 133–196.

32. **Rekstad, M.E. et al.** Occurrence and Habitat Characteristics of Aurelia sp. Polyps in a High-Latitude Fjord. *Frontiers in Marine Science.* 2021, Vol. 8.

33. **Hay, S.J., Hislop, J.R.G. og Shanks, A.M.** North-Sea scyphomedusae—summer distribution, estimated biomass and significance particularly for 0-group gadoid fish. *Neth J Sea Res.* 1990, Vol. 25, pp. 113–130.

34. **van Walraven, L. et al.** Where are the polyps? Molecular identification, distribution and population differentiation of Aurelia aurita jellyfish polyps in the southern North Sea area. *Marine Biology.* 2016, Vol. 163, 8, pp. 1–13.

35. **Fosså, J.H.** Mass occurrence of *Periphylla periphylla* (Scyphozoa, Coronatae) in a Norwegian fjord. *Sarsia.* 1992, Vol. 77, 3–4, pp. 237–251.

36. **Sørnes, T.A. et al.** Causes of mass occurrences of the jellyfish *Periphylla periphylla*: a hypothesis that involves optically conditioned retention. 2007, Vol. 29, 2, pp. 157–167.

37. **Jarms, G., Tiemann, H. og Båmstedt, U.** Development and biology of *Periphylla periphylla* (Scyphozoa: Coronatae) in a Norwegian fjord. 2002, Vol. 141, pp. 647–657.

38. **Tiemann, H. et al.** Documentation of potential courtship- behaviour in *Periphylla periphylla* (Cnidaria: Scyphozoa). 2009, Vol. 89, 1, pp. 63–66.

39. **Youngbluth, M.J. og Båmstedt, U.** *Distribution, abundance, behavior and metabolism of Periphylla periphylla, a mesopelagic coronate medusa in a Norwegian fjord*. s.l. : Springer, Dordrecht, 2001. pp. 321–333. Vol. Jellyfish Blooms: Ecological and Societal Importance.

40. **Søtje, I., Tiemann, H. og Båmstedt, U.** Trophic ecology and the related functional morphology of the deepwater medusa *Periphylla periphylla* (Scyphozoa, Coronata). 2007, Vol. 150, pp. 329–343.

41. **Tiller, R.G. et al.** Coming soon to a fjord near you: future jellyfish scenarios in a changing climate. 2017, Vol. 45, 1, pp. 1–23.

42. **Tiller, R.G. et al.** Something fishy: assessing stakeholder resilience to increasing jellyfish (*Periphylla periphylla*) in Trondheimsfjord, Norway. 2014, Vol. 46, pp. 72–83.

43. **Hetland, K.** *Vertical distribution, Abundance and Ecology of Periphylla periphylla (Scyphozoa, Coronatae) in Trondheimsfjorden, Norway.* Trondheim : Masteroppgave, Institutt for biologi, NTNU, 2008.

44. **Hay, S.** Marine ecology: gelatinous bells may ring change in marine ecosystems. 2006, Vol. 16, 17, pp. 679–682.

45. **Purcell, J.E., Uye, S.I. og Lo, W.T.** Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: a review. 2007, Vol. 350, pp. 153–174.

46. **Lynam, C.P. et al.** Evidence for impacts by jellyfish on North Sea herring recruitment. 2005, Vol. 298, pp. 157–167.

47. **Halpern, B.S. et al.** A global map of human impact on marine ecosystems. 2008, Vol. 319, 5865, pp. 948–952.

48. **Graham, W.M. et al.** *Ecological and economic implications of a tropical jellyfish invader in the Gulf of Mexico.* s.l. : Springer, Dordrecht, 2003. pp. 53–69.

49. **Quiñones, J. et al.** Jellyfish bycatch diminishes profit in an anchovy fishery off Peru. 2013, Vol. 139, pp. 47–50.

50. **Nastav, B. et al.** Is it possible to determine the economic impact of jellyfish outbreaks on fisheries? A case study–Slovenia. 2013, Vol. 14, 1, pp. 214–223.

51. **Halsband C., Majaneva S., Hosia A., Emaus, P.A., et al.** Jellyfish summer distribution, diversity and impact on fish farms in a Nordic fjord. Mars 19, 2018, Vol. 591, pp. 267–79.

52. **Småge, S.B., Brevik, Ø.J. et al.** Concurrent jellyfish blooms and tenacibaculosis outbreaks in Northern Norwegian Atlantic salmon (Salmo salar) farms. November 2, 2017, Vol. 12, 11, p. e0187476.

53. **Elven, H. og Søli, G.** (red.). *Kunnskapsstatus for artsmangfoldet i Norge 2020.* Utredet for Artsdatabanken. s.l. : Artsdatabanken, 2021. 1/2021.

54. **The Nansen Legacy.** *Sampling Protocols: Version 9.* 2021. The Nansen Legacy Report Series, 25/2021. DOI: https://doi.org/10.7557/nlrs.6194.

55. **Raskoff, K.A. et al.** Jellies under ice: ROV observations from the Arctic 2005 hidden ocean expedition. 2005, Vol. 57, 1–2, pp. 111–126.

56. **Hoving, H.J.T. et al.** The Pelagic In Situ Observation System (PELAGIOS) to reveal biodiversity, behavior and ecology of elusive oceanic fauna. 2019, Vol. 15, pp. 1327–1340.

57. **Havermans, C. et al.** Environmental DNA in an ocean of change: Status, challenges and prospects. 2022, Vol. 55, pp. 298–337.

58. **Bucklin, A. et al.** Toward a global reference database of COI barcodes for marine zooplankton. *Marine Biology.* 2021, Vol. 168, 78.

59. **Johansen, E.** *Mapping diversity and distribution of ctenophores (jellies) along the Norwegian coast: Improving identification methods.* Trondheim : Masteroppgave, Institutt for biologi, NTNU, 2019.

60. **Jøssang, I.** *The Energy Budget of a Local Jellyfish Proliferation: Periphylla periphylla in The Trondheimsfjord, Norway.* Trondheim : Masteroppgave, Institutt for biologi, NTNU, 2015.

61. **Stibor, H. et al.** Copepods act as a switch between alternative trophic cascades in marine pelagic food webs. Vol. 7, 4, pp. 321–328.

62. **Moen, FE and Svensen, E.** *Dyreliv i havet. Nordeuropeisk marin fauna.* s.l. : Kom forlag, 2008. p. 768.

63. **Artsdatabanken.** Fremmedsartsbasen 2018 - Gonionemus vertens. [Online] https://artsdatabanken.no/Fab2018/N/2667.



Foto: Victoria Klausen Olsen

KAPITTEL 8: KORALLER

Forfatter: Johanna Järnegren (NINA)

De fantastiske kaldtvannskorallene i Trondheimsfjorden har en lang og rik vitenskapshistorie som startet på midten av 1700-tallet. I Trondheimsfjorden lever kaldtvannskorallene grunnere en alle andre plasser i verden, like vakre og like viktige som sine tropiske slektninger. Øyekorallen bygger store rev som er levested for et fantastisk rikt dyreliv mens sjøtre, risengrynskorall og sjøbusken skaper korallskoger som huser mange arter. De lever dypt og mørkt, hvor vi ikke finner dem uten å lete med avansert teknologi.

Den generelle tilstanden til korallområder i Norge virker stabil og god, men ingen overvåking foregår i Trondheimsfjorden per i dag. Kartlegging av korallrev og korallskoger må gjøres for å vite hvor de finnes og det er viktig å starte opp langtidsovervåkning. Utfordringene for disse rike systemene er mange. Flere av truslene for koraller er på global skala som havforsuring og temperaturøkning, men det er også lokale trusler som fiske, fysiske inngrep og forurensing.

For å ivareta disse viktige økosystemene må større områder kartlegges, en effektiv beskyttelse komme på plass, mer kunnskap om deres fysiske miljø samles inn og forståelsen for korallrevenes og korallskogenes helsetilstand må bedres. Trondheimsfjorden har kvaliteter som gjør den til et unikt sted for korallforskning i verdenssammenheng og her er det mulig å oppnå den kunnskapen som trengs.

Introduksjon

Når man snakker om koraller tenker mange på de fantastiske revene i tropiske strøk, hvor stimer av fargerike fisker svermer rundt store og flotte korallstrukturer i varmt og lyst vann. Da skal du vite at det finnes like fantastiske korallrev her i Norge, og mange av dem i Trondheimsfjorden. Norge har faktisk mest kaldtvannskoraller i verden (1), blant annet verdens største kaldtvannskorallrev, nemlig Røst-revet som ligger straks sør før Lofoten. Vi har også verdens grunneste kaldtvannskorallrev, som ligger i Skarnsundet i Trondheimsfjorden. Kaldtvannskorallene er ikke så lett å få øye på da de lever på dypt vann, men de er like vakre som sine tropiske slektninger. Som de tropiske korallrevene fungerer også de norske korallrevene som en «havets regnskog» og gir ly og beskyttelse til mange andre dyrearter.

Historien om korallene i Trondheimsfjorden begynte for mange hundre år siden, på midten av 1700-tallet, da Johan Ernst Gunnerus var biskop av Trondhjem. For om lag 260 år siden, i 1763, publiserte Gunnerus sin første utgivelse om korallene i Trondheimsfjorden, med en beskrivelse av risengrynskorallen *Primoa resedaeformis* (2). Fem år senere tegnet han det som fortsatt anses å være kanskje den beste illustrasjonen av steinkorallen *Lophelia pertusa* (*Desmophyllum pertusum*) (Figur 1) (3). Siden den gang har kartlegging og undersøkelse av korallene fortsatt

og Trondheimsfjorden har en lang og rik historie hvor mange oppdagelser er gjort, men hvor mange nye oppdagelser fortsatt ligger foran oss.



Figur 1: Biskop Gunnerus ikoniske tegning av øyekorallen *Lophelia pertusa*. Fra Bakken mfl. (3).

Korallrev er unektelig vakre, men de er også viktige levesteder for mange andre dyr og de har stor betydning for fiskeri som oppvekst- og beiteområder for fisk. Revene er viktige for både fauna og økosystemprosesser over et større område enn det som dekkes av den fysiske strukturen (1). Det finnes flere arter av koraller i Norge. Mest kjent av disse er øyekorallen *Lophelia pertusa* (synonym *Desmophyllum pertusum*) som har et hardt, ytre skjelett av kalsiumkarbonat, og derfor betegnes som en steinkorall. Øyekorallen er en viktig nøkkelart som bygger opp de store korallrevene som er levested for et fantastisk rikt dyreliv (**Boks 1**). En annen steinkorall er sikksakkorallen *Madrepora oculata*. Den finnes ofte sammen med øyekorallen, men bygger ikke så store rev som denne (**Boks 2**).

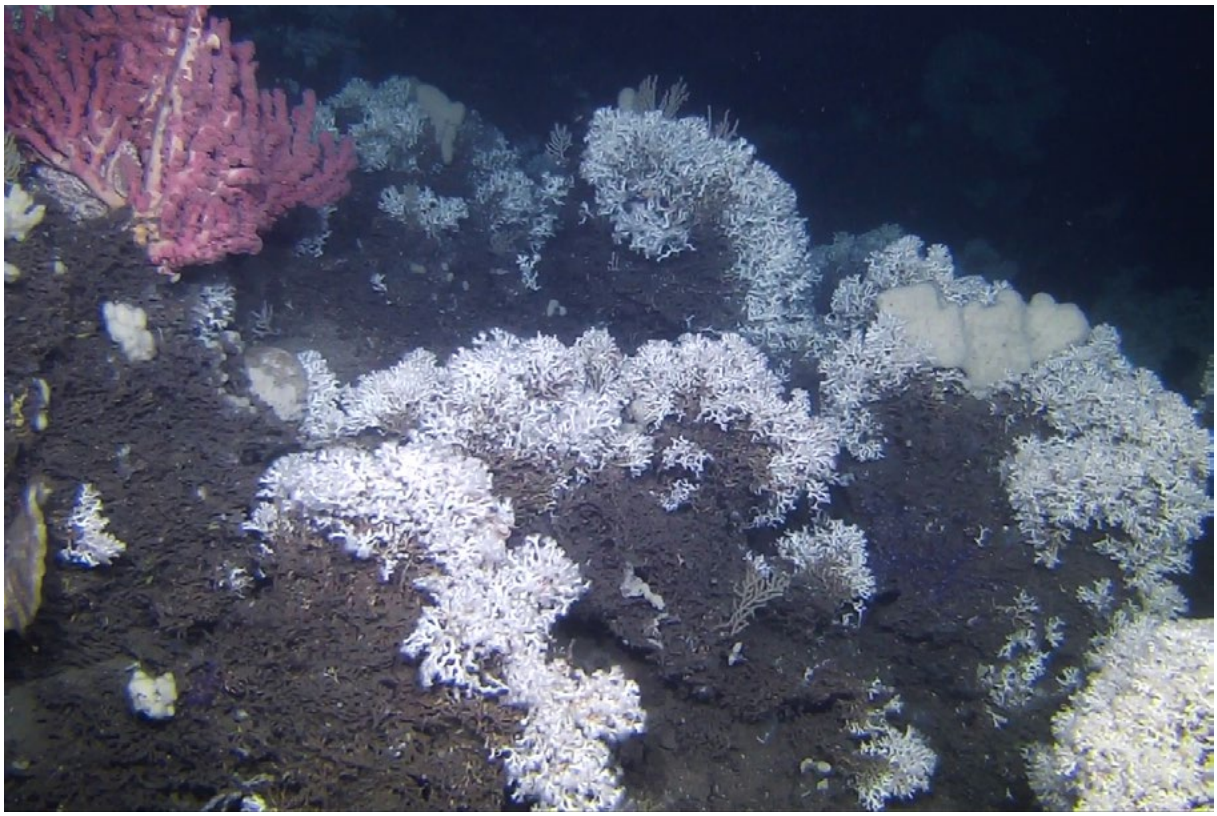


Figur 2: Blomkålkorall som sitter festet på en fiskeline på 290 m dyp. Kolonien er fullt utstrakt, men kan dra seg sammen til en liten klump hvis de blir forstyrret. Foto: Johanna Järnegren

Hornkorallene har et indre skjelett lagd av gorgonin, som er et fleksibelt og hornaktig stoff som gjør dem mer bevegelige enn steinkorallene. Tette bestander av hornkorall kalles korallskog (coral garden på engelsk) og regnes som et rikt habitat med stort artsmangfold, selv om den er mindre enn på korallrevene. De vanligste hornkorallene er sjøtre *Paragorgia arborea*, sjøbusk *Paramuricea placomus*, risengrynskorall *Primnoa resedaeformis* og hvit hornkorall *Swiftia pallida* (**Boks 3**).

Bløtkorallene har et hydrostatisk skjelett og er meget bevegelige. Blomkålkorallene (*Duva florida* og *Drifa glomerata*) (Figur 2) er de vanligste av de dypere bløtkorallene.

Alle korallene sitter fast på hard bunn. Siden de ikke kan flytte seg må de slå seg ned i områder hvor de fysiske forholdene er optimale (blant annet riktig temperatur og saltholdighet) og hvor de kan få tak i maten de trenger. De fleste tropiske korallene lever i symbiose med en liten alge som gir næring til korallen, og tropiske koraller er derfor avhengige av lys og varme. Våre koraller har ikke denne symbiosen og kan leve der det er dypt og mørkt. De fanger maten sin med tentakler bekledd med nesleceller som lammer byttet. En av favorittene er nok små krepsdyr, som raudåte (*Calanus finmarchicus*), men de spiser stort sett det de kan fange.



Figur 3: Den største delen av ett korallrev består av døde koraller, som er den brune delene i bildet. Det er her de fleste artene lever og en meget viktig del av revet. Det hvite er levende korall (*L. pertusa*) som sitter helt ytterst. Ett sjøtre (*P. arborea*) ses i venstre hjørne. Foto: Johanna Järnegren.

Koraller er nesledyr, og derfor i slekt med maneter. Nesledyr er enkle organismer der kroppen ikke er organisert i organer eller systemer for pusting, ekskresjon eller sirkulasjon, slik som for eksempel hos virveldyr. Koraller i våre farvann vokser langsomt og blir gamle. Øyekorallens polypp vokser rundt 10 mm på ett år, og hele revstrukturen kanskje bare 5 mm per år. Noen rev i Norge er nesten 9000 år gamle, og et korallindivid (genetisk individ) kan være mange tusen år gammelt. Sjøtre kan bli mange hundre år og risengrynskorall og sjøbusk over 100 år. Dette gjør korallene veldig sårbare for forstyrrelser og det tar lang tid for dem å re-etablere seg dersom de blir ødelagt.

Et korallrev består ikke kun av de levende korallene. Faktisk så kan så mye som 70% av revet være døde korallstrukturer (5) og kun de ytterste 10-30 cm er levende. Men det er i dette døde rammeverket som flesteparten av alle de assosierte artene lever, derfor er den døde delen av revene veldig viktig.

På verdensbasis er det funnet at korallene kan leve ned til over 3000 m dybde. I Trondheimsfjorden finner vi korallene fra ca. 20 til 550 m dyp, med størsteparten mellom 100 og 300 m. Det at vi finner dem på grunnere vann i Trondheimsfjorden enn mange andre steder i Norge og resten av verden skyldes de grunne tersklene som deler fjorden i bassenger (se Figur 1 i Introduksjonskapitlet) og gunstige strømforhold. Dette skaper steder hvor dypvann med stabil temperatur og salinitet presser seg opp og sterke strømmer som forsyner korallene med mat. De tre tersklene ved Agdenes, Tautra og Skarnsundet har derfor store og rike

forekomster av koraller. Men også på bratte vegger med overheng og ved nes som stikker ut i vannmassen finner vi store korallrev og korallskoger, slik som på Rødberget, Stokkbergneset og i Skarnsundet. Det finns mange veggrev i Trondheimsfjorden, men vi vet mindre om disse enn om revene på tersklene, da de er vanskeligere å kartlegge fra overflaten. Vi har derfor god grunn til å tro at det fortsatt er mange rev og korallskoger som ikke er oppdaget i Trondheimsfjorden.

I Trondheimsfjorden finnes tre marine verneområder som har vern av koraller som et av sine hovedformål; Rødberget, Tautraterskelen og Skarnsundet (Figur 4 i dette kapittelet og Figur 1 i Introduksjonskapitlet). Det er foreslått at korallrev skal bli en utvalgt naturtype, og hvis dette blir vedtatt blir det den første marine naturtypen som får slik status. Det er Klima- og miljødepartementet som skal avgjøre dette. Da får korallrevene i så fall en mer omfattende beskyttelse, og særlig hensyn må tas for å forhindre forringelse av revene og deres økologiske tilstand.

Fordi våre koraller lever hvor det er dypt, mørkt og kaldt og med sterke strømmer, er det utfordrende å studere dem i deres naturlige leveområder. I nesten 200 år har det blitt brukt trekantskrape eller grabb i undersøkelsene av koraller, og dette er metoder som er meget destruktive for revene og som samtidig gir en begrenset forståelse av økologi og samspill. I takt med utviklingen av teknologi for oljeindustrien ble bruken av fjernstyrte undervannsfarkoster (ROV – Remotely Operated Vehicle) også vanligere i biologisk forskning. Denne typen undervannsteknologi tillater dokumentasjon og innsamling med minimal forstyrrelse av korallene. Forskning og kunnskap om kaldtvannskoraller går på mange måter hånd i hånd med utvikling av ny teknologi, og et godt samarbeid mellom korallforskere og teknologimiljøer gir grunnlag for mange nye oppdagelser og økt forståelse.

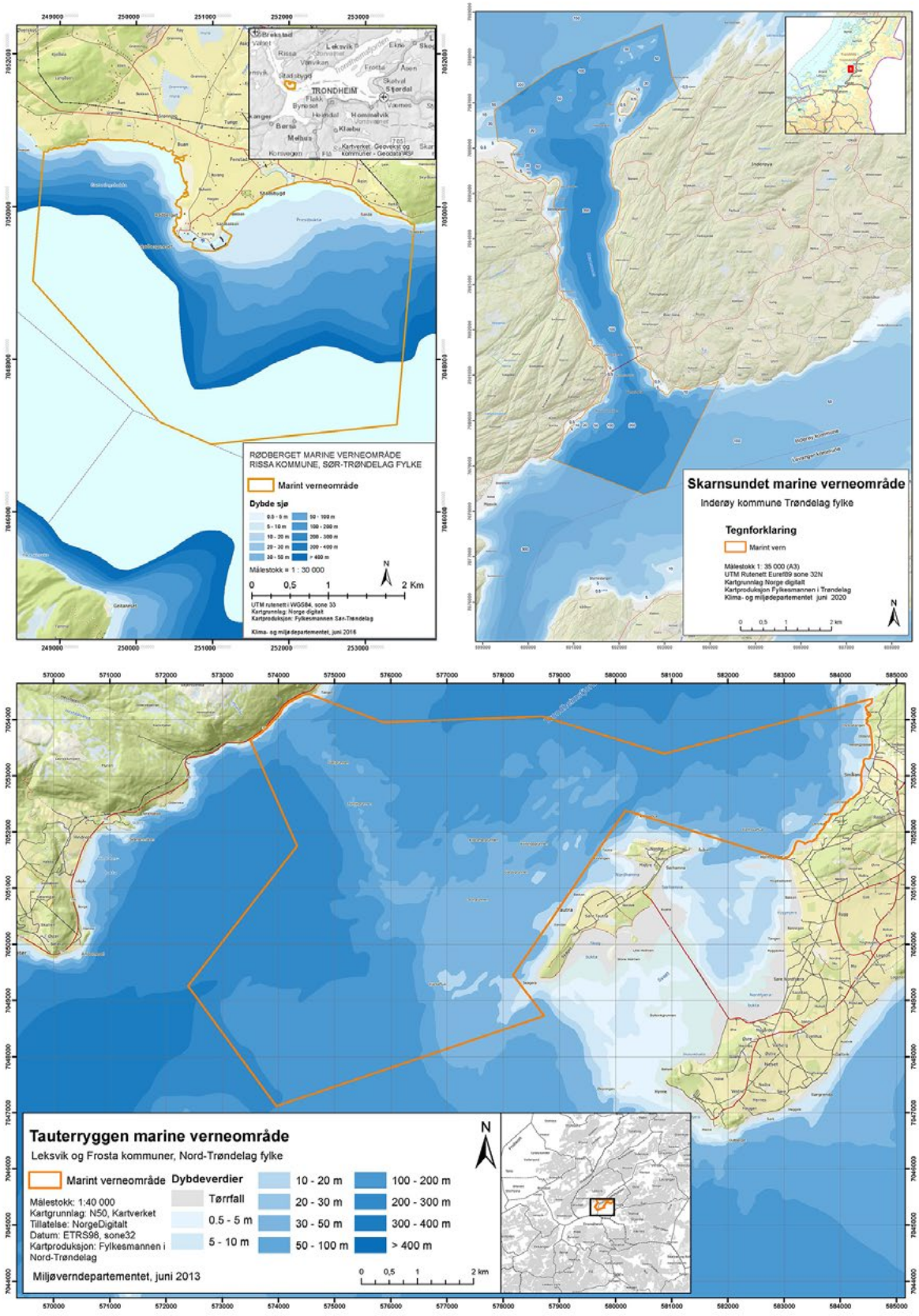




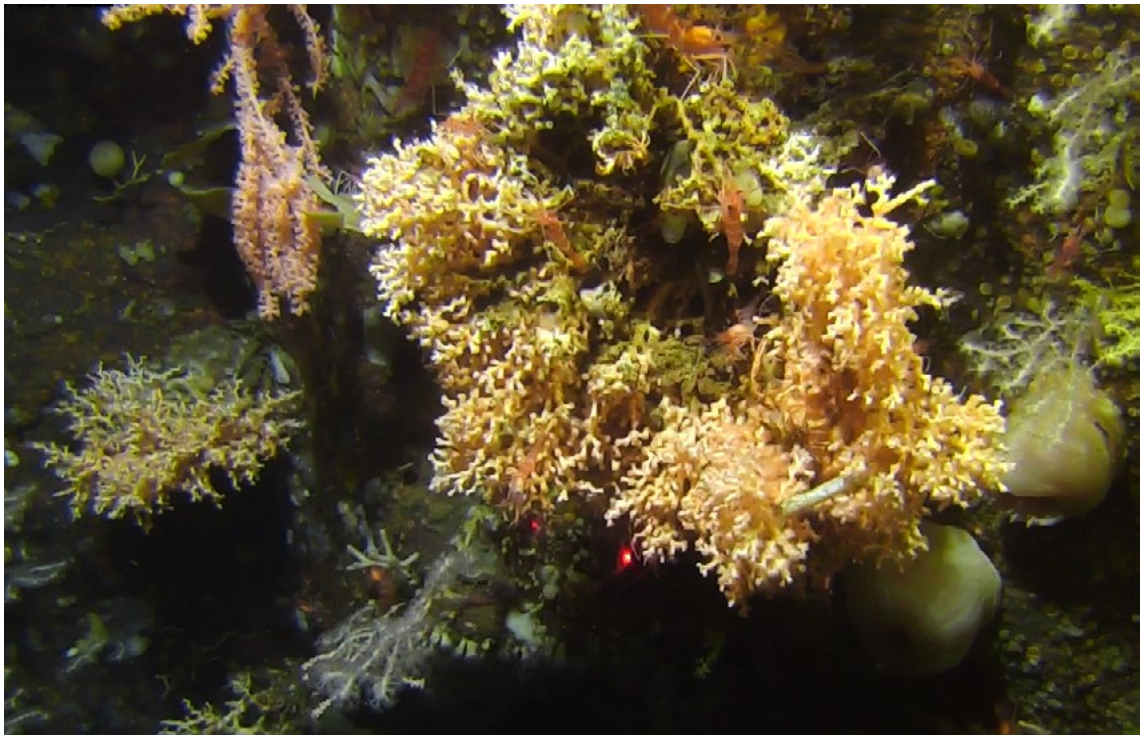
Boks 1

Boks 1: Øyekorallen *Lophelia pertusa* tilhører orden *Scleractina*, steinkorallene, og bygger rev som er blant de mest komplekse tredimensjonale strukturene som eksisterer i dyphavet. De finnes i hvite og oransje fargevarianter og de er særkjønnet, altså enten hunn eller hann. I det venstre bildet ses polyppene og tentaklene hos begge fargevariantene. De forplanter seg ved å slippe egg og spermier fritt i vannmassen for befruktning. Hunner som er hvite har hvite egg og hunner som er oransje har oransje egg. Det høyre bildet viser en hunnkorall som slipper ut egg som stiger i vannmassen nesten som en røykring. Gytingen skjer i februar og mars i Trondheimsfjorden. Den lille larven er kun 170 µm lang, altså på størrelse med et fint sandkorn, og den svever i havet minst tre uker før den bunnslår. Larven gjennomgår så en metamorfose for å bli en liten korall. Forskerne har greid å indusere gyting og har holdt larver i laboratoriet i over ett år, men fortsatt har ingen sett selve bunnslåingen eller metaforfosen til øyekorallen. Dette er et mål for en forskergruppe ved NINA og NTNU.

Øyekorallen vokser gjennom «knoppskyting» hvor nye korallpolypper vokser frem fra eldre polypper og de er genetisk identiske. Polypper eller greiner av polypper kan brekkes av fra hoved-kolonien og fortsette å vokse og etablere nye kolonier hvis forholdene er gunstige. Dette er viktig for revenes vekst, mens larvene er viktige for genetisk diversitet og spredning til nye plasser. Studier har vist at øyekorallene i Nordvest-Atlanteren er genetisk like hverandre, men de er tydelig forskjellige fra de i Nordøst-Atlanteren. Foto: Johanna Järnegren



Figur 4: De tre verneområdene i Trondheimsfjorden som er opprettet med formål å bevare koraller. Rødberget, Skarnsundet og Tautraterskelen. Kart fra Statsforvalteren i Trøndelag.



Boks 2

Sikksakkorallen *Madrepora oculata* er lik øyekorallen ved første øyekast og de kan være vanskelig å skille for et utrent øye. Sikksakkorallen har tynnere skjelett med mindre polypper og en ganske regelmessig sikksakk-struktur. Sikksakkorallen kan som øyekorallen bygge rev, men de er mindre kjente enn sin slektning da de ikke er like vanlige og ofte ikke like store som revene øyekorallen bygger. Flest sikksakkorallrev er oppdaget i Middelhavet og noen steder i Nordøst- og Sørøst-Atlanteren. Men det er mulig at vi har (minst) ett uoppdaget rev i Trondheimsfjorden da konservator Carl Dons noterte i sin publikasjon om Norges korallrev i 1944 (4) at «Bare et eneste sted, nemlig ved Brettingsnes ved munningen av Trondheimsfjorden har jeg – en enkelt gang – ikke fått annet i skrapen enn *Amphelia.*». *Amphelia* var navnet på sikksakkorallen på den tiden. Så kanskje har vi ennå en oppdagelse i vente? Foto: Johanna Järnegren



Boks 3

På bildet ses faktisk alle de fire vanligste hornkorallene sammen. Lengst til venstre er et rosa sjøtre *Paragorgia arborea* (de finnes i fargevarianter som beveger seg fra dyp lilla til helt hvit), øverst i mørkegult er sjøbusken *Paramuricea placomus*, nederst i oransje ses risengrynskorallen *Primoa resedaeformis* og den minste, hvite korallen lengst til høyre er hvit hornkorall *Swiftia pallida*. På de bratte veggene på Rødberget finnes store bestand av alle fire artene. Sjøtreet blir størst og flere eksemplarer på 2 m er dokumentert, et slikt sjøtre anslås være mellom 80 og 200 år gamle. Sjøbusken og risengrynskorallen blir sjelden mer enn 1 m og hvit hornkorall ikke mer enn ett par desimeter. Foto: Johanna Järnegren

Kunnskapsgrunnlaget

Som nevnt begynte studiene av korallene i Trondheimsfjorden for om lag 260 år siden. Etter biskop Gunnerus (2;6) har mange norske zoologer hentet materiale fra fjorden på 1800- og 1900-tallet. Vilhelm Storm (1835-1913) som var konservator ved DKNVS var den første som undersøkte fjorden med bunnskrape og beskrev faunaen systematisk (7-10). En av hans viktigste lokaliteter var Røberg og det gjorde dette til fjordens klassiske lokalitet for studier av koraller. Ole Nordgård (1862-1931) fortsatte arbeidet og prøvde blant annet å forklare hvilke livsbetingelser korallene trenger og hvor langt nord de lever (11). Hjalmar Broch (1882-1969) skrev omfattende verk om fjordens bløtkoraller (12-13) og Carl Dons (1882-1949) gjorde en stor innsats i kartleggingen og publiserte mange avhandlinger om korallene og deres assosierte fauna (14-17).

Flere studier har sett på innvirkning av fysiske faktorer på distribusjon av koraller (18-21). Havforskningsinstituttet foretok tokt i Trondheimsfjorden for kartlegging og overvåking på 1990- og 2000-tallet, som en del av kartlegging av hele norskekysten (22-23). I forbindelse med plassering av en gassrørledning fra Tjeldbergodden inn til Skogn i 2001 ble betydelige forekomster dokumentert på Tautraryggen (24).

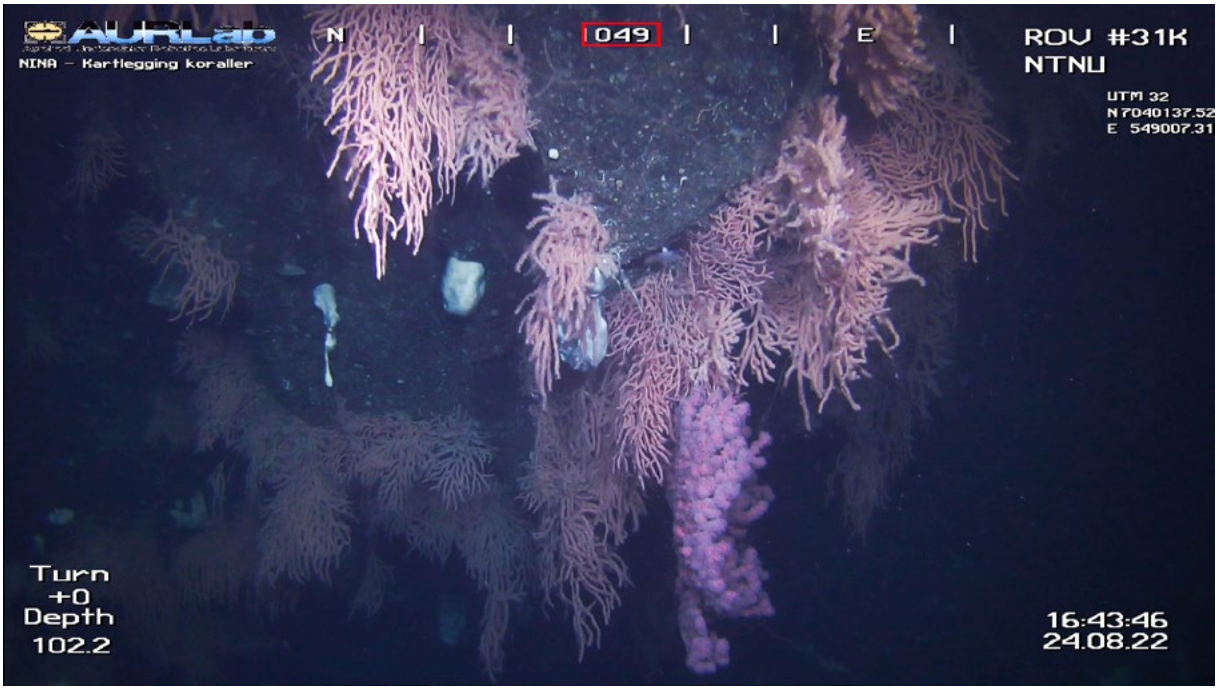
I 2003 ble det et taktskifte i korallforskningen i Trondheimsfjorden, da Trondhjem Biologiske Stasjon fikk en egen ROV til biologisk forskning. Med ROV *Minerva* og i 2006 også det nye forskingsfartøyet *Gunnerus* oppsto et nært samarbeid mellom biologer og teknologer på NTNU. Dette samarbeidet har skapt nye muligheter for å forske på revene og å utvikle god metodikk for dette.

Hoveddelen av alle undersøkelser har fokusert på kartlegging av utbredelse, og hvilke og hvor mange arter som er assosiert med revene. Etter hvert er det flere studier fra Trondheimsfjorden som ser på andre aspekter hos korallene. Publiserte biologiske studier har sett på vekst hos øyekorall (25), bakteriesamfunn (26-27), pigmentinnhold (28), reproduksjon (29-30), forurensing fra borekaks (31-32) og gruvepartikler (33).

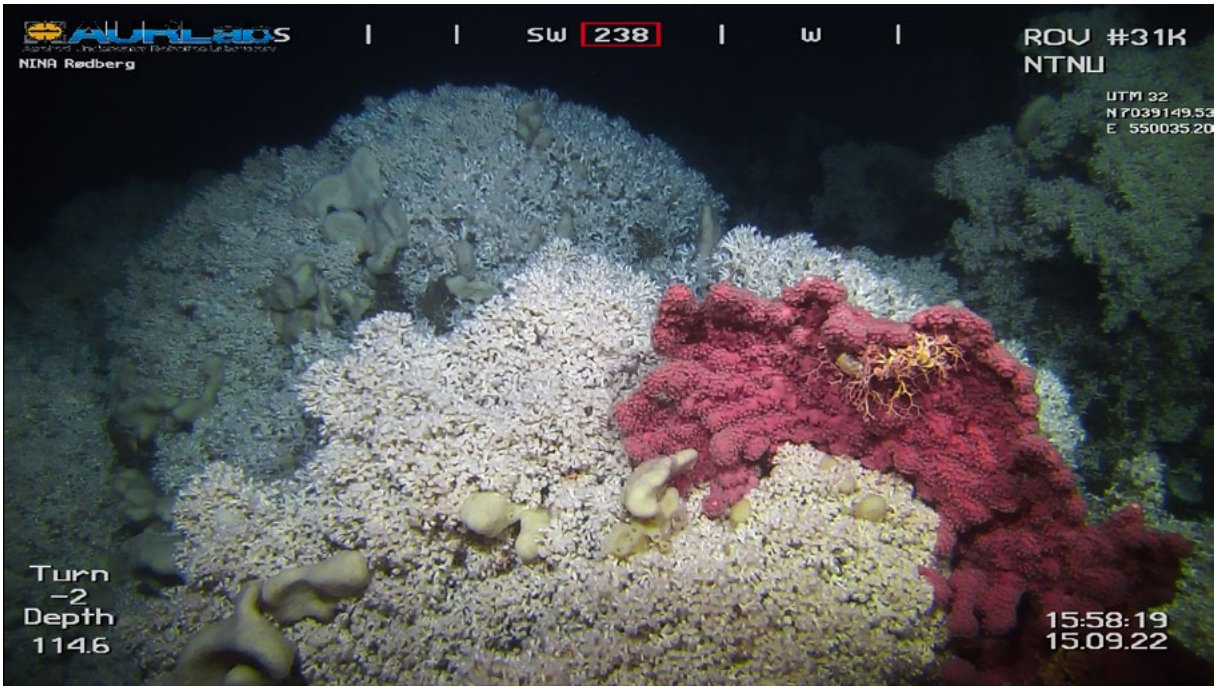
Også teknologene har funnet korallrevenes tredimensjonale struktur spennende for testing og utvikling av ny metodikk. Mogstad m.fl. (34) har summert NTNUs mange undersøkelser og publikasjoner fra Tautraterskelen siden 2012 på en meget god måte hvor resultater fra multistråleekkolodd, syntetisk apertursonar og undervannshyperspektral avbilder står i sentrum. Veggrevet på Stokkbergneset har også fått noe oppmerksomhet (35). I tillegg til de publiserte artiklene har flere masteroppgaver og doktoravhandlinger ved NTNU bidratt med kunnskap (36-41).

Høsten 2022 gjennomfører NINA og NTNU kartlegging av koraller i de tre verneområdene Rødberget, Tautra og Skarnsundet på oppdrag av Stadsforvalteren i Trøndelag. Formålet med undersøkelsene er å få eksakte posisjoner på flest mulig korallområder for å unngå skade i forbindelse med fiske. I skrivende stund analyseres data fra Rødberget og Tautra. Det har blant annet blitt oppdaget en 50 m bred og 15 m høy korallskog av risengrynskorall ved Rødberget som har fått navnet «Rødbergets hengende korallhage» (Figur 5) og et større område med

korallrev som strekker seg fra 175 til 95 m dybde, også det ved Rødberget (Figur 6). Den totale utbredelsen av revet ennå ikke kjent. Det er store forventninger til flere oppdagelser ved undersøkelsene i Skarnsundet. Det foregår ellers ingen overvåking av korallrev eller korallskog i Trondheimsfjorden per i dag.



Figur 5: Det er hovedsakelig risengrynskorallen (*P. resedaeformis*) som danner de fantastiske hengende korallhagene på Rødberget. Men det er også innslag av sjøtre (*P. arborea*), øyekorall (*L. pertusa*), anemoner og forskjellig svamp. Sei, brosme og lusuer liker å leke seg blant korallene. Foto: Johanna Järnegren



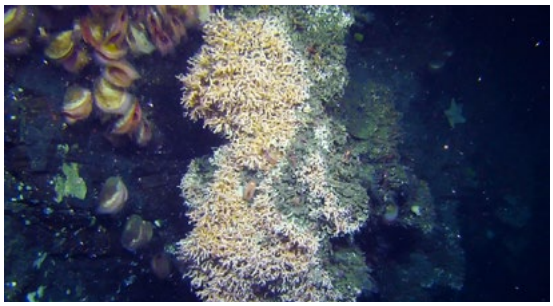
Figur 6: Et stort og meget flott korallrev ble oppdaget ved Rødberget i september 2022. Det ligger mellom 175 til 95 m dybde, hvilket er grunnere enn de fleste andre korallrev i området. Revet gir inntrykk av å være i god tilstand med mange levende kolonier i ulike størrelser. På bildet ses store kolonier av øyekorall (L. pertusa) med noen svamper (*Mycale* sp.) blant greinene, et rosa sjøtre (*P. arborea*) med et medusahode (*Gorgonocephalus* sp.). Foto: Johanna Järnegren

Tilstand og utvikling

Sett i et europeisk perspektiv er tilstanden til korallrev og korallskoger dårlig og i tilbakegang (OSPAR). Samtidig som man stadig finner flere rev ser man at disse ofte overlapper med områder med stort trykk fra fiskeri. Norge er en av få steder hvor rev langs kysten har vært overvåket, i regi av Havforskningsinstituttet. Over en niårsperiode virker tilstanden hos disse revene å være stabil og god (alle ligger i områder hvor fiske ikke er tillatt), noe som er betryggende også for revene i Trondheimsfjorden.



Figur 7: Gammelt fiskegarn som sitter fast i øyekoral (*L. pertusa*) En hornkorall (*Anthothela grandiflora*) har plassert seg inne i oppdriftsringen og flere reker ses i bakgrunnen. Garnet fremstår som relativt gammelt og korallene det et fast i er døde. Garnet har fortsatt potensiale for spøkelsesfiske. Foto: Johanna Järnegren



Figur 8: En øyekorallkoloni (*L. pertusa*) som vokser forankret i den bratte veggen ved sin gamle korallstruktur. Hvis havforsuringen svekker festepunktet tilstrekkelig, vil hele kolonien rase ned. Ved siden av korallene sitter kjempefilskjell (*Acesta excavata*) som er en vanlig musling på de dype bratte veggene. Foto: Johanna Järnegren

Den største trusselen mot koraller regnes for å være fiskeri med bunnredskaper, spesielt bunntråling, altså fysisk skade på revene. Men også konvensjonelt fiske med pilk, jukse, langline og garn kan skade korallene da redskapene kan knuse eller feste seg i og ødelegge korallstrukturer. Det er dokumentert skader og fastsatt fiskeutstyr på mange undersøkte lokaliteter i fjorden (Figur 7).

Den pågående havforsuringen, som er et resultat av at karbondioksid fra atmosfæren løses i havene og dermed senker pH i vannet, er en stor trussel for korallene da de bygger sine skjelett av kalsiumkarbonat. Det er den døde skjelettstrukturen, det som utgjør den største delen av et korallrev, som løses opp først. Dette kan få store konsekvenser spesielt for de mange og store veggrevene i Trondheimsfjorden som er forankret i de bratte veggene i det gamle skjelettet (Figur 8). Hvis dette festet blir svekket risikerer hele strukturen å rase ned. På bunnen under veggen er det sannsynligvis ikke forhold til at korallene kan overleve. Forsuringen kan derfor påvirke hele revstrukturen og kan føre til økosystemkollaps (42). Modellering har vist at hvis menneskeheten ikke greier å bremse havforsuringen risikerer vi at 80% av alle områdene i verden hvor øyekorallen kan leve vil ha forsvunnet i sluttet av dette århundret (43).

Klimaendringene innebærer også at havene blir varmere. Langs kysten i Norge har oppvarming av det norske kystvannet og det Nord-Atlantiske vannet, som er de viktigste vannmassene for Trondheimsfjorden, blitt rapportert siden 1980-tallet (44). Temperaturen i fjorden har økt

siden 1960-tallet (se Introduksjonskapitlet). Man forventer at økte temperaturer vil påvirke både helsetilstand og utbredelse for mange arter fremover. Til tross for at kaldtvannskoraller kan tolerere varmere vann i korte perioder vil økte temperaturer gjøre at de trenger mer mat ettersom metabolismen går opp. Hvis ikke tilgangen på føde er stor nok kan lagret energi brukes opp. Varmere vann kan også påvirke korallene indirekte, gjennom å forandre primærproduksjonen i de øvre vannlagene som igjen påvirker føden for korallene eller minske tilgang på oksygen.

Forurensing i form av økte mengder partikulært materiale fra akvakultur, gruvedrift, oljeboring, mudring, dumping av masser eller avrenning påvirker koraller negativt i form av nedslamming, oksygenmangel, forhøyet metabolisme, larvedød mm. Mikroplast, kjemikalier og tungmetaller er andre forurensinger som har negative effekter på korallers helsetilstand.

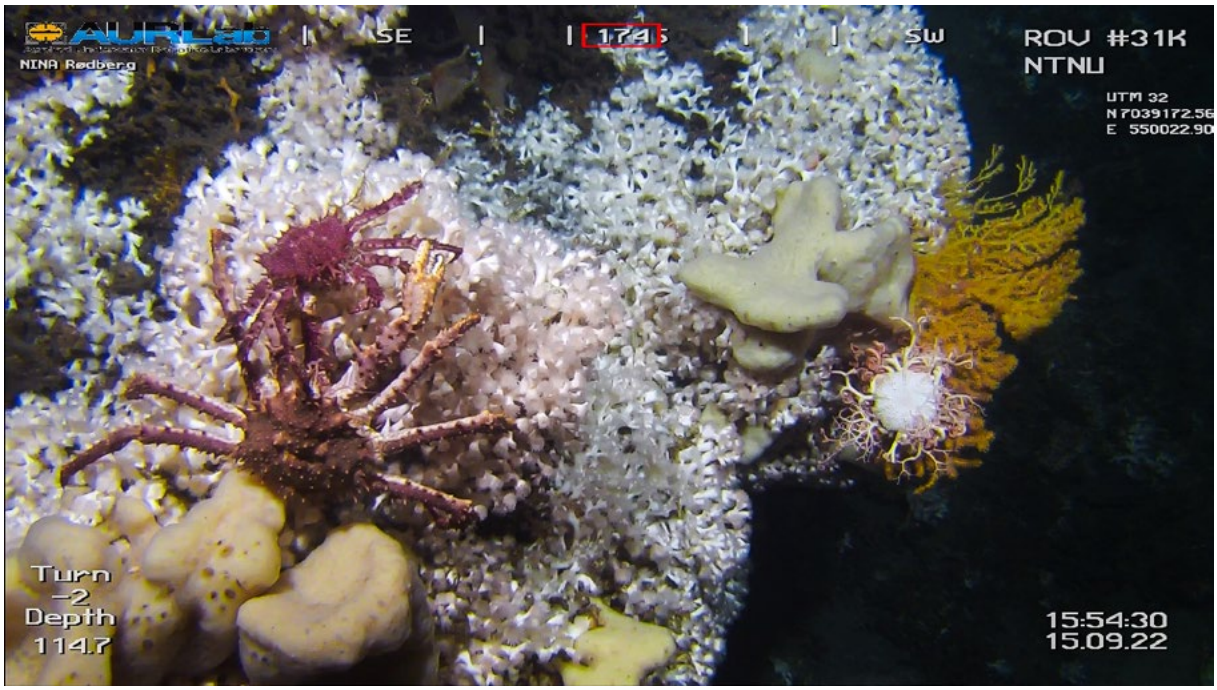
Den invasive fremmedarten havnespy (*Didemnum vexillum*) er en kolonidannende sjøpung fra Japan som ble oppdaget i 2020 på Vestlandet. Hvis den skulle etablere seg i Trondheimsfjorden har den potensial til å invadere de grunne revene og gjøre omfattende skade. Flere fremmede arter forventes å komme til Norge i fremtiden.

Det er mange faktorer som truer korallene. Hvis en faktor påvirker et korallrev negativt, gjør dette revet mer sårbart for andre belastninger. Det er den samlede belastningen av alle faktorer som er viktig.

Kunnskaps- og overvåkningsbehov

Til tross for all kunnskap vi har om korallene i Trondheimsfjorden er det fortsatt mye vi ikke vet. Det er behov for ytterligere kartlegging for å finne ut hvor korallene finnes i fjorden, spesielt i de mer utfordrende områdene som bratte vegger. At det finnes koraller i disse områdene er trolig mer vanlig enn tidligere antatt og veggrev kan utgjøre en betydelig del av mengden koraller i fjorden, og dessuten på nasjonal basis. Den pågående kartleggingen i de tre verneområdene initiert av Statsforvalteren er en god start, men større ressurser trengs for en fullstendig kartlegging. Det er allerede mye erfaring og et godt samarbeid mellom de vitenskapelige institusjonene i Trondheim, som kan utføre dette.

For å kunne beskytte korallrev og korallskoger må man vite hvor de finnes, men beskyttelsen som gis må også være god nok til å ivareta korallforekomstene. I alle de tre verneområdene for koraller i Trondheimsfjorden er det gjort unntak for fiske og mulighet for dispensasjon for å legge rørledninger og kabler. Fiske og fysiske inngrep er de største truslene mot korallene, og å tillate dette i verneområder viser ubalanse mellom vern og forvaltning av ressurser. Flere av truslene mot korallene er på global skala, som havforsuring og temperaturøkning. Dette er vanskelig å påvirke lokalt, men fordi det er den samlede belastningen som er avgjørende, kan det å fjerne en alvorlig lokal påvirkning ha stor betydning for hvordan korallene klarer å håndtere andre belastninger. Ved å unngå eller begrense fiske og fysiske inngrep innen verneområdene kan korallene der bli bedre rustet til å håndtere andre utfordringer.

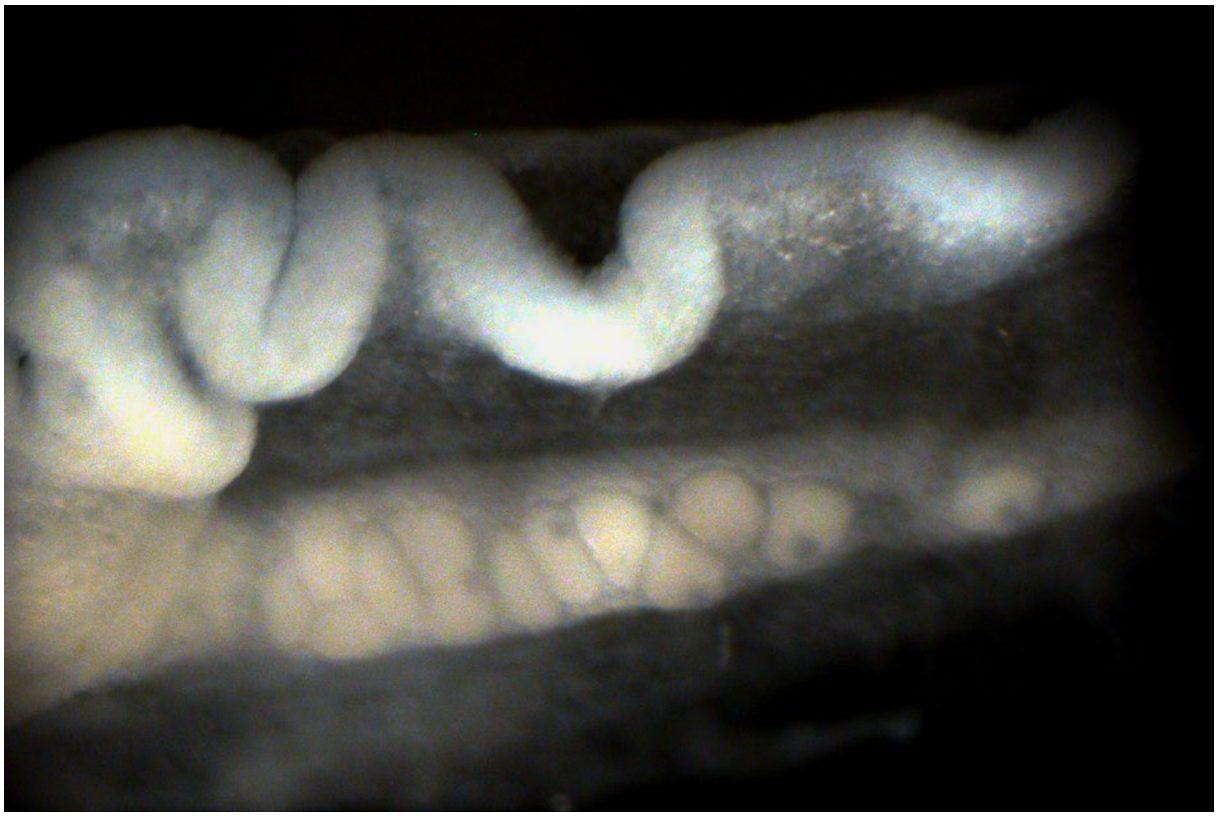


Figur 9: Noe av diversiteten som finnes på korallrevene, to trollkrabber (*Lithodes maja*) krangler på en koloni av øyekorall (*Lophelia pertusa*) sammen med en svamp (*Mycale* sp.), en korallbusk (*Paramuricea placomus*) og ett medusahode (*Gorgonocephalus* sp.). For å ivareta disse viktige økosystemer må større områder kartlegges, en effektiv beskyttelse komme på plass, mer kunnskap om deres fysiske miljø samles in og en bedre forståelse for korallrevenes og korallskogenes helsetilstand oppnås. Foto: Johanna Järnegren

Data fra lange tidsserier er meget viktige for å forstå forandringene i et lengre tidsperspektiv, men få av disse tidsseriene har dessverre blitt fulgt opp kontinuerlig frem til i dag. Å starte opp igjen den hydrografiske serien som Trondhjem Biologiske Stasjon hadde fra 1963 til 2014 (presenteres i Introduksjonskapitlet) må gis høy prioritet. Videreføring og utvidelse av denne serien vil gi et godt kunnskapsgrunnlag, ikke kun for koraller, men alle organismer i fjorden.

Det er også av største betydning å starte opp langtidsovervåking av noen utvalgte korallrev og korallskoger. Fysiske faktorer som temperatur, salinitet, oksygen, pH, aragonitt, turbiditet og strømforhold mm. er essensiell informasjon for å kunne følge med på forutsetningene for korallenes helse. Disse målingene kan gjøres gjennom sensorer plassert *in situ* som måler gjennom hele døgnet da det er viktig å fange temporale variasjoner. I tillegg må det gjøres visuell overvåking av de samme lokalitetene, i starten på årlig basis noe som senere trolig kan gjøres med intervall på 3-5 år, avhengig av utvikling og eventuelle forandringer i bruk av områdene rundt. Innsamling av fysiske prøver fra korallene for å se på fysiologiske forandringer bør gjøres i samme tidsintervall som visuell overvåking.

En utfordring er å finne og standardisere metodene for overvåking av koraller. Siden koraller er enkle organismer som vokser langsomt kan deres helsetilstand være negativt påvirket lenge før dette er synlig ved visuell overvåking. Det trengs derfor mer kunnskap om hvilke metoder som kan gi en god forståelse av helse både for revet/skogen som helhet og den enkelte organismen. Det vil også være viktig at metodene kan brukes relativt enkelt også av de som ikke er eksperter.



Figur 10: Nederst vises gonodukten hos en øyekorall med eggene som ligger sammenklemt før de skal slippes ut i vannmassen ved gyting. Den lille prikken er kjernen hos egget, som er ca. 160 µm i diameter. Foto: Johanna Järnegren

Trondheimsfjorden har kvaliteter som gjør at den er et unikt sted for korallforskning i verdenssammenheng. De viktigste kvalitetene inkluderer nærhet til store og artsrike korallokaliteter kun noen få timers transport med båt. Beskyttelse fra det verste været og vinden gjør det mulig med tokt hele året, tilgang til forskningsfartøy og ROV, og laboratoriefasiliteter hvor korallene kan holdes i live over mange år muliggjør eksperimentelle studier. I tillegg vil omfattende eksisterende lokal kunnskap gi muligheter til fremragende forskning, noe som er nødvendig for å fylle viktige kunnskapshull som gjelder den basale biologien til artene. Det vil også være viktig å lære mer om motstandsdyktigheten korallene har for menneskelig påvirkning, og om mulighetene for restaurering av skadede og ødelagte rev. Toleransenivåer for ulike typer forurensing og mulig restituering fra disse er en viktig brikke for forvaltning av artene i forhold til sterke økonomiske interesser som oppdrett og oljeindustri. Ny teknologi som gjør det enklere og mindre kostbart å kartlegge store og vanskelige områder under vann muliggjør en raskere kartlegging av koraller. For denne forskningen og mye mer er Trondheimsfjorden det perfekte stedet.

Referanser

1. **Järnegren J. & Kutti T.** 2014. *Lophelia pertusa* in Norwegian waters. What have we learned since 2008? - NINA Report 1028. 40 pp. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Trondheim.

2. **Gunnerus J.E.** 1763. Om en Søevext, allevegne ligesom besat med Frøehuse, Gorgoniaresedæformis. K. norske Vidensk. Selsk. Skr. 2: 321-329.

3. **Bakken T. Fremstad E. Aagaard K.** 2011. Bishop Gunnerus as naturalist: his impact on biodiversity research today. Det Norske Kongelige Videnskapers Selskabs Skrifter, 2, 109 - 128.

4. **Dons C. 1944.** Norges Korallrev, Trondhjem, Aktietrykkeriet i Trondhjem

5. **Vad J., Orejas C., Moreno-Navas J., Findlay H. S., Roberts J. M.** (2017). Assessing the Living and Dead Proportions of Cold-Water Coral Colonies: Implications for Deep-Water Marine Protected Area Monitoring in a Changing Ocean. *PeerJ* 5, e3705. doi: 10.7717/peerj.3705

6. **Gunnerus J.E.** 1768. Om nogle norske Coraller. K. norske Vidensk. Selsk. Skr. 4: 38-73.

7. **Storm V.** 1878. Bidrag til Kundskab om Trondhjemsfjordens Fauna I. Det Norske Kongelige Videnskapers Selskabs Skrifter, 28.

8. **Storm V.** 1879. Bidrag til kundskab om Trondheimsfjordens fauna II. Det Norske Kongelige Videnskapers Selskabs Skrifter, 18.

9. **Storm V.** 1901. Oversigt over Trondhjemsfjordens Fauna (med et Kort). . Trondhjem: H. Moe's Bog - & Accidentstrykkeri

10. **Storm V.** 1909. Fra Trondhjemsfjordens korallregion. Naturen.

11. **Nordgård O.** 1921. Bidrag til faunaens historie i Trondhjemsfjorden : II: Vol. 1920, nr 5:4–18

12. **Broch H.** 1912. Die Alcyonarien des Trondhjemsfjordes. I. Alcyonacea. K. norske Vidensk. Selsk. Skr. 1912 (10): 1-48.

13. **Broch H.** 1913. Die Alcyonarien des Trondhjemsfjordes. II. Gorgoncea. K. norske Vidensk. Selsk. Skr. 1912 (2): 1-48.

14. **Dons C.** 1927. Sjøen, Oslo, Norway, Cappelen

15. **Dons C.** 1933. Zoologiske notiser XVII. Om Beitstadfjordens korallrev. K. norske Vidensk. Selsk. Forh. 5 (37): 143-146.

16. **Dons C.** 1944. Norges korallrev. Korallrevenes utbredelse. Naturen 68: 289-298

17. **Dons C.** 1944. Norges korallrev. II. Korallrevenes livsbetingelser. Naturen 68:333-341.

18. **Strømgren, T.** 1970. Emergence of Paramuricea placomus (L.) and Primnoa resedaeformis (Gunn.) in the inner part of Trondheimsfjord (West Coast of Norway). K. norske Vidensk. Selsk. Skr. 1970 (4): 1-6.

19. **Strømgren, T.** 1971. Vertical and horizontal distribution of Lophelia pertusa (Linné) in Trondheimsfjorden on the west coast of Norway. K. norske Vidensk. Selsk. Skr. 1971 (6): 1-9

20. **Sneli, J.-A.** 1985. Sjøbusken Paramuricea placomus i Trondheimsfjorden. Fauna 38: 117-119.

21. **Rapp, H.T. & J.-A.** Sneli 1999. Lophelia pertusa - Myths and realities. Poster, 2 nd Nordic Marine Oceanographes conference, Hirtshals in Denmark 2.-4. April 1999.

22. **Fosså J.H & Mortensen P.B** 1998. Artsmangfoldet på Lophelia-rev og metoder for kartlegging og overvåking. Fisken og havet. 17-1998. Havforskningsinstituttet.

23. **Fosså, J.H., Mortensen, P.B., Furevik, D.**, 2000. *Lophelia* korallrev langs Norskekysen – forekomst og tilstand. Fisken og Havet 2-2000. Havforskningsinstituttet.

24. **Mortensen PB. Fosså JH.** 2001. Korallrev og andre bunnhabitater på Tautraryggen i Trondheimsfjorden. Fisken og havet 7-2001. Havforskningsinstituttet

25. **Mortensen P.B. Rapp H.T. Båmstedt U.** 1998 Oxygen and carbon isotope ratios related to growth line patterns in skeletons of *Lophelia pertusa* (L) (Anthozoa, Scleractinia): Implications for determination of linear extension rate, Sarsia, 83:5, 433-446, DOI: 10.1080/00364827.1998.10413702

26. **Neulinger SC, Järnegren J, Ludvigsen M, Lochte K and Dullo W-C.** 2008. Phenotype-specific bacterial communities in the cold-water coral *Lophelia pertusa* (Scleractinia) and their implications for the corals nutrition, health and distribution. *Applied and Environmental Microbiology*. Dec. 2008:7272-7285

27. **Neulinger SC, Gärtner A, Järnegren J, Ludvigsen M, Lochte K and Dullo W-C.** 2009. Tissue-Associated "Candidatus Mycoplasma corallicola" and Filamentous Bona Fide TM7 Bacteria on the Cold-Water Coral *Lophelia pertusa* (Scleractinia). *Applied and Environmental Microbiology*. Mar. 2009:1437–1444

28. **Elden AC, Pettersen R, Bruheim P, Järnegren J, Johnsen G.** 2012. Pigmentation and spectral absorbance signatures in deep-water corals from the Trondheimsfjord, Norway. Marine Drugs 10(6):1400-1411

29. **Brooke S. and Järnegren J.** 2013. Reproductive periodicity of the scleractinian coral, *Lophelia pertusa* from the Trondheim Fjord, Norway. Marine Biology, 160:139-153

30. **Larsson A.I. Järnegren J. Strömberg S.M. Dahl M.P. Lundälv T. Brooke S.** 2014. Embryogenesis and larval biology of the cold-water coral *Lophelia pertusa*. PLoS One, 9(7): e102222. Doi:10.1371/journal.pone.0102222.

31. **Järnegren J. Brooke S. Jensen H.** 2017. Effects of drill cuttings on larvae of the cold-water coral *Lophelia pertusa*. *Deep-Sea Research II*, 137:454-462

32. **Järnegren J. Brooke S. Jensen H.** 2020. Effects and recovery of larvae of the cold-water coral *Lophelia pertusa* exposed to bentonite, barite and drill cuttings. Mar. Env. Res. 158. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.104996

33. **Liefmann S. Järnegren J. Johnsen G. Murray F.** 2018. Eco-physiological responses of cold-water soft corals to anthropogenic sedimentation and particle shape. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol*. 504:61-71

34. **Mogstad A.A. Løvås H.S. Sture Ø. Johnsen G. and Ludvigsen M.** 2022 Remote Sensing of the Tautra Ridge: An Overview of the World's Shallowest Cold-Water Coral Reefs. *Front. Mar. Sci*. 9:848888. doi: 10.3389/fmars.2022.848888

35. **Ludvigsen M. Sortland B. Johnsen G. Singh H.** 2007. Applications of Geo-referenced underwater photo mosaics in marine biology and Archaeology. Oceanography, 20, 11

36. **Ludvigsen M.** 2010. An ROV-toolbox for optical and acoustic scientific seabed mapping. PhD, Norwegian Univeristy of Sceince and Technology.

37. **Pettersen R.** 2013. Identification of Marine Organisms using Chemotaxonomy and Hyperspectral Imaging. PhD, Norwegian Univeristy of Sceince and Technology.

38. **Jakobsen J.** 2016. The Tautra Cold-Water Coral Reef - Mapping and describing the biodiversity of a cold-water coral reef ecosystem in the Trondheimsfjord by use of multi-beam echo sounding and video mounted on a remotely operated vehicle. MSc-thesis. Norwegian University of Science and Technology.

39. **Andersson I.** 2017. Bio-optical diversity on cold water coral habitats. MSc-thesis. Norwegian University of Science and Technology.

40. **Scheide M.S.** 2018. Using Deep Learning for Automatic Classification of Marine Habitats in HiSAS Imagery. MSc-thesis. Norwegian University of Science and Technology.

41. **Mogstad A.A.** 2021. Underwater Hyperspectral Imaging as a Tool for Benthic Habitat Mapping. MSc-thesis. Norwegian University of Science and Technology.

42. **Hennige et al.** 2020. Crumbling Reefs and Cold-Water Coral Habitat Loss in a Future Ocean: Evidence of "Coralporosis" as an Indicator of Habitat Integrity. Front. Mar. Sci., 17 https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00668

43. **Morato, T. et al.** 2020. Climate-induced changes in the suitable habitat of cold-water corals and commercially important deep-sea fishes in the North Atlantic. Global Change Biology 26: 2181-2202

44. **Sætre R.; Aure, J.; Danielssen, D.S.** Long-Term Hydrographic Variability Patterns off the Norwegian Coast and in the Skagerrak. ICES Mar. Sci. Symp. 2003, 219, 150–159

KAPITTEL 9: SJØFUGL

Forfattere: Arne Follestad (NINA), Magne Husby (NTNU Vitenskapsmuseet og Nord Universitet), Tore Reinsborg og Svein-Håkon Lorentsen (NINA)

Trondheimsfjorden har et rikt og variert fugleliv hele året, med store bestander av både hekkende og overvintrende sjøfugler, og mange trekkgjester raster der både vår og høst. De siste tiårene har det vært en til dels dramatisk tilbakegang for flere arter. Langvarig bestandsovervåking av flere overvintrende sjøfuglarter viser at bestanden i fjorden nå bare er rundt 20 % av det den var da tellingene startet rundt 1980. Årsakene til dette kan være både menneskeskapte, som inngrep/-arealbeslag og forstyrrelser, og naturlige, som klimaendringer og endringer i marine økosystemer.

Ærfugl har gått kraftig tilbake både i hekkesesongen og vinterstid. Noen gjess har derimot økt i antall under trekket, og grågåsa har også økt som hekkefugl i fjorden. Det medfører stedvis til dels omfattende beiteskader for landbruket, men også gode muligheter for jakt. Den lokaliteten vi har best oversikt over antall hekkende vadere de siste nesten 50 årene viser en dramatisk nedgang i antall par. Hekkebestanden av måker har vist både nedgang og økning i samsvar med menneskelige inngrep med negativ effekt og skjøtselstiltak som har virket positivt.

Trondheimsfjorden er et viktig matfat for mange fuglearter som trenger god kondisjon for et vellykket hekkeresultat enten de hekker i nærområdene, våre fjellområder, eller på Grønland, Island, Svalbard eller på den russiske tundraen. Om høsten skal de fly lange trekketapper og kanskje overvintre langt nede i Afrika, et trekk som for svært mange individer ikke er mulig uten påfyll av energi i bl.a. Trondheimsfjorden. God forvaltning av viktige fugleområder i Trondheimsfjorden har derfor betydning for fuglelivet både lokalt og over store arealer.

Introduksjon

Fuglelivet i Trondheimsfjorden er rikt og variert året gjennom, med et stort artsmangfold. Flere av gruntvannsområdene innerst i fjorden er vurdert som så viktige for fugl at de samlet har fått status som Ramsarområde. Det er til sammen vernet 35 sjønære områder, der verneformålet helt eller delvis er knyttet til fugl.

Av viktige sjøfuglarter i Trondheimsfjorden, er **ærfuglen** nok den mest kjente for folk flest. Den hekker i fjorden, og oppholder seg ofte nær mennesker. I tillegg er det vist at til dels store antall ærfugl som hekker i Bottenvika, kan trekke til og overvintre i Trondheimsfjorden (1;2).

Varmere vintre har ofte ført til at Bottenvika har holdt seg isfri, og følgelig kan en del ærfugl velge å overvintre her i stedet for å trekke til Trondheimsfjorden. Observasjoner de siste årene kan tyde på at dette trekket nå har et betydelig mindre omfang enn tidligere. Årsakene til nedgangen kan ellers være flere, som svikt i næringstilgangen, men også predasjon av flere rovdyr som kom seg over til Tautra da moloen ble bygget (3) og forstyrrelser fra menneskelig aktivitet (se også 29).

Havelle og sjøorre hekker først og fremst i ferskvann i fjellområdene. Vi vet lite om hvilke hekkeområder fuglene som overvintrer i Trondheimsfjorden, kommer fra. Hekkebestanden av havelle i Norge er vurdert til 3000-7000 par, med en moderat nedgang, i motsetning til en kraftig nedgang ellers i Europa. For sjøorre er den norske bestanden mindre, vurdert til 400-640 par, etter en moderat nedgang, hvorav 35-70 hekker i Trøndelag. Den svenske bestanden er derimot anslått til 10 000 par (31). Det er ikke klart i hvilken grad den nedgangen vi har sett i Trondheimsfjorden kan skyldes forhold på hekkeplassene eller i fjorden, som endring i næringstilgang og/eller tap av beiteområder.

Smålom hekker ofte i små vatn og dammer i fjellområdene rundt Trondheimsfjorden, som på Fosen, men vi vet ikke hvor fuglene som overvintrer i fjorden, kommer fra. Det er mange viktige hekkeområder på Fosen, men de trekker trolig ut til kysten og ikke inn i fjorden.

Stokkanda er tallrik i fjorden vinterstid, og er også en vanlig hekkefugl flere steder. Bestanden synes å være stabil over tid. Flere gjenfunn av overvintrende stokkender er senere gjenfunnet i Sverige, Finland og Russland, så noen av stokkendene som overvintrer i fjorden, kan komme fra hekkebestander i disse landene. Vi vet ikke om antallet fugler østfra kan variere mellom år, avhengig av om bl.a. Bottenviken fryser eller ikke. Størst antall finner rundt kornsiloene i Buvika, og Ørin har tidvis opp mot 1000 individer vinterstid.

Måker. Hvis vi ser bort fra Tautra hvor hettemåka ser ut til å klare seg ganske bra (det ble talt 733 reir i Måsdammen i 2022 ved bruk av drone, Sindre Molværsmyr, in prep.) så har det vært en kraftig nedgang i resten av fjorden. Flere hekkeplasser i innlandet er forsvunnet helt som funksjonsområde for hettemåka. I dag er det bare på Hoklingen i Levanger at det hekker et tredvetalls par når vi ser på innlandslokaliteter, men også der har det vært stor nedgang siden det var rundt 120 par for en del år siden. Gamle kolonier i Leksdalsvatnet og Lømsen kollapset i løpet av nittitallet og tidlig 2000-tall.

Vadere hekker spredt og ikke i kolonier, og de aller fleste forlater Trondheimsfjorden om vinteren ettersom fjærearealene der de fleste finner sin næring fryser til i perioder. Overvåkingen av hekkebestandene på Rinnleiret er eneste langtids dataserie av god nok kvalitet til at vi vil ta den med. Hekkebestanden har de siste årene vært i underkant av 20 % av hva den var i 1975. Vi presenterer også antall av noen vaderarter på vårtrekk eller høsttrekk for noen lokaliteter i 2021.

Gjess. Grågåsa har etablert seg som hekkefugl flere steder i fjorden, men de aller fleste gjessene som blir observert, er gjess som raster her under trekket. Grågjessene som raster her om høsten, hekker langs kysten fra Sør-Helgeland til Finnmark, mens kortnebbgjessene som raster i store antall både vår og høst tilhører hekkebestanden på Svalbard.



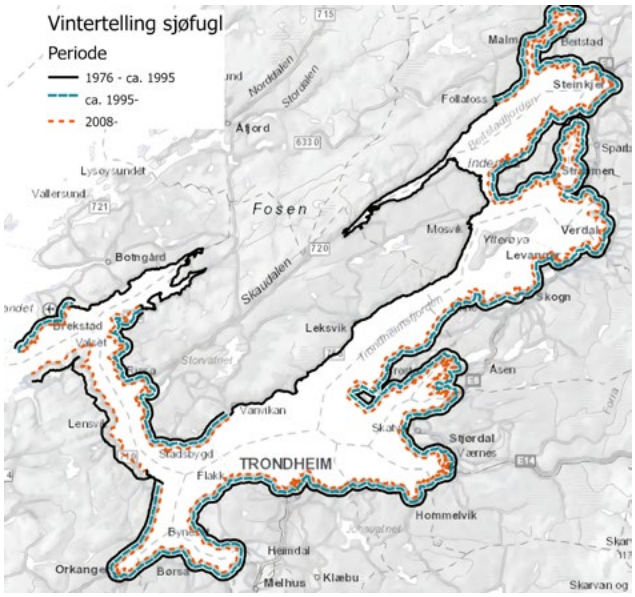






Foto: Havelle (Elina Immonen), sandlo, vipe og ærfugl (Magne Husby)

Kunnskapsgrunnlaget



Figur 2: Områdedekning for vintertellinger av sjøfugl i Trondheimsfjorden. Før 1995 ble hele fjorden dekket. Fra og med 1995 ble nordsida og noen områder i ytre deler av fjorden tatt vekk fra overvåkningsprogrammet, men i 2008 ble noen strekninger i ytre del tatt inn igjen.

Det er mange arter som bruker områder i Trondheimsfjorden både i hekkesesongen og utenom denne, da som rasteplasser under trekket eller for overvintring. Noen av artene er overvåket og rapporteres her med bakgrunn i egne overvåkingsprogrammer. Data for hekkende ærfugl og overvintrende sjøfugler er hentet fra NINAs Sjøfuglkartverk, mens data for andre arter er sammenstilt fra ulike kilder, som notater og rapporter, notatbøker og databaser, som Artsdatabanken. Artsobservasjoner gir mye informasjon, men må brukes med forsiktighet ettersom kvaliteten på innlagte observasjoner og omfanget av registreringene i et område kan variere mye. Resultater fra bestandsovervåkingen og andre kilder er vist for arter som er sett i store nok antall til at vi kan vise bestandstrender.

Hekkende ærfugl

Hekkende ærfugl har siden 2000 blitt overvåket av NINA gjennom årlige tellinger fra fly, der det meste av fjorden østover fra Stjørdal og rundt indre deler av fjorden til noe sør for Leksvik, har blitt dekket.

Bare voksne hanner telles, ettersom mange hunner antas å ligge på reir under tellingene i midten av mai. Det er en overvekt av hanner i hekkebestanden ettersom en del hunner blir tatt på reir av predatorer som rødrev, mår, grevling og mink. Etter at hunnene har lagt seg på reir, vil hannene etter hvert trekke vekk fra hekkeplassene.

Overvintrende sjøfugl

Overvintrende sjøfugler har blitt overvåket i fjorden siden 1976 i regi av Birdlife Norge (tidligere Norsk Ornitologisk Forening), men med ulik dekningsgrad (Figur 2). Resultater fra denne overvåkingen er vist for arter som er sett i store nok antall til at vi kan vise bestandstrender.

Vadere

For vaderne har vi brukt resultatene av forholdsvis mange publiserte opptellinger av hekkebestandene på Rinnleiret siden 1975 (4;5;6;7;8;9;10), mens vi for vadere på trekk vår og høst i 2021 har brukt Artsobservasjoner.no. På tross av en lang tidsserie og omfattende restaureringsarbeider på strandengene på Rinnleiret foregår det i dag ingen systematiske registreringer av antall hekkende par. Det er viktig at også denne tallrike artsgruppen kan overvåkes mer systematisk enn det som gjøres i dag. Fra og med 2022 er det igangsatt systematiske tellinger på Ørin.

Måkefugler

Fylkesmannen i Nord-Trøndelag hadde i perioden 2001 til 2009 et overvåkingsprosjekt på hekkende sjøfugl på en del holmer og skjær i fjorden. Dette er hovedsakelig verneområder, og denne overvåkingen ble overtatt av Statens Naturoppsyn fra og med 2010. Her ble det talt hekkende par av alle måkeartene, samt terner og ender. I tillegg ble det iverksatt årlige opptellinger av fiskemåke på Tautra fra og med 2013. Det er også noen viktige områder for sjøfugl i fjorden i det gamle Sør-Trøndelag fylke, og her er Artsobservasjoner.no brukt for å finne data på utviklingen i antall hekkende par av måker.

Gjess

Grågåsa etablerte seg som hekkefugl i Trondheimsfjorden i 1998, da to hekkinger ble påvist. Ved siste systematiske opptelling i 2016 var det 85 hekkende par og økningen synes å ha fortsatt. De fleste hekker i indre deler av fjorden (11).

Grågåsa begynte å raste i mindre antall i Gaulosen fra ca. 1990, og på Innherred fra ca. 2000. Bestandsutviklingen i Gaulosen inkludert Buvikfjæra ble fulgt årlig fram mot 2015 av NINA med regelmessige tellinger i løpet av høsten. På Innherred er det gjort tellinger i området fra Stjørdal og inn til Steinkjer og Snåsa.

Det raster også store mengder kortnebbgjess i fjorden, på veg til og fra hekkeplassene på Svalbard. Disse overvåkes som en del av en internasjonal forvaltningsplan, der en målsetting er at bestanden ikke skal overstige 60.000 individer.

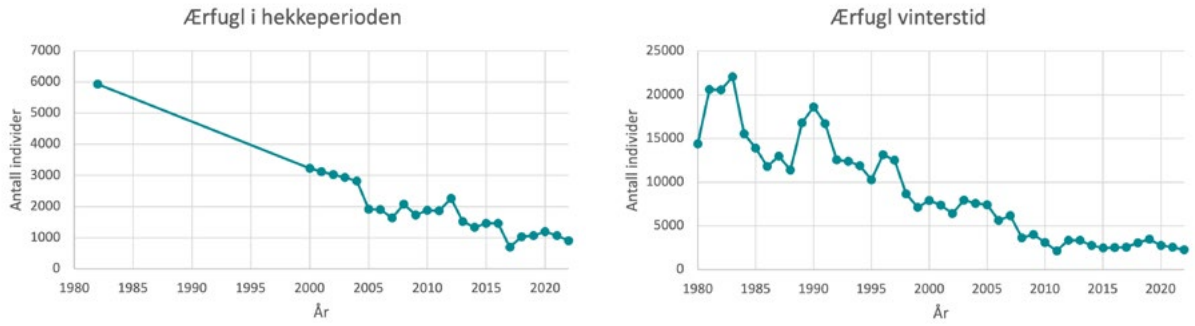
Tilstand og utvikling

I dette kapittelet presenterer vi bestandsutvikling og trender for de mest tallrike sjøfuglartene i Trondheimsfjorden som enten hekker, trekker gjennom eller overvintrer i fjorden. Ærfugl som både hekker og overvintrer i Trondheimsfjorden, presenteres samlet. Vi omtaler Tautra som et eksempel på et viktig område for mange arter, der bygging av molo og senere utvidelsen av åpningen i den har hatt betydelige effekter for mange arter.

Ærfugl

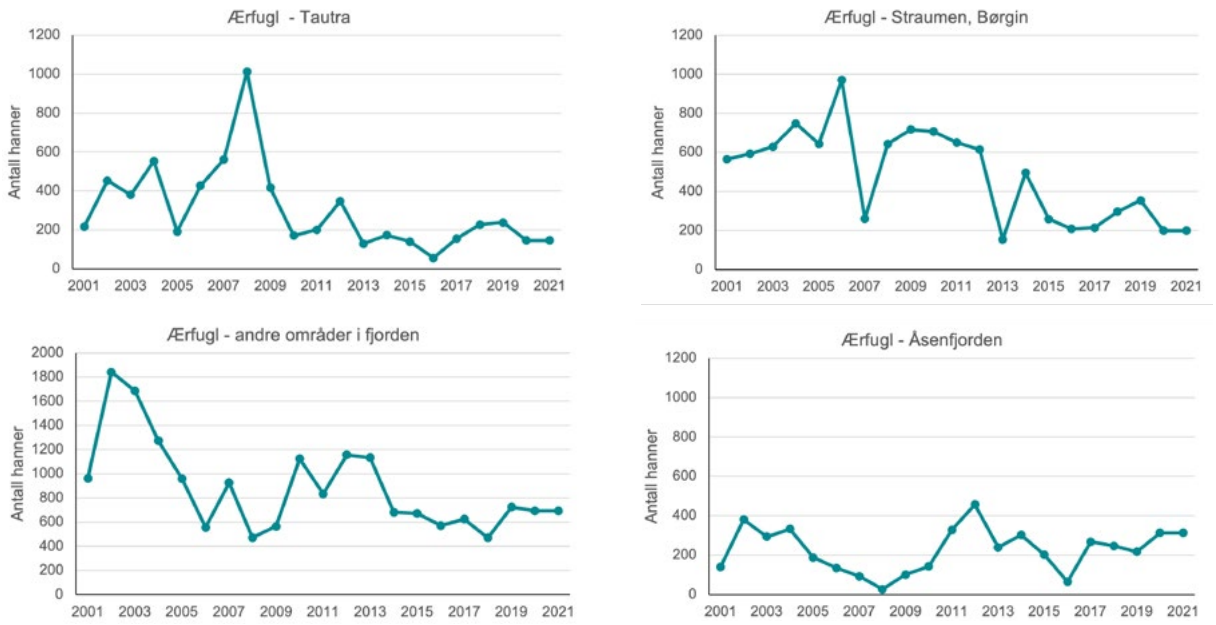
Før år 2000 foreligger det bare få tellinger av hekkende ærfugl i hele fjorden, som kan sammenliknes med tellingene fra fly etter år 2000 (Figur 3). I 1982 ble det talt 6000 voksne hanner i hele fjorden, slik at tilbakegangen var markert også lenge før tusenårsskiftet (32).

Nedgangen synes å ha vært større utenom Åsenfjorden, Tautra og Borgenfjorden. Der har

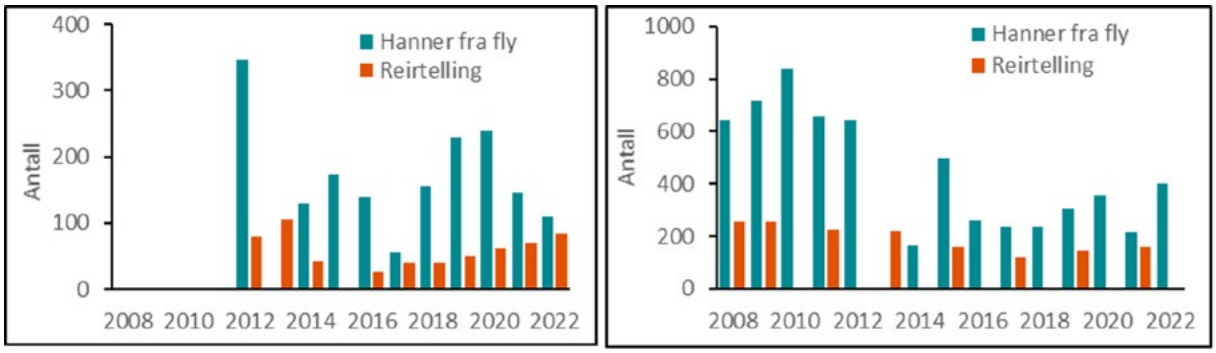


Figur 3: Tellinger av voksne hanner av ærfugl i Trondheimsfjorden i hekkeperioden (t.v.) og vinterstid (t.h.).

antallet gått ned fra nær 1400 til vel 400 hanner. De høye antallene kan kanskje forklares med en kombinasjon av at noen av de svenske vintergjestene ennå ikke har trukket tilbake til de Østersjøen, eller at det er små grupper av ikke-hekkende, men voksne hanner som ikke holder seg ved hekkeplassene. Under tellingene blir det flere steder år om annet observert rene flokker av hanner, uten hunfugler, som kan tyde på at de ikke oppholder seg nær en hekkeplass. For å kunne vurdere bestandsstatus og -utvikling i fjorden, burde vi hatt bedre kunnskap om disse forholdene.



Figur 4: Bestandsutvikling for ærfugl i ulike deler av Trondheimsfjorden, vist ved tellinger av voksne hanner til stede ved hekkeplassene i første halvdel av mai.



Figur 5: Sammenligning av resultater fra tellinger av hanner fra fly og reirtellinger samme år, på Tautra (t.v.) og Rolsøya/Straumen/Borgenfjorden (t.h.).

En del av bestandsovervåkingen av hekkende ærfugl er basert på tellinger av voksne hanner. Noen år er det også gjennomført tellinger av reir, bl.a. på Tautra og på Rolsøya i Borgenfjorden (Figur 5). Det er ofte et lite overskudd av hanner i en ærfuglbestand, som kan forklares med økt dødelighet for hunner som ligger på reir og kan bli drept av predatorer (12). Sammenligningen av de to metodene viser for begge områder en til dels betydelig overvekt av hanner. Dette kan, i alle fall for Tautra, forklares med dødelighet av hunner forårsaket av predatorer som rev, mår og grevling som fikk tilgang til øya da moloen ble bygget i 1978. Dette reiser spørsmål ved hvor stor hekkebestanden egentlig er i Trondheimsfjorden, om vi kunne ha kartlagt den ved reirtellinger i alle hekkeområder.

Store tap av ærfugl i garn så tidligere ut til å være et årlig fenomen utenfor Stjørdal/Skatval, først og fremst i siste halvdel av mars og i april. Det kunne da trolig dreie seg om flere tusen ærfugler som ble drept bare i dette området. Dette skyldtes sammenfall i tid og sted for sildegyting og torskefiske, der store mengder ærfugl samlet seg (13). Registreringer

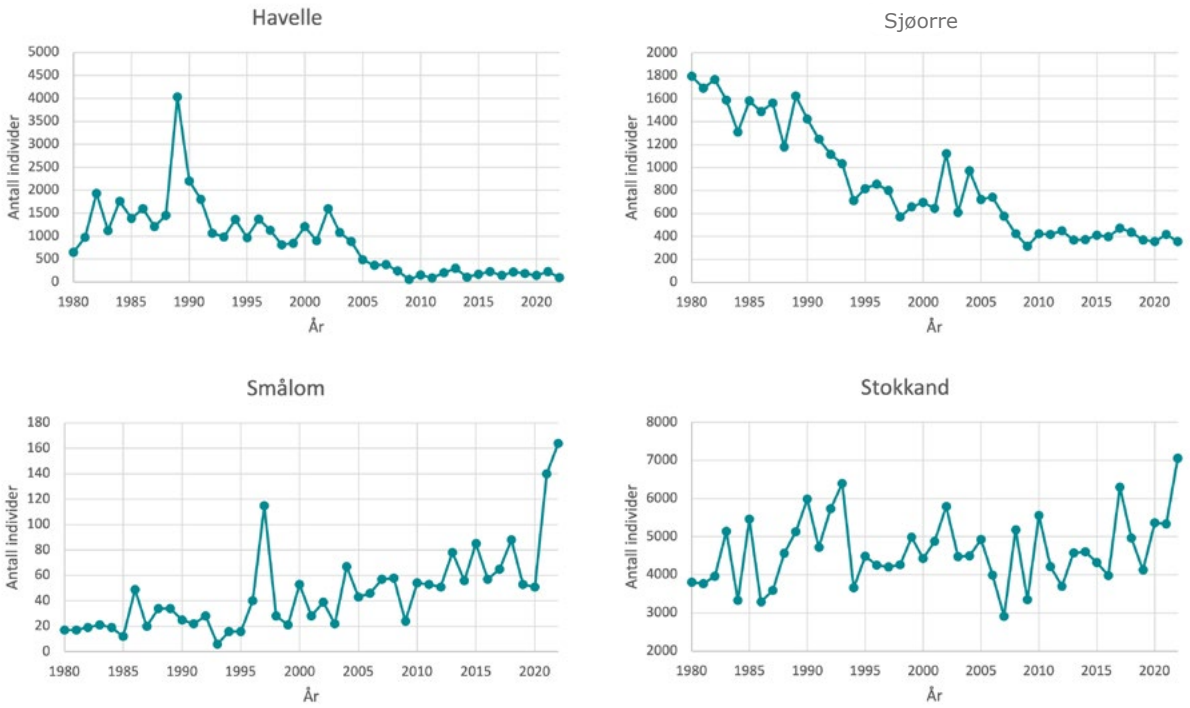
har vist at mange av disse ærfuglene samlet seg her før de trakk østover, mest sannsynlig til hekkeområder i Bottenvika (2). Tapene i mars/april rammet rundt 1990 særlig voksne, kjønnsmodne ærfugler, og i den grad også lokale ærfugler samlet seg rundt Skatval, ble dette vurdert til på lang sikt å kunne ha en negativ bestandsutvikling for hekkende ærfugler i Trondheimsfjorden.

Andre overvintrende sjøfugler

Det er påfallende og store forskjeller i bestandsendringene for de artene som overvintrer i store nok antall til at vi kan vurdere om endringene er statistisk holdbare eller ikke (se årlige bestandsendringer i **Vedlegg 9.1**). Stokkand har hatt en forholdsvis stabil bestand. Det samme har smålom, men med en god økning de siste to årene. Tilbakegangen har derimot vært betydelig for andre marine ender, som vist for havelle og sjøorre (Figur 6).

Stokkanda hekker rundt hele fjorden, og mange finner nok næring gjennom vinteren på snøfrie kornåkrer eller ved møllene i Buvika. Smålommen hekker i ferskvann (gjerne små dammer nær sjøen eller i mindre vatn i fjellområdene rundt fjorden), men den fisker i sjøen. Vi har ingen god forklaring på den nylige økningen i vinterbestanden, annet enn at den kan ha endret overvintringsområder eller nå har mer tilgjengelig næring gjennom vinteren.

Dersom den betydelige nedgangen for de tre marine endene, ærfugl inkludert, som alle lever hovedsakelig av næring de finner på bunnen, skyldes endringer i næringsgrunnlaget i fjorden, er dette et alvorlig signal om forhold som bør kartlegges bedre.



Figur 6: Bestandsutvikling for overvintrende stokkand, smålom, havelle og sjøorre.

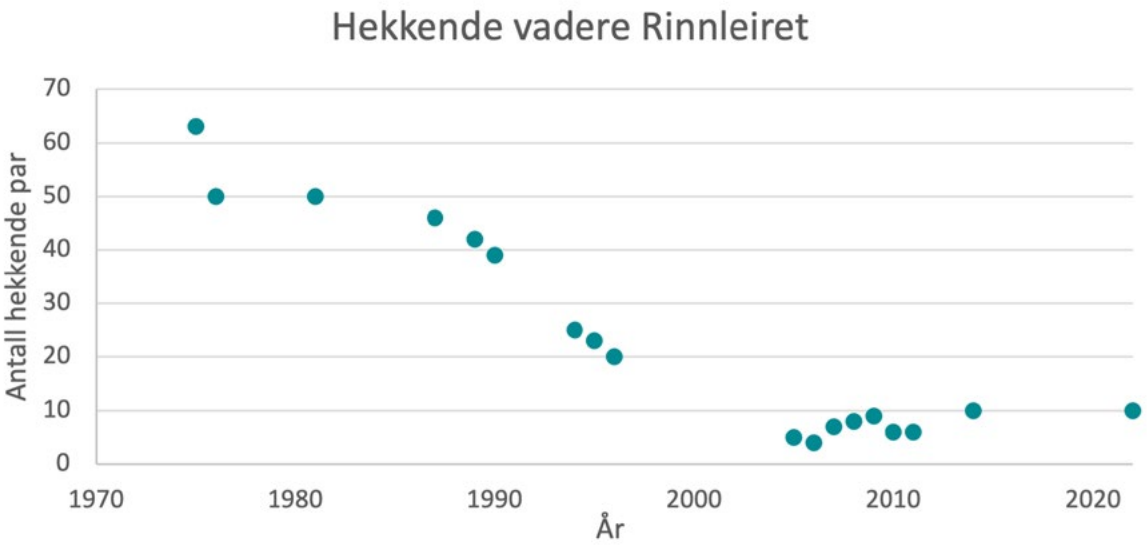
Vadefugler

Langs Trondheimsfjorden er det, eller har vært, flere gode lokaliteter for både hekkende og trekkende vadefugler. Flere deltaområder er imidlertid utbygd i en slik grad at de ikke lenger er egnet som hekkeplasser for flere arter. Mange store fjæreområder er fortsatt intakte, som på Ørlandet (med unntak av bl.a. Brekstadfjæra, se Follestad m.fl. 2013 (14)), Gaulosen, Frosta med Tautra og videre innover i fjorden.

Hekkende vadere
De fleste vadefuglene hekker spredt og ikke i kolonier. De er vanligvis for små til kunne forsvare egg og unger effektivt mot for eksempel en sulten rev eller ravn, og en koloni vil være lettere å finne og vil derfor utraderes på kort tid.

Vadefuglene hekker spredt helt fra sjøen og hele veien opp til høyfjellet, men ulike arter har ulike preferanser både med tanke på habitat og høyde over havet. Langs Trondheimsfjorden finner vi hekkende vadere på ulike typer substrat. Sandlo og tjeld hekker gjerne der det er sand eller stein, der de lager en liten grop og legger egg som ser ut som underlaget. Andre arter hekker der det er gras eller annen vegetasjon slik at reirene er vanskelige å finne. Strandengene er grasbevokste sletter som vi hovedsakelig finner i forbindelse med elveutløpene. De kan være attraktive hekkeplasser for blant annet vipe, storspove, rødstilk, gluttsnipe og enkeltbekkasin.

Antall par med hekkende vadefugler har gått dramatisk ned på Rinnleiret, Levanger, siden 1975 (Figur 7). Dette kan ha mange årsaker, som for eksempel landheving etter istiden, gjengroing av skog og kort avstand til avfallsdeponi som spesielt tidligere hadde store antall med reirplyndrende kråkefugler og måker (15;8). Det er urovekkende å se hvor raskt en stor hekkebestand av mer enn 15 ulike vaderarter kan desimeres på noen få ti-år, og hvor sent det går å bygge opp bestandene på tross av de omfattende skjøtselstiltakene som har blitt gjennomført på Rinnleiret fra 2003 og utover.



Figur 7: Antall hekkende par av vadere på Rinnleiret siden første totaltelling i 1975 og fram til i dag. Middelverdien er brukt hvis antall par er oppgitt som et intervall.

Et annet eksempel på nedgang i hekkebastanden av vadere er fra Eidsbotn og Levangersundet. Her hekket det 28 par med vadere i 1995 (tjeld, sandlo, vipe og storspove) og bare seks par i 1996. Etter hekkesesongen i 1995 ble hele østre strandsone av Eidsbotn fylt igjen slik at det kunne etableres boliger, butikker og annen industri. Det er verd å merke seg at de parene som hekket i de berørte områdene i 1995 ikke flyttet til andre deler av undersøkelsesområdet, men forsvant helt. I 2015 var det kun tjeld som hekket og ingen av de andre tre vaderartene (16;17).

Vadere på trekk

Trondheimsfjorden og Ørlandet er viktige områder for vadefugler, spesielt vadere som er på veg mellom overvintringsplass og hekkeplass. De fleste vaderne finner sin næring i overgangssonen mellom land og sjø. På svaberg kan for eksempel tjeld og fjæreplytt spise skjell, og i steinfjærer kan for eksempel steinvender vippe rundt en stein og finne smådyr under den. Det er spesielt mange vaderarter som søker næring på mudderfjærer. Vaderartene der har ulike nebblengder, fotlengder og teknikker for å søke næring slik at konkurransen mellom artene ikke blir så stor selv om det er mange av dem.

Trondheimsfjorden og Ørlandet har hatt og har til dels fortsatt store arealer med mudderfjærer der det tidvis kan samles store antall med vadere. Tilsvarende gode mudderfjærer for vadere må man et godt stykke nordover eller sørover i Norge for å finne, noe som gjør fjæreområdene i Trøndelag ekstra verdifulle. Her må noen av vaderne spise 30-50 prosent av sin egen kroppsvekt hver dag for å bygge opp fettreserver før de trekker videre, og noen blir dobbelt så tunge mens de er på en god mudderfjære i kanskje 14 dager. Da må områdene være intakte og uforstyrrede fordi vaderne har det travelt. Det er påvist at hunfugler i god kondisjon legger flere, større og mer næringsrike egg og klarer å fostre opp flere unger.

Ettersom fjæreområdene og matfatet til de fleste vaderne kan fryse til om vinteren kan de ikke overvintre her (men se om tjeld under). De fleste artene overvintrer lengre sør, og store antall passerer Trondheimsfjorden på trekk om våren og om høsten på tur til og fra hekkeplassene. På vårtrekket er vaderne på mudderfjærene i Trondheimsfjorden i forholdsvis kort tid fordi de haster videre til hekkeplassene, hekkeplasser som kan være i Midt-Norge eller lengre nordover i Norge, Russland, Svalbard eller helt til Grønland og Nord-Amerika.

Det foreligger få systematiske tellinger av antall vadere på vårtrekk i Trøndelag. De få som finnes viser hvordan artene typisk kan variere mye i antall ettersom de kan komme i flokker og dra videre i flokker. Enkelte ganger er vi til stede for å telle når det er mange der, og kanskje ved neste opptelling er det få fugler som er tilstede. Antall fugler som bruker et slikt område på trekk kan normalt ikke brukes til å fortelle noe om bestandsutviklingen uten at endringene er svært store. Vipe er en av artene med stor bestandsnedgang de siste årene både i Norge og Sverige mens den derimot har økt i antall i Finland (18).

Vaderne kan bruke en mudderfjære i lengre tid på høsten enn de gjør om våren. Voksne fugler kan forlate hekkeplassene i juli, men trekker gjerne hurtig videre til overvintringsområdene lenger sør, bl.a. i landene rundt Nordsjøen. De voksne overlater som regel ungene til seg selv kort tid etter klekking. De trekker da senere og må finne veien på egen hånd. Allerede i midten av juli kan vi registrere vadere på høsttrekk, noe som i alle fall varer til oktober. Fugler

som har hekket i ulike geografiske områder kommer til Trøndelag på ulike tidspunkt. Derfor kan det være store antall vadere her i et mye lengre tidsrom enn om våren, og med stor variasjon i antall fra dag til dag og uke til uke (19). Hvilke trekkruter som brukes kan også variere mye. For eksempel kan mye vind fra øst medføre at det kommer mange dvergsniper inn i Trondheimsfjorden som ellers ville fulgt Østersjøen sørover. På grunn av disse store variasjonene presenterer vi ingen resultater for å finne trender fra de systematiske tellingene som er gjennomført på trekkende vadere.

For å gi et inntrykk av antall vadere på trekk vår og høst, har vi i Tabell 1 tatt med det maksimale antallet registrert vår og høst på fem lokaliteter i 2021. Det er Gaulosen, Tautra og Ørin som er vernet, og Halsøen og Hotranoset som ikke er vernet. I tillegg er det mange andre områder som også benyttes av vadefuglene både vår og høst. For de fleste artene ble det i 2021 registrert langt flere individer om høsten enn om våren, noe som er naturlig ettersom ungene også bruker de samme plassene. Gaulosen og Ørin synes å ha flest vadere blant de som er inkludert her, men det er også ganske høye antall i de andre lokalitetene. Høsttrekket er strukket ut over mange uker, og noen har dratt videre når andre litt senere fugler ankommer. Tallene i Tabell 1 er bare et øyeblikksbilde, og forteller ikke hvor mange individer som totalt

Tabell 1: Høyeste antall registrert av fire vanlige vaderarter i Trondheimsfjorden på våren (januar-juni) og høsten (juli-desember) i fem ulike fjæreområder. Tallene er hentet fra Artsobservasjoner og gjelder kun 2021. Det går fram av detaljer i stedsangivelsene at det ikke er totaltellinger for hele områdene Gaulosen, Tautra og Ørin, kun for Halsøen og Hotranoset (Norske Skog). De høyeste antallene hver årstid er markert med grønt på aktuell lokalitet.

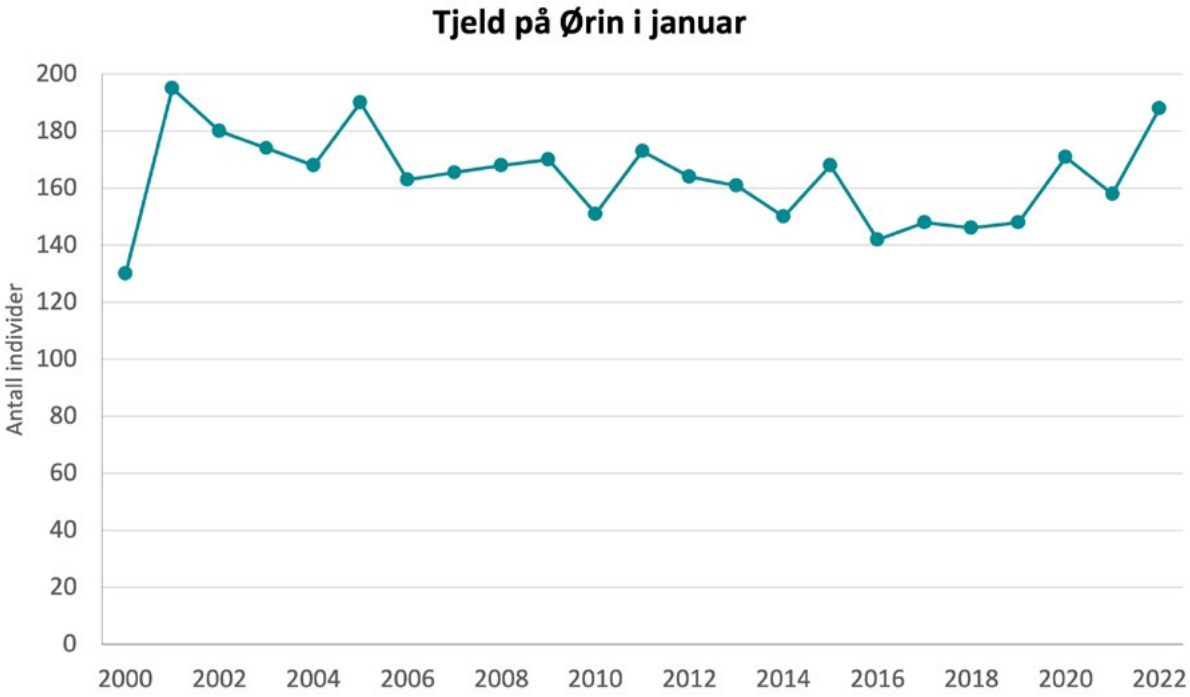
Vårtrekk	Sandlo	Rødstilk	Gluttsnipe	Myrsnipe
Gaulosen	44	94	28	30
Tautra	5	9	14	3
Ørin	44	49	18	68
Halsøen	35	35	5	19
Hotranoset	17	31	2	2
SUM	**145**	**218**	**67**	**122**

Høsttrekk	Sandlo	Rødstilk	Gluttsnipe	Myrsnipe
Gaulosen	180	108	30	120
Tautra	78	34	14	120
Ørin	156	54	11	300
Halsøen	90	118	9	64
Hotranoset	21	19	5	2
SUM	**525**	**333**	**69**	**606**

har brukt områdene. 2021 var ikke et spesielt godt år for vadere, men enkelte år er det mange tusen vadere som bruker Trondheimsfjordens fjæreområder.

Overvintrende vadere
Selv om de fleste vaderne forlater Trondheimsfjorden om høsten, er det en art som overvintrer her i større antall enn for resten av Norge til sammen. Det er tjeld. Den kan finne næring på flere typer fjære slik at litt næring er tilgjengelig gjennom hele vinteren. Gjennomsnittlig er det i underkant av 200 individer som overvintrer på Ørin og Rinnleiret hver vinter (Figur 8), mens det i resten av landet er 50-150 til sammen (20).

Det er også noen andre vadere som overvintrer i Trondheimsfjorden i mindre antall, som tundralo, vipe, polarsnipe, fjæreplytt, myrsnipe, kvartbekkasin, enkeltbekkasin, rugde, storspove, rødstilk og steinvender (20).

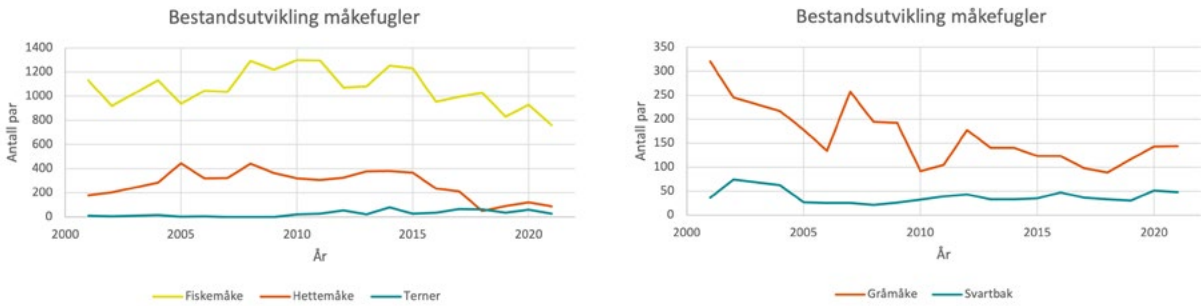


Figur 8: Antall overvintrende tjeld på Ørin i januar siden år 2000.

Hekkende måkefugler

Hekkebestanden av flere måkefugler er overvåket først og fremst i indre deler av fjorden. Denne overvåkningen ved tellinger på utvalgte holmer og skjær, har blitt gjennomført av Statens naturoppsyn og Fylkesmannen i Nord-Trøndelag (nå Statsforvalteren). I dette kapittelet ser vi på bestandsutviklingen til fire måkearter og terner (Figur 9).

Hettemåke
Denne arten er nå klassifisert som kritisk truet i den siste rødlista utarbeidet av Artsdatabanken (21), og står følgelig i fare for å bli utryddet som hekkefugl i landet. Utviklingen i antall hekkende par i Trondheimsfjorden har i likhet med resten av landet vært svært negativ. Den største og noenlunde intakte hekkemåkekolonien i Trondheimsfjorden i dag, ligger på Tautra.



Figur 9: Bestandsutvikling for hettemåke, fiskemåke og terner (t.v.) og gråmåke og svartbak (t.h.).

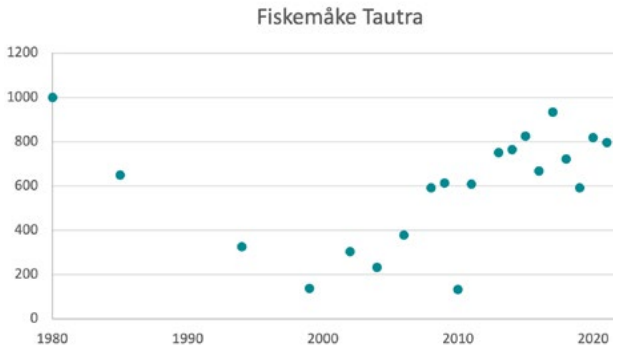
På 1980- og 1990-tallet hekket betydelig flere par enn det gjør i dag, og de store negative endringene begynte rundt tusenårsskiftet da flere av de større hekkekoloniene brøt sammen. I 1995 hekket det 1500 par på Storøra i Gaulosen og i 1999 var fortsatt kolonien intakt med 1000 hekkende par. I 2000 brøt kolonien totalt sammen, og etter den tid har det ikke vært noen reetablering her. Omtrent på samme tid brøt større hekkekolonier ved Leksdalsvatnet og Lømsen også sammen, uten at det har skjedd noen reetablering her heller. Det kan være flere årsaker til dette.

I overvåkingsområdene er det Kvamsholman, Sandvikholman, Alnesholmen, Rolsøya, Rambergholmen og Hustadøya som har hatt nevneverdige antall hekkepar av hettemåke (upubliserte data fra Statsforvalteren i Trøndelag og Statens Naturoppsyn). De siste to årene (2020 og 2021) er det bare Kvamsholman og Hustadøya som hadde hekkende hettemåker i det hele tatt i overvåkingsområdet. Tabell 2 viser utviklingen i antall par hekkende hettemåker i perioden 2001 til 2021.

I den delen av fjorden som ligger i det gamle Sør-Trøndelag er det antagelig bare Munkholmen ved Trondheim som i dag har hekkende hettemåker. Her har det hekket opptil 220 par (2011), og i 2021 var 46 par tilbake her. Også Flatholmskjæret i Muruvik har hatt hekkende hettemåker inntil nylig. Her var det opptil 86 par (2001), men trolig er denne kolonien brutt sammen, da bare ett par var tilbake i 2020 (Kilde: Artsobservasjoner.no).

Tabell 2: Utviklingen i antall hekkende par av hettemåke i de viktigste koloniene utenom Tautra, i de delene av fjorden som var en del av Nord-Trøndelag fylke tidligere.

	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ramberg-holmen			25	40	10	50	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rolsøya	5	65	80	150	120	17	95	15	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
Sandvik-holman	5	20	60	27	15	55	130		103	90	95	51	55	52	61	0	0	0	0	0
Alnes-holmen	20	10	10	20		25	35	25	20	7	75	75	75	55	90	116	15	30	0	0
Kvams-holman	0	65	90	200	150			200	194	200	141	225	225	225	25	47	10	53	60	45
Hustad-øya	0	0	0		0				2	9	13	25	23	34	45	48	25	6	60	40



Figur 10: Utviklingen i antall hekkende par fiskemåke på Tautra i perioden 1980 til 2021.

Fiskemåke

Denne arten har vist sterk tilbakegang de senere årene og har fått forhøyet sårbarhetsvurdering i den nye rødlista til Artsdatabanken (21). Den er nå satt i kategorien sårbar etter å ha vært i kategorien nært truet tidligere (22). Spesielt bestandene langs kysten har vist en nedgang, men også i Trondheimsfjorden ser det ut til at den har begynt å slite. I overvåkingsområdene til Fylkesmannen i Nord-Trøndelag (nå Statsforvalteren i Trøndelag) og senere Statens Naturoppsyn viste arten en oppgang i perioden 2001 til 2010, men har siden den gang hatt en ganske jevn nedgang. Siste telleår i 2021 ga rekordlave 759 par mot 1299 par i 2010. På Tautra derimot har arten hatt en positiv utvikling de senere årene (se eget kapittel).

De viktigste hekkekoloniene med fiskemåke finner vi på Tautra som har hatt opptil 933 par (2017) de siste årene. Her må nok oppgangen tilskrives de positive effektene åpningen av moloen og rovdyrsperra har hatt siden 2004 (Figur 10).

Av andre holmer og skjær som har hatt over 200 par er Storholmen og Småskjæra (Åsenfjorden), Hoøya (Åsenfjorden, ikke med i overvåkingsområdet), Alnesholmen (Levanger), Hustadøya (Beitstadfjorden) og Kvamsholman (Inderøy).

Gråmåke

I likhet med fiskemåke, er gråmåka definert som sårbar i den siste rødlista utarbeidet av Artsdatabanken. Utviklingen har vært negativ på landsbasis for arten. I Trondheimsfjorden viser også tallene en nedgang fra 2001 og fram til i dag. I 2001 ble det registrert 320 par og med en bunnregistrering på 89 par i 2018. De tre siste årene har det vært en oppgang igjen, og ved siste telling i 2021 ble det registrert 144 par (Figur 9).

Det er spesielt en holme som huset mange par gråmåke for noen år siden, og det er Hoøya i Beitstadfjorden. Her hekket det 160 par i 2002 og 148 par i 2007. Etter 2007 har det vært en jevn nedgang her og i 2019 var det bare ett par tilbake. Arten ble ikke funnet her verken i 2020 eller 2021. Hva er årsaken – ulovlig eggsanking, mink, oter?

Av holmer og skjær registrert med mer enn 20 gråmåkepar nevnes Øksningen (Frosta), Kjølsvikholmen/Vannsvikholmen (Ytterøya) og Låtra (Beitstadfjorden).

Svartbak

I motsetning til hettemåke, fiskemåke og gråmåke er ikke svartbaken rødlistet, og er følgelig ikke å betrakte som utryddingstruet på noen måte. Tallene fra overvåkingsområdet viser også at arten klarer seg relativt bra sammenlignet med de andre måkeartene. De siste to telleårene ga henholdsvis 51 par i 2020 og 48 par i 2021, og vi må tilbake til 2002 og 2004 for å finne flere registrerte par (Figur 9).

Svartbaken finner man i stor grad på de samme holmene som gråmåka, bare i stort sett lavere antall. Av holmer og skjær med mer enn 6 registrerte par nevnes Øksningen (Frosta), Hoøya (Beitstadfjorden), Låtra (Beitstadfjorden) og Alnesholmen (Levanger).

Terner
Det hekker nå noen få par med makrellterne og rødnebbterne i fjorden, etter at de var så å si fraværende fram til 2010.

Gjess på høsttrekk

Etter at de første grågjessene begynte å raste i Gaulosen med 50-60 individer i 1985-1987, økte antallet gradvis fram til 2009, da antallet trolig var over 6000 individer samlet for Gaulosen og Buvikfjæra (Figur 11). Dette er vel og merke det høyeste antallet som ble talt samtidig i Gaulosen, og er dermed ikke et mål på hvor mange individer totalt som har rastet der i løpet av høsten. Observasjoner og plott av halsringmerkede og GPS-merkede gjess viser at det er store variasjoner i hvor lenge gjessene oppholder seg i området, fra en til to dager til 45 dager (egne data).

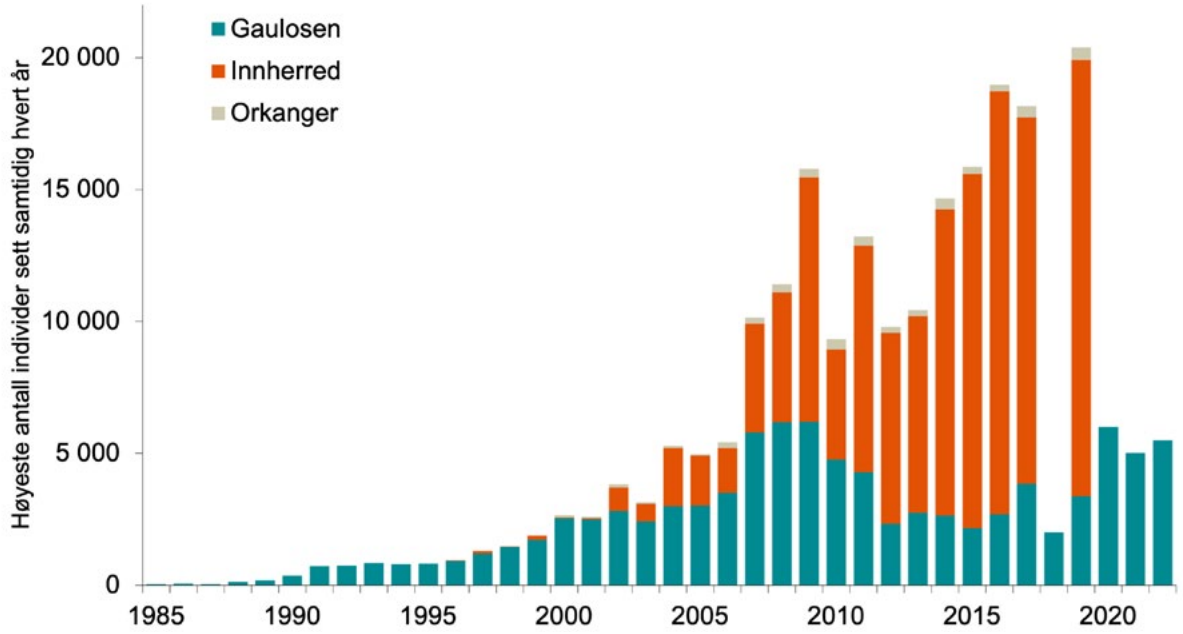
Enkelte dager var det over 1000 grågjess som rastet i Buvikfjæra, trolig på grunn av forstyrrelser, som for eksempel når det ble jaktet tett inntil Storøra. Dette viser viktigheten av at gjessene – og andre sjøfugler – har alternative områder de kan oppholde seg i når de blir forstyrret andre steder.

Antall rastende gjess i Gaulosen gikk noe ned etter 2009, da antallet som rastet lenger inne i fjorden økte til over 16 500 individer samtidig. Med Gaulosen var det da over 20 000 grågjess samtidig i fjorden. Det kan bare bli spekulasjoner på hvor mange grågjess som årlig rastet i fjorden, fra de første ankom i slutten av august til de siste trakk sørover i oktober. Observasjoner av halsmerkede individer som først ble sett i Gaulosen og senere på Innherred, viser at en del av nedgangen i antallet i Gaulosen kan skyldes at noen gjess stoppet opp lenger inne i fjorden.

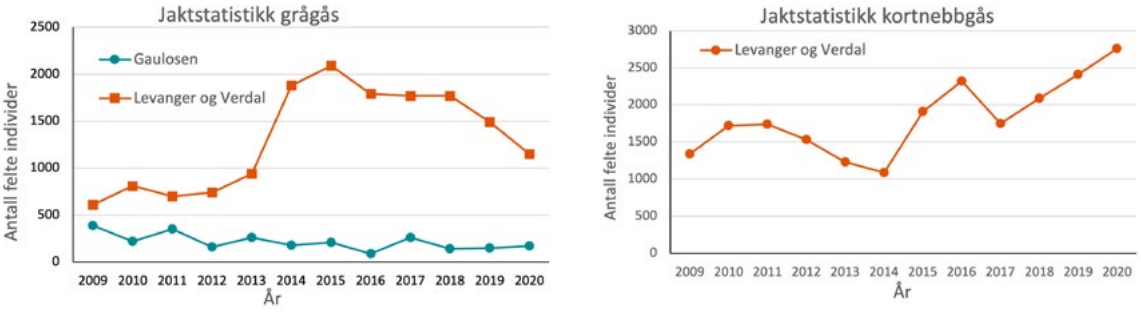
De første årene viste observasjoner av halsmerkede gjess at de som rastet i fjorden fra slutten av august i stor grad var gjess fra hekkeområder lengst nord i landet, som Troms og deler av Finnmark. Før grågjessene begynte å raste i Gaulosen, viste observasjoner at de halsmerkede gjessene trakk langs kysten, og bl.a. rastet på Jæren. Senere har det vist seg at mange av de som rastet i fjorden, endret trekkruta og trakk samme vei som mange av kortnebbgjessene, sørover langs indre dalstrøk til Oslofjorden og videre til Danmark. De siste årene er det ikke sett gjess på Jæren av de som er merket i Troms. De siste årene har vi sett at også grågjess som er merket på Sør-Helgelandskysten har begynt å raste i fjorden, så betydningen av fjorden som rasteplass for grågjess har klart økt.

Det store antallet av grågjess som raster i fjorden har medført økte problemer for landbruket med beiteskader på dyrket mark. Et tiltak mot beiteskader er jakt for å redusere bestandene. Jakt på gjess har blitt et viktig tilbud for mange jegere, og det felles et stort antall gjess før de

trekker videre sørover (Figur 12). Det er felt færre grågjess på Innherred de siste årene, mens antall felte kortnebbgjess har økt. Det er ikke en entydig og klar årsak til dette. En mulig årsak kan være at det er færre gjess som nå raster der og flere i Gaulosen, der jakta ikke er like godt organisert. En annen kan være at gjessene respondere på jakt på ulike måter, bl.a. ved å trekke tidligere sørover.



Figur 11: Bestandsutvikling for rastende grågås om høsten i tre områder av Trondheimsfjorden. Lave antall etter 2010 kan nok skyldes at dette er data hentet fra Artsobservasjoner.no.



Figur 12: Jaktstatistikk for grågås (t.v.) og kortnebbgås (t.h.) fra Trondheimsfjorden i perioden 2009 – 2020 (Kilde: SSB).

Kortnebbgåsa hekker på Svalbard, men raster årlig i store antall under trekket til og fra vinteroppholdsstedene i Mellom-Europa, fra Danmark til Belgia. I en internasjonal forvaltningsplan (23) er det en målsetting at bestanden gjennom jakt og andre forvaltningstiltak skal holdes på rundt 60 000 individer for å kunne håndtere beiteskadeproblemer for landbruket på en god måte. Den raster i all hovedsak både vår og høst fra Stjørdal til Snåsa, og de store

flokkene i flukt mellom beiteområdene på dyrket mark og hvileområdene i fjæresonen, er et spektakulært syn for mange fugleinteresserte. Gjennom god organisering av jakta er det blitt felt et økende antall kortnebbgås i Trøndelag (Figur 12).

Tautra

Tautra med Svaet har lenge vært kjent som et meget verdifullt område for fugl, spesielt de store koloniene av ærfugl, fiskemåke og hettemåke. På tross av sterke advarsler fra ornitologer ble Tautra landfast med bil via en 2,5 kilometer lang steinmolo over Svaet i 1976. Dermed endret strømforholdene og næringsforholdene i Svaet seg betydelig, og rovdyr, spesielt rev og mår, fikk tilgang til de sårbare fuglekoloniene. Dette førte til en dramatisk nedgang i antall hekkende par, spesielt av ærfugl og fiskemåke. Tautra med Svaet fikk likevel status som Ramsar-område i juli 1985 (17), noe som innebar at dette er klassifisert som et internasjonalt viktig våtmarksområde.

Moloens negative effekt på fuglelivet ble etter hvert så tydelig at det i 2001 ble ordnet med finansiering av en 350 m lang åpning i moloen, og denne åpningen ble utført vårvinteren 2003. I dette avsnittet presenterer vi data for antall ærfugl, fiskemåke og hettemåke på Tautra før og etter molobyggingen, og hva som skjedde etter at det ble etablert en åpning i moloen og fram til i dag.

Bunndyrundersøkelser i 1999 før moloen ble åpnet sammenlignet med 2011 som er åtte år etter åpningen, viser at strømmen forhindrer at finfordelte sedimenter legger seg på bunnen, og at det har vært en stor økning i antall muslinger som lever på hardt underlag. Det gjelder ikke minst blåskjell som er viktig næring for ærfuglen, og er trolig viktig for at vinterbestandene av ærfugl i Svaet har økt. Dessuten har rovdyrsperren etter hvert fungert godt, og hindret at firbente rovdyr har kommet seg ut på Tautra.

Det går likevel ikke bra med hekkebestanden av ærfugl, som fortsatt er på et lavmål sammenlignet med før moloen ble bygget. I tillegg til at få par hekker, er det også urovekkende få overlevelsesdyktige unger av ærfugl å se utover sommeren (23). Det bør settes i verk årlige undersøkelser av hekkesuksessen til et visst antall ærfuglreir for å følge med på hva som skjer fra egglegging til etter at ungene kommer på sjøen sammenlignet med nærliggende områder. Det er ikke bare firbente rovdyr som er problemet for ærfuglen, men også forstyrrelser fra for eksempel hunder, katter og mennesker. Disse kan forårsake at reirene forlates uten at hunnen rekker å dekke til eggene med dun, og dermed kan reirene lettere bli plyndret av kråker og store måker. Forstyrrelsene kan også medføre stor spredning i når de ulike hunnene går til hekking, og at det dermed er små unger som kommer på sjøen spredt over lang tid. Disse små ungene er lettere å ta for stormåkene.

Fiskemåken viste også stor nedgang i hekkebestanden i forbindelse med bygging av moloen, men har i motsetning til ærfuglen økt betydelig igjen etter at moloen ble åpnet. Fiskemåkene er mer allsidig i kosten, og søker blant annet mye næring på dyrka mark. Dessuten hekker de fleste på Storholmen hvor det er ferdselsforbud og færre forstyrrelser.

Kunnskaps- og overvåkningsbehov



Figur 13: Tautra, med moloen til øya til høyre i bildet. Midt på bildet vises Måsdammen. Fotograf: Arne Follestad

I lys av det vi har dokumentert av betydelig nedgang for flere arter, er det behov for å undersøke de bakenforliggende årsakene til dette. Mulige årsaker kan være redusert næringstilgang (hva er i så fall årsakene til det), arealbeslag/utbygging av fjæreområder, økt fritidsbruk av fjorden (småbåter, brettsport, vannscootere, gang- og sykkelbaner langs strandsonene) eller reduserte hekkebestander i de områdene som fuglene som overvintrer i Trondheimsfjorden kommer fra.

For hekkende ærfugl og overvintrende sjøfugler antar vi at bestandsovervåkingen i regi av Sjøfuglprosjektet NINA i samarbeid med Birdlife vil fortsette som nå. For andre arter og artsgrupper er det i dag mangelfull overvåking av bestandstrender og årsaker til eventuelle endringer, og vi anbefaler følgende overvåkingsprogram:

1. Det bør spesielt undersøkes mulige årsaker til den betydelige nedgangen for de tre marine endene, som alle lever hovedsakelig av næring de finner på bunnen. Hypoteser som må undersøkes er om endringer skyldes næringsgrunnlaget i fjorden, bestandsendringer eller andre forhold som belyses i andre avsnitt i rapporten. I rapporten om bløtbunnsfauna pekes det på lite kunnskap om bløtbunnsfaunaen i grunne områder (slike undersøkelser gjøres

stort sett dypere enn 10 meter, ifb. Resipientundersøkelser), som er viktige beiteområder for mange av andefuglene. I rapporten om fysiske inngrep/aktivitet og påvirkning på viktige naturområder, nevnes en rekke forhold som har hatt og fortsatt kan få betydning for mange av sjøfuglene i fjorden.

2. Ærfuglenes ungeproduksjon bør følges spesielt opp både på Tautra og andre områder for sammenligning. Det bør settes i verk årlige undersøkelser av hekkesuksessen til et visst antall ærfuglreir for å følge med på hva som skjer fra egglegging til etter at ungene kommer på sjøen sammenlignet med nærliggende områder, og videre utvikling i ungekullstørrelsene en stund etter at ungene har kommet på sjøen. Alle typer forstyrrelser må registreres i hvert område som inkluderes i overvåkingsprogrammet.

3. Overvåking av hekkende vadere på Rinnleiret. Dette er eneste lokalitet med sporadiske data tilbake til 1975. Denne tidligere unikt gode lokaliteten for hekkende vadere i Trondheimsfjorden er blitt restaurert og hekkebestandene bør følges årlig videre (Figur 6).

4. Måkeregistreringene må fortsette og inkluderes i sjøfuglprogrammet. Dette har blitt spesielt viktig nå som de fleste aktuelle måkeartene i Trondheimsfjorden har havnet på rødlista.

Referanser

1. **Haldås, S.** *50 år blant fugler.* s.l. : Eget forlag, 1997.

2. **Moksnes, A. og Thingstad, P.G.** *Ærfugltrekket Somateria mollissima, østover fra Trondheimsfjorden. Vår Fuglefauna 3.* 1980.

3. **Thingstad, P.G. og Frengen, O.** *Restaureringsprosjekt Tautra og Tautrasvaet. Status vannfugler 2008. Zoologisk notat 2009-1.* s.l. : NTNU Vitenskapsmuseet, 2009.

4. **Thingstad, P.G., Spjøtvoll, Ø. og Suul, J.** *Ornitologiske undersøkelser på Rinnleiret, Levanger og Verdal kommuner, Nord-Trøndelag. K. Norske vidensk. Selsk. Mus. Rapport, zoologisk serie 1976-9.* 1976.

5. **Haugskott, T.** *Ornitologisk rapport fra Rinnleiret og områdene ved Verdalselvas utløp, Levanger og Verdal kommuner.* s.l. : Trøndersk Natur Supplement Nr. 1 - 1988, 1988.

6. **Husby, M.** *Virkninger av E6 utbygginga på Sandfærhus. Del 2: Ornitologisk rapport for referanseområdet Rinnleiret.* Levanger : Statens Vegvesen Nord-Trøndelag, 1997.

7. **Husby, M. og Grande, A.-K.S.** *Hekkefugler på Rinnleirets strandeng. Bestandsutvikling, status og effekter av aktiv skjøtsel. HiNT Utredning nr. 113.* Steinkjer : HiNT, 2009.

8. **Grande, A.-K.S.** *Masteroppgave i økologi. Reirpredasjon som mulig årsak til bestandsendringer av hekkende våtmarksfugler på strandengområder i Trøndelag.* s.l. : NTNU, 2010.

9. **Husby, M.** *Effekter av skjøtselstiltak på hekkebestander av fugl på Rinnleirets strandeng 2011. HiNT Utredning nr. 136.* Steinkjer : HiNT, 2012.

10. —. Skjøtselstiltak og effekter på hekkefugl på Rinnleiret i 2013. Steinkjer : HiNT, 2013.

11. **Husby, M., Reinsborg, T. og Follestad, A.** Hekkebestanden av grågås øker fortsatt i Trondheimsfjorden. *Trøndersk Natur.* 43, 2016.

12. **Andersson, Å.** Jamförelse av metoder för taxering av hackande ejderbestånd Somateria mollissima. *Vår Fågelvärld* . 38, 1979.

13. **Follestad, A. og Strann, K.-B.** *Sjøfugl og fiskegarn. Problemets omfang og karakter i Norge. NINA Oppdragsmelding 078.* 1991.

14. **Follestad, A., et al.** *Naturtypekartlegging og forekomst av fugler i Brekstadfjæra, Innstrandfjæra og Neslandfjæra i Ørland og Bjugn kommuner. NINA Rapport 1004.* 2013.

15. **Husby, M.** *Predasjon på fuglereir i ulike avstander fra Skjørdalen avfallsdeponi, Verdal kommune, Nord-Trøndelag. HiNT rapport nr. 36.* s.l. : HiNT, 2006.

16. —. *Ornitologisk rapport med forslag til forvaltningstiltak for Eidsbotn fuglefredningsområde i Levanger kommune.* Steinkjer : Fylkesmannen i Nord-Trøndelag miljøvernavdelingen, 1997. 1-1997.

17. **Husby, M. og Reinsborg, T.** *Ornitologisk rapport for Eidsbotn og Levangersundet, med bestandsendringer fra 1996 til 2015. HiNT Utredning nr 179.* Steinkjer : HiNT, 2015.

18. **Lindström, Å., et al.** Population trends of waders on their boreal and arctic breeding grounds in northern Europe. *Wader Study.* 126, 2019.

19. **Husby, M.** Fuglelivet i elveutløp, strand- og fjæreområder. [bokforf.] E. Sakshaug og J.A. Sneli. *Trondheimsfjorden.* Trondheim : Tapir forlag, 2000.

20. **Svorkmo-Lundberg, T., et al.** *Norsk VinterfuglAtlas. Fuglenes utbredelse, bestandsstørelse og økologi vinterstid.* Trondheim : s.n., 2006.

21. **Stokke, B.G., et al.** Fugler Aves - Norge. Norsk rødliste for arter. [Internett] Artsdatabanken, 2021. https://artsdatabanken.no/lister/rodlisteforarter/2021/.

22. **Kålås, J.A., et al.** Norsk rødliste for fugl 2015 (Norge og Svalbard). [bokforf.] S. Henriksen og O. Hilmo.

23. **Heldbjerg, H.** *Svalbard Pink-footed Goose Population Status Report 2019-2020 (Anser brachyrhynchus).* Bonn : AEWA EGMP Technical Report No. 15, 2020.

24. **Thingstad, P.G., Bakken, T. og Stokland, Ø.** *Ramsarområdet Tautra med Svaet: Respons hos vannfugl og bunndyrfauna på bruåpningen i veimoloen ut til Tautra. NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 2015-7.* 2015.

25. **Frengen, O. og Thingstad, P.G.** *Kvalitative og kvantitative ornitologiske observasjoner fra Tautra. Notat fra Zoologisk avdeling 1990-3.* s.l. : Universitetet i Trondheim, Vitenskapsmuseet, 1990.

26. **Frengen, O. og Suul, J.** *Notat om fuglefaunaen på Tautra, Frosta kommune, Nord-Trøndelag Stensilert rapport: 10 s.* s.l. : UNIT, DKNVS, Museet, 1976.

27. **Frengen, O., et al.** Sjøfugltellinger i Trondheimsfjorden 1983. *Trøndersk Natur II.* 1984.

28. **Frengen, O., et al.** Vintertellinger av sjøfugl i Trondheimsfjorden 1979–88. *Trøndersk Natur.* 15, 1988.

29. **Follestad, A. og Runde, O.J.** *Sjøfugl og fiskeredskaper: gjenfunn av ringmerkede fugler. NINA Oppdragsmelding 350.* s.l. : NINA, 1995.

30. **Follestad, A., Moe, B. og Thomassen, J.** *Sammenstilling av eksisterende kunnskap om påvirkningsfaktorer og effekter på ærfugl og ærfugldrift i Vegaøyan verdensarvområde.* NINA rapport 1405. Trondheim : NINA, 2017.

31. **Shimmings, P. & Øien, I. J.** Bestandsestimater for norske hekkefugler. - NOF-rapport 2015-2. 268 s, 2015

32. **Lorentsen, S.-H. & Rofstad, G.** Registreringer av hekkende ærfugl i Trondheimsfjorden våren 1982. Stensil 38 s, 1982



Foto: Magne Husby

KAPITTEL 10: FYSISKE INNGREP, MENNESKELIG AKTIVITET OG SAMLET PÅVIRKNING PÅ VIKTIGE NATUROMRÅDER

Forfattere: Frank Hanssen, Elisabet Forsgren og Arne Follestad (NINA)

Formålet med denne rapporten er å gi et overordnet estimat på fysiske inngreps mulige påvirkning av viktige naturområder i Trondheimsfjorden. Våre funn viser at selv om de fysiske inngrepenes samlede fotavtrykk i fjorden er lavt (2%), kan mer enn halvparten av fjordens areal betegnes som inngrepsnært, det vil si nærmere enn 1 km fra fysiske inngrep (55%). Mulig påvirkning av viktige naturområder ble analysert som en funksjon av inngrepenes påvirkningsgrad, og naturområdenes forekomst og sårbarhet for inngrep. Av de naturområdene vi har analysert fant vi at fjordens lakseelver (estuarier) og ålegrasenger kan betegnes som middels påvirket av fysiske inngrep, med henholdsvis 88% og 85% nedbygd/inngrepsnært areal. Flere lakseelver (estuarier) kan i tillegg være middels påvirket av båttrafikk ut og inn fra småbåt- og skipshavner, samt avrenning fra landbruk og bebyggelse. Naturvernområder, gyteområder og korallrev kan alle betegnes som mindre påvirket av fysiske inngrep, båttrafikk og avrenning, med henholdsvis 63%, 42% og 25% nedbygd/inngrepsnært areal. Selv om vår analyse er overordnet egner resultatene seg likevel godt som kunnskapsgrunnlag for fremtidige konsekvensutredninger, arealplanlegging, vern og forvaltning av fjordens naturområder. Vi anbefaler at Fylkeskommunen utfører tilsvarende utredninger i fremtiden, og at offentlige etater i mye større grad prioriterer arbeidet med å sikre og tilgjengeliggjøre historiske inngrepsdata.

Introduksjon

Oppdragets målsetning er å estimere fysiske inngreps påvirkning av viktige naturområder i Trondheimsfjorden. Vi har løst oppdraget ved å beregne samlet påvirkning medio 2022 på grunnlag av offentlig tilgjengelige kartdata. Vår opprinnelige plan var å gjøre en tilsvarende analyse av før-situasjonen, men pga. manglende tilgang på sammenlignbare historiske kartdata måtte vi begrense oss til å illustrere påvirkning over tid for utvalgte områder ved hjelp av flyfoto (ortofoto) fra fortid og nåtid.

Innenfor rammen av prosjektet har vi begrenset oss til å estimere samlet påvirkning av eksisterende og foreslåtte naturvernområder samt registrerte gyteområder, ålegrasenger, korallrev og lakseelvestuarier. Det ligger utenfor oppdragets ramme å gi en detaljert beskrivelse av årsakssammenhenger og faktisk påvirkning på arts-, habitat- og økosystemnivå. Naturlig variasjon og stokastiske faktorer (1) kombinert med effekten av inngrepenes egenart, omfang,

topografi og dybdeforhold gjør dette vanskelig å måle (2). Videre er det vanskelig å gi en eksakt avgrensning av inngrepenes reelle influensområde da ethvert inngrep sannsynligvis har ulike påvirkningseffekter knyttet til inngrepets type og omfang, naturområdenes økologiske tilstand og lokale variasjoner i strømforhold, terreng- og dybdeforhold. Som en forenklet tilnærming, har vi derfor valgt å bruke Miljødirektoratets definisjon av inngrepsfri natur, og avgrenset influensområdet til å være innenfor 1 kilometer fra inngrep (også kalt inngrepsnært areal) (2).

Hovedfokuset vårt har vært direkte fysiske inngrep i kystsonen og på sjøbunnen. I tillegg har vi, for å synliggjøre at fysiske inngrep ikke bare har en direkte påvirkningseffekt i form av habitattap, fragmentering og generell påvirkning, også estimert noen indirekte påvirkningsfaktorer. Småbåt- og skipstrafikk knyttet til småbåthavner og større havner medfører ferdsel, støy og risiko for introduksjon av fremmede marine arter. Skipstrafikk er den viktigste spredningsveien for marine fremmede arter i Europa (3) og for en samlet kunnskapsoversikt over mulige vektorer for introduksjon av fremmede marine arter i Norge viser vi til rapporten «*Alien marine species in Norway*» (4). Vi har også estimert indirekte påvirkning i form av avrenning knyttet til landbruk og befolkningstetthet i nedbørsfelt som drenerer ut i Trondheimsfjorden, som et mål på generell negativ påvirkning av vannkvalitet. Metodikken for estimering av samlet påvirkning gir ingen mål på hvor sterk den romlige sammenhengen, også kalt konnektivitet, er innenfor og mellom habitater. På grunn av de siste tiårenes økte fragmentering, ødeleggelse og tap av naturlige habitater, har betydningen av høy konnektivitet og økologiske korridorer blitt stadig viktigere. Å kunne måle graden av konnektivitet har derfor blitt et stadig viktigere verktøy for bedre forvaltning, vedlikehold og restaurering av habitater og økologiske korridorer, ikke minst for å sikre biologisk mangfold, økosystemfunksjoner, økologisk motstandskraft og klima- og sykdomsresistens (5).

Det er viktig å understreke at våre estimater kun gir et overordnet mål på generell og mulig påvirkning, og konnektivitet. For å kunne si noe mer detaljert om faktisk påvirkning og påfølgende endring av naturområdenes økologiske tilstand, vil det kreves inngående feltundersøkelser og mer omfattende analyser. Det er likevel vårt håp at denne rapporten kan bidra til å gi en overordnet forståelse av hvilke naturområder som kan være mest påvirket.

Metodikk

Vi har brukt tilgjengelige kartdata og ortofoto fra www.geonorge.no og www.norgeibilder.no (2021/2022) for informasjon om fysiske inngrep som fritidsbebyggelse, by- og tettbebyggelse, flyplasser, veier, bane, broer, ledningsnett, anleggsområder, industriområder, grustak, steintipper, moloer, pirer, kaier, brygger, ramper, spuntvegger, dokker, slipper, taretråling, fortøyningskabler, rørledninger, undervannskabler, skipsvrak, utstikkere, utfyllinger, mudringsområder, utslippspunkt for sanitært/industrielt avløpsvann og overflatevann fra renseanlegg, ankringsområder og forankring av skalldyr- og settefiskanlegg. For å estimere indirekte påvirkning fra småbåt- og skipstrafikk har vi brukt Kystverkets aggregerte AIS- trafikkdata (Automatic Identification System) fra 2020 og havnestatistikk fra Marine Traffic 2021. Påvirkning fra avrenning og befolkningstetthet er estimert ut fra AR50 markslagsdata fra 2022 (Norsk institutt for Bioøkonomi), befolkningsstatistikk fra 2022 (Statistisk Sentralbyrå) og nedbørsfelt fra 2022 (Norges vassdrags- og energidirektorat). Informasjon om viktige

naturområder i Trondheimsfjorden (type område, verneformål og forekomst) er hentet fra Naturbase (Miljødirektoratet) og Yggdrasil (Fiskeridirektoratet).

For å lage statistikk over *inngrepenes fotavtrykk, inngrepsnære og inngrepsfrie deler av fjordbassenget* har vi benyttet Miljødirektoratets definisjon av inngrepsfri natur (2). Vi har brukt internasjonal metodikk for estimering av *samlet påvirkning* (Cumulative Impact Assessment) (6) (7) (8) (9). Denne metodikken er mye brukt i internasjonale konsekvensutredninger og gir et estimert mål på samlet påvirkning langs en indeksskala fra lav påvirkning (indeks 0) til høy påvirkning (indeks 1). Se Boks 1 for detaljer om beregningene. Som et mål på naturområdenes romlige sammenheng og nettverks-struktur, har vi beregnet *strukturell konnektivitet* (10) (11) på grunnlag av naturområdenes forekomst og romlige fordeling, uten å ta hensyn til lokale arters/artsgruppers evne til å spre seg mellom naturområdene og rundt omkring i fjorden. Dette konnektivitetsmålet må derfor ikke forveksles med funksjonell konnektivitet, som beskriver økologiske prosesser og organismenes faktiske mulighet til å bevege/spre seg mellom habitatene.

Mer om metoden for beregning av påvirkning

Påvirkningen av en inngrepstype (I_s) regnes som en funksjon av inngrepets påvirkningsgrad (D_j), samt naturområdenes forekomst (E_i) og sårbarhet (μ_{ij}). Vi har gjort en overordnet ekspertvurdering av natur-områdenes sårbarhet (μ_{ij}) langs en ordinal måleskala (lav, middels til høy) på grunnlag av dokumenterte naturverdier, verneformål (for naturvernområder) og truethet (se **Vedlegg 10.1**). Den direkte påvirkningsgraden av fysiske inngrep i kystsonen (D_j) er beregnet på grunnlag av normalisert avstand fra inngrepet målt langs havoverflaten og korrigert for dybde. Den direkte påvirkningsgraden av fysiske inngrep på sjøbunnen (D_j) er beregnet på grunnlag av normalisert avstand fra inngrepet målt langs sjøbunnen. Den indirekte påvirknings-graden (D_j) fra småbåt- og skipstrafikk er gitt av normalisert trafikktetthet korrigert for dybde, mens den indirekte påvirkningsgraden (D_j) av avrenning er beregnet på grunnlag av normalisert horisontalavstand fra elvemunningen målt langs havoverflaten, korrigert for dybde og vektet mot normalisert andel dyrket mark og befolkningstetthet per nedbørsfelt (for alle elver som drenerer til Trondheimsfjorden).

Beregningene av påvirkning er gitt av formel 1 og 2.

Påvirkning (I_s) fra en inngrepstype er gitt ved: $I_s = D_j \, x \, E_i \, x \, \mu_{ij}$

Samlet påvirkning (I_c) for alle inngrepstyper er gitt ved: $I_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} I_s}{n}$

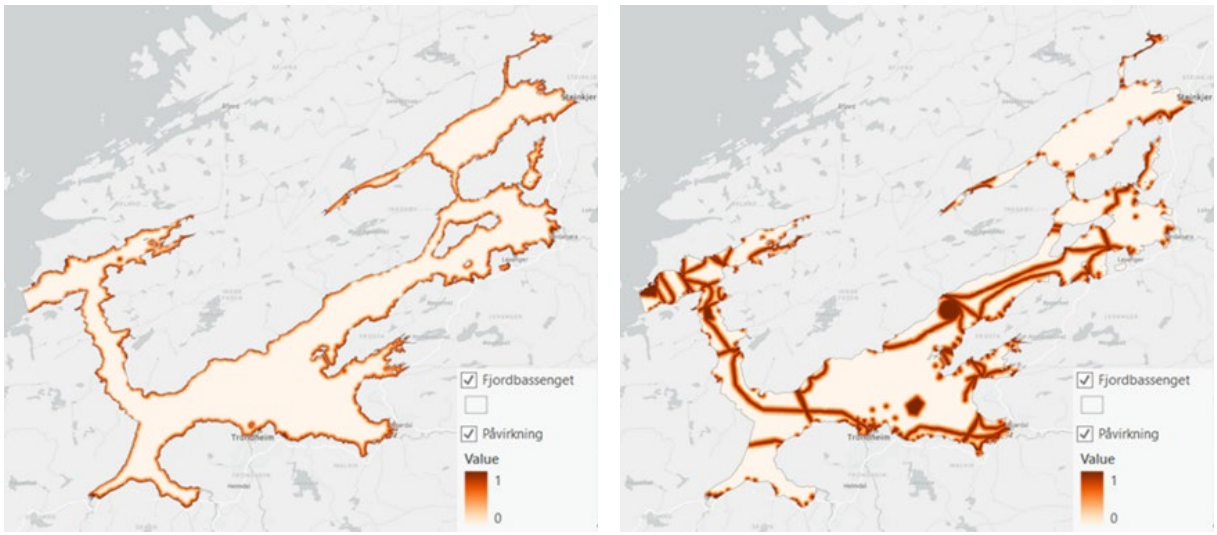
Resultater

Direkte påvirkningsfaktorer - fysiske inngrep

Vi definerer *kystsonen* som en 100-meters strandsone inkludert tørrfallsområdene (områder grunnere enn 0.5 meter), mens *sjøbunnen* defineres som områder dypere enn 0.5 meter. Estimert påvirkningsgrad (D_j) for fysiske inngrep i hhv. kystsonen og på sjøbunnen er fremstilt i figur 1.

- *Påvirkningsgraden for inngrep i kystsonen* er størst nær inngrepet og avtar gradvis fra inngrepet med økt horisontalavstand og dyp. Stort sett hele kysten langs Trondheimsfjorden er påvirket (figur 1, venstre kart).

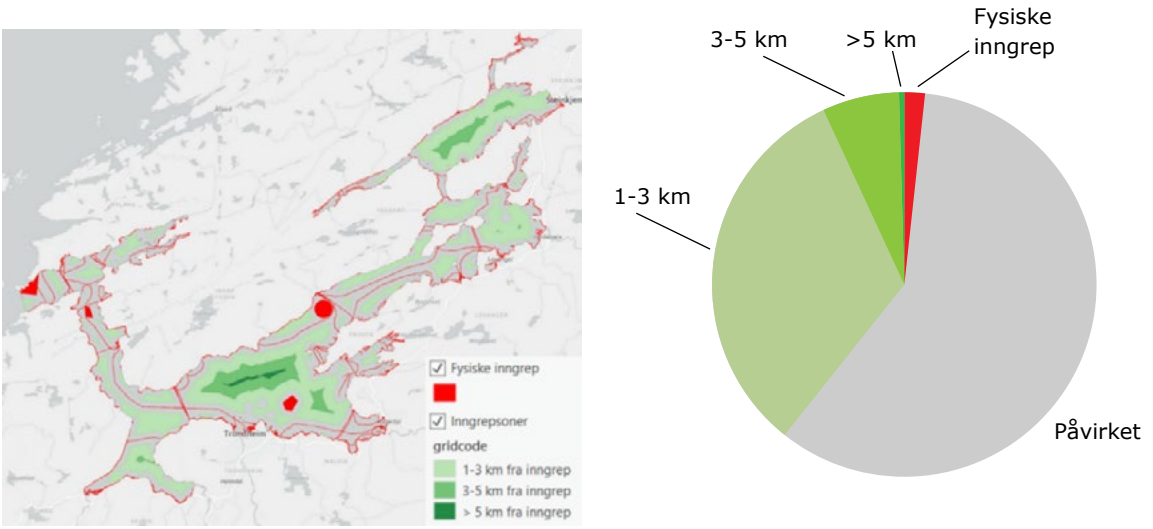
- *Påvirkningsgraden for fysiske inngrep på sjøbunnen* er størst nær inngrepet og avtar gradvis fra inngrepet med økt avstand langs sjøbunnen. Det er påvirkning i flere områder, både nært kystsonen og lenger ut i fjordbassenget (figur 1, høyre kart).



Figur 1: Estimert påvirkningsgrad for direkte fysiske inngrep i kystsonen (venstre kart) og på sjøbunnen (høyre kart) av Trondheimsfjorden, på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy)

Direkte påvirket areal

Det samlede fotavtrykket fra de fysiske inngrepene utgjør i seg selv ca. *2%* (33.3 km2) av hele fjordbassengets areal (1576.2 km^2). Om en legger til grunn Miljødirektoratets definisjon av inngrepsfri natur kan ca. *55%* (892.57 km») av fjorden regnes som inngrepsnært areal mens de resterende 43% (683.6 km^2) kan regnes som inngrepsfritt areal (figur 2).

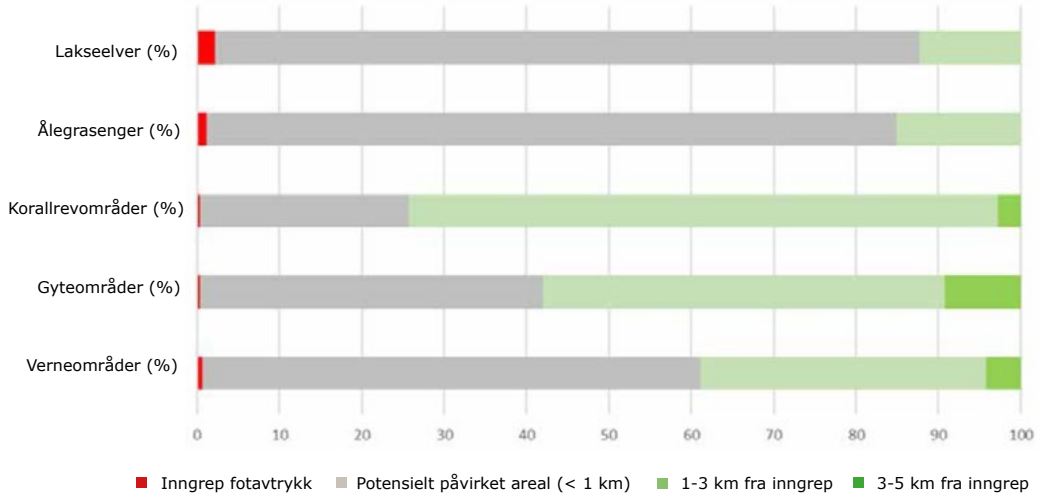


Figur 2: Fotavtrykk fra fysiske inngrep i kystsonen og på sjøbunnen i Trondheimsfjorden (rød), inngrepsnært areal (<1 km fra inngrep, grå) og inngrepsfrie områder (for hhv. 1-3 km, 3-5 km og >5 km fra inngrep, grønt).

Tabell 1 og Figur 3 viser relativ arealfordeling per naturkategori innenfor de ulike avstandssonene til fysiske inngrep. Dette viser at lakseelv-estuarier og ålegrasenger overlapper mest med influenssonen til fysiske inngrep.

Tabell 1: Relativ arealfordeling per naturområde-kategori innenfor ulike avstandssoner.

	Vern	Gyteområder	Korallrev	Ålegrasenger	Lakseelver
Inngrep fotavtrykk	0.60 %	0.36 %	0.36 %	1.11 %	2.14 %
< 1 km fra inngrep	60.47 %	41.68 %	25.30 %	83.78 %	85.56 %
1-3 km fra inngrep	34.73 %	48.77 %	71.61 %	15.11 %	12.30 %
3-5 km fra inngrep	4.20 %	9.18 %	2.73 %	0.00 %	0.00 %
> 5 km fra inngrep	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %
Sum	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %



Figur 3: Relativ arealfordeling per naturområde-kategori innenfor ulike avstands-soner fra fysiske inngrep (tall på X-aksen viser %)

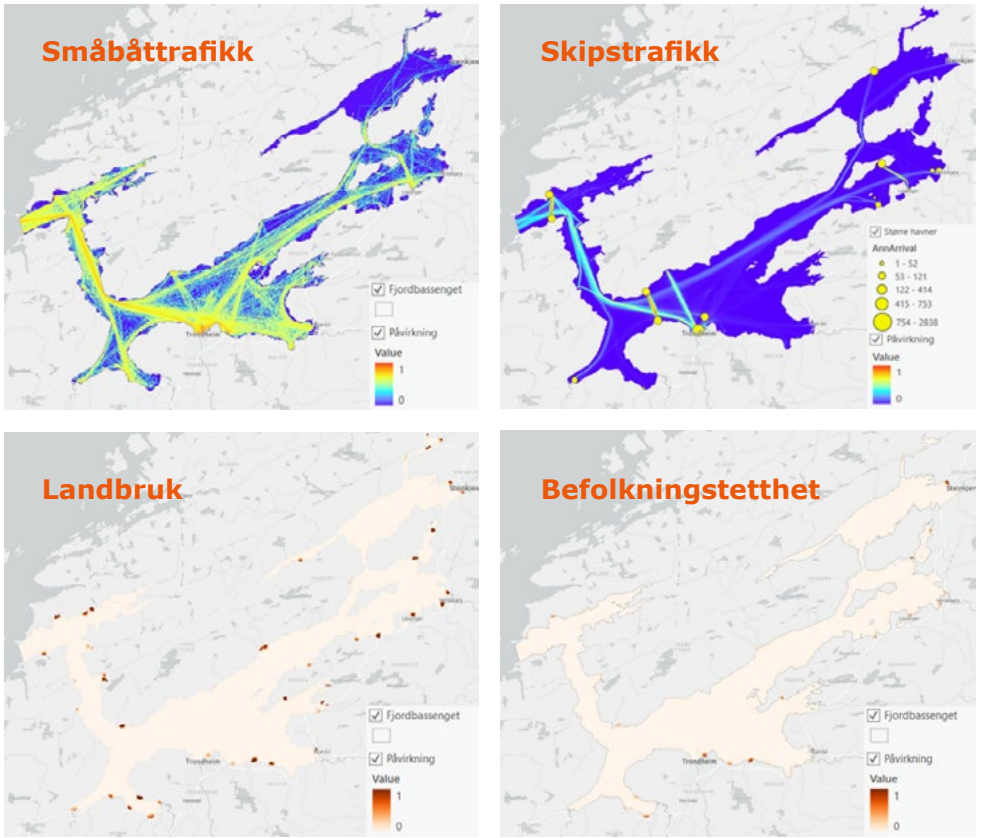
Indirekte påvirkningsfaktorer - båttrafikk, landbruk og befolkningstetthet

Estimert påvirkningsgrad (D_j) for indirekte effekter av hhv. småbåttrafikk, skipstrafikk og avrenning fra landbruk og befolkningstetthet er fremstilt i Figur 4.

- *Påvirkningsgraden for småbåttrafikk* (basert på AIS-B data, Kystverket 2020) er et mål på generell, mulig forstyrrelse og viser at store deler av fjordbassenget er påvirket (Figur 4, øverste kart til venstre). Småbåttrafikk kan også ha andre konsekvenser, som spredning av fremmede arter, selv om vi ikke har fokusert på det her. Mesteparten av småbåttrafikken i Trondheimsfjorden er trolig regional.

- *Påvirkningsgraden for skipstrafikk* (basert på AIS-A data, Kystverket 2020) er et mål på generell, mulig forstyrrelse og risiko for spredning av fremmede marine arter, og viser en konsentrasjon til skipsleier, hvor leia inn til Trondheim havn er den største (Figur 4, øverste kart til høyre). Sistnevnte kart har også en visualisering av antall årlige skipsanløp per havn for å illustrere hvilke havner som kan være mest utsatt for etablering og spredning av fremmede marine arter (Marine Traffic, 2021).

- *Påvirkningsgraden for avrenning fra landbruk og befolkningstetthet* er et mål på mulig negativ påvirkning av vannkvalitet ved utløpet av vassdrag som drenerer ut i Trondheimsfjorden (Figur 4, nederste kart til venstre og til høyre). Det må understrekes at de to sistnevnte kartene ikke er korrigerte for vannføring og lokale strømforhold.



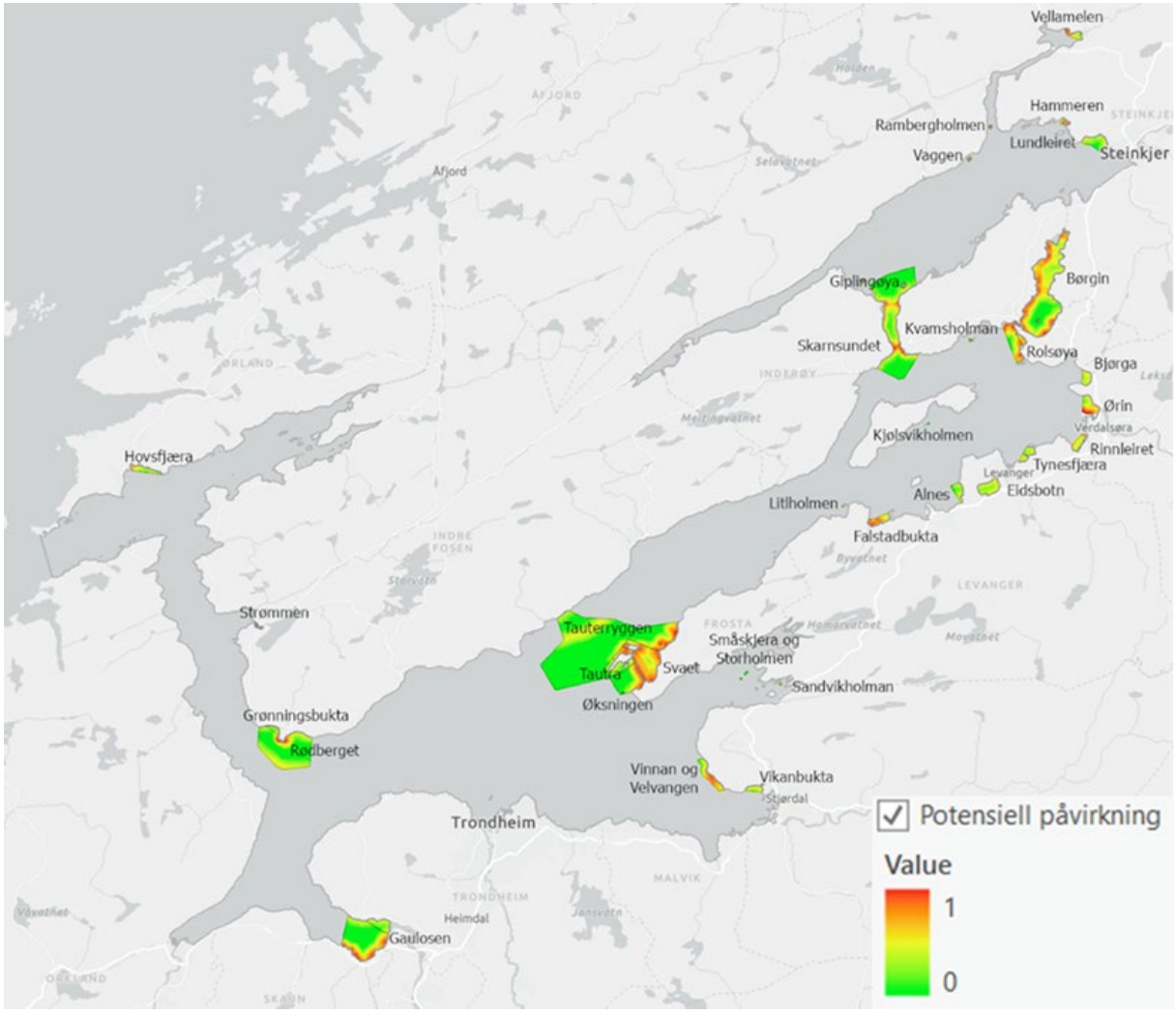
Figur 4: Estimert påvirkningsgrad for indirekte påvirkningsfaktorer som småbåttrafikk, skipstrafikk, avrenning fra landbruk og befolkningstetthet, på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy).

Nærmere beskrivelse av påvirkninger for ulike naturkategorier

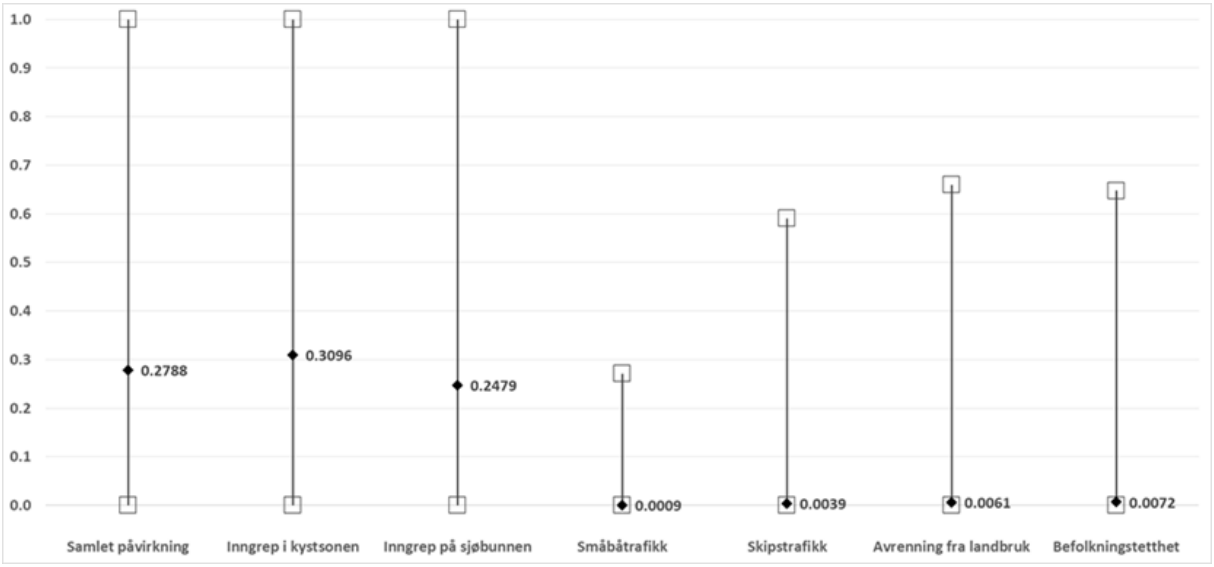
I dette kapittelet gir vi en nærmere beskrivelse av påvirkninger for naturkategoriene 1) naturvernområder 2) gyteområder 3) korallrev 4) ålegrasenger og 5) lakseelver (estuarier).

1) Naturvernområder: Påvirkning og strukturell konnektivitet (2022)

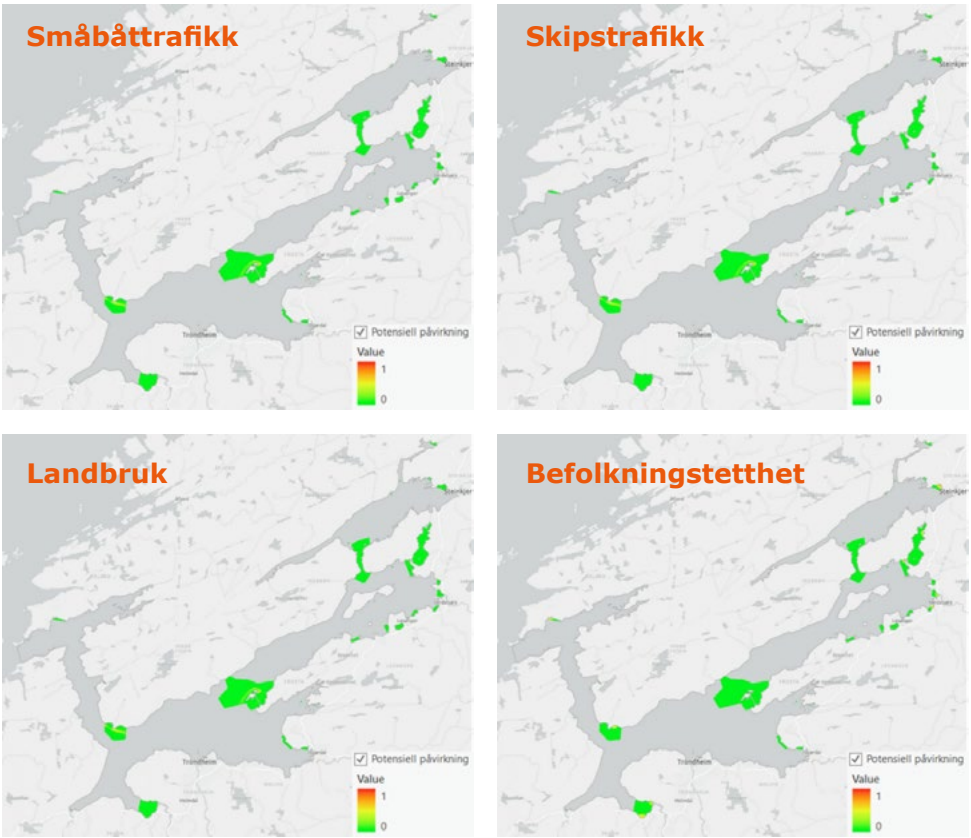
Selv om ca. 60% av eksisterende og foreslått vernet areal er inngrepsnært, er den samlede påvirkningen av direkte fysiske inngrep på fjordens 35 verneområder (figurene 5, 6 og **Vedlegg 10.2**) relativt lav (0.28). Flere naturvernområder er likevel over middels påvirket (**Vedlegg 10.2**). Om en ser på påvirkning per verneformål er påvirkningen størst for dyrefredningsområdene (gjennomsnitt på 0.46), noe lavere for naturreservatene (0.39) og de marine verneområdene (0.23), og lavest for biotopvernområdene (0.18). Naturvernområdene er ikke nevneverdig påvirket av båttrafikk og avrenning (figur 7).



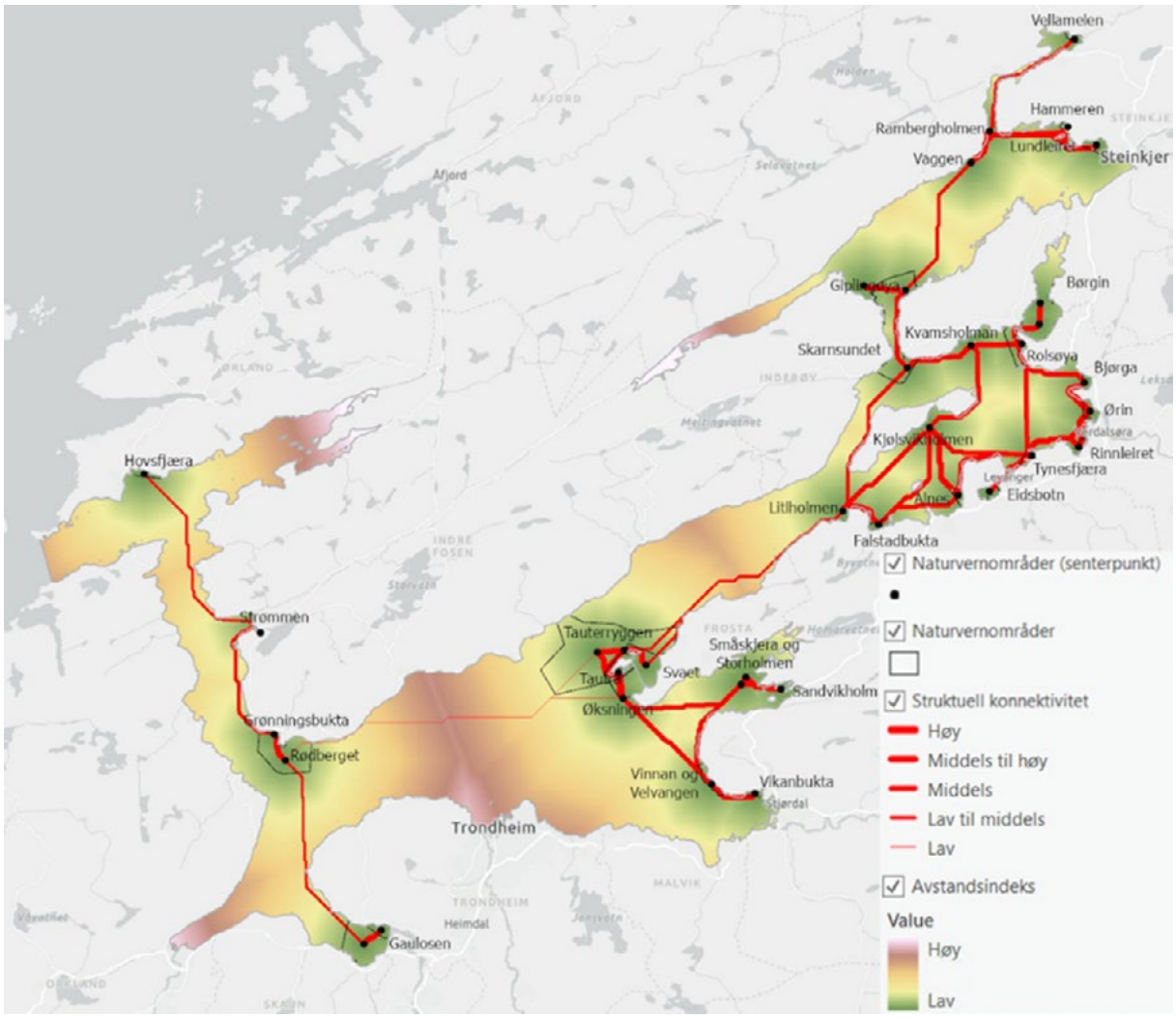
Figur 5: Samlet påvirkning av eksisterende og foreslåtte naturvernområder fra direkte fysiske inngrep i kystsonen og på sjøbunnen på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy)



Figur 6: Direkte og indirekte påvirkning av eksisterende og foreslåtte naturvernområder i Trondheimsfjorden på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy). Figuren viser gjennomsnittsverdier (sort punktsymbol) og variasjon (min. og maks.) for hhv. samlet direkte påvirkning, direkte påvirkning av kystsonen og sjøbunnen, samt indirekte påvirkning per inngrepstype.



Figur 7: Påvirkning av eksisterende og foreslåtte naturvernområder fra indirekte påvirkningsfaktorer som småbåttrafikk, skipstrafikk, avrenning fra landbruk og befolkningstetthet, på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy).

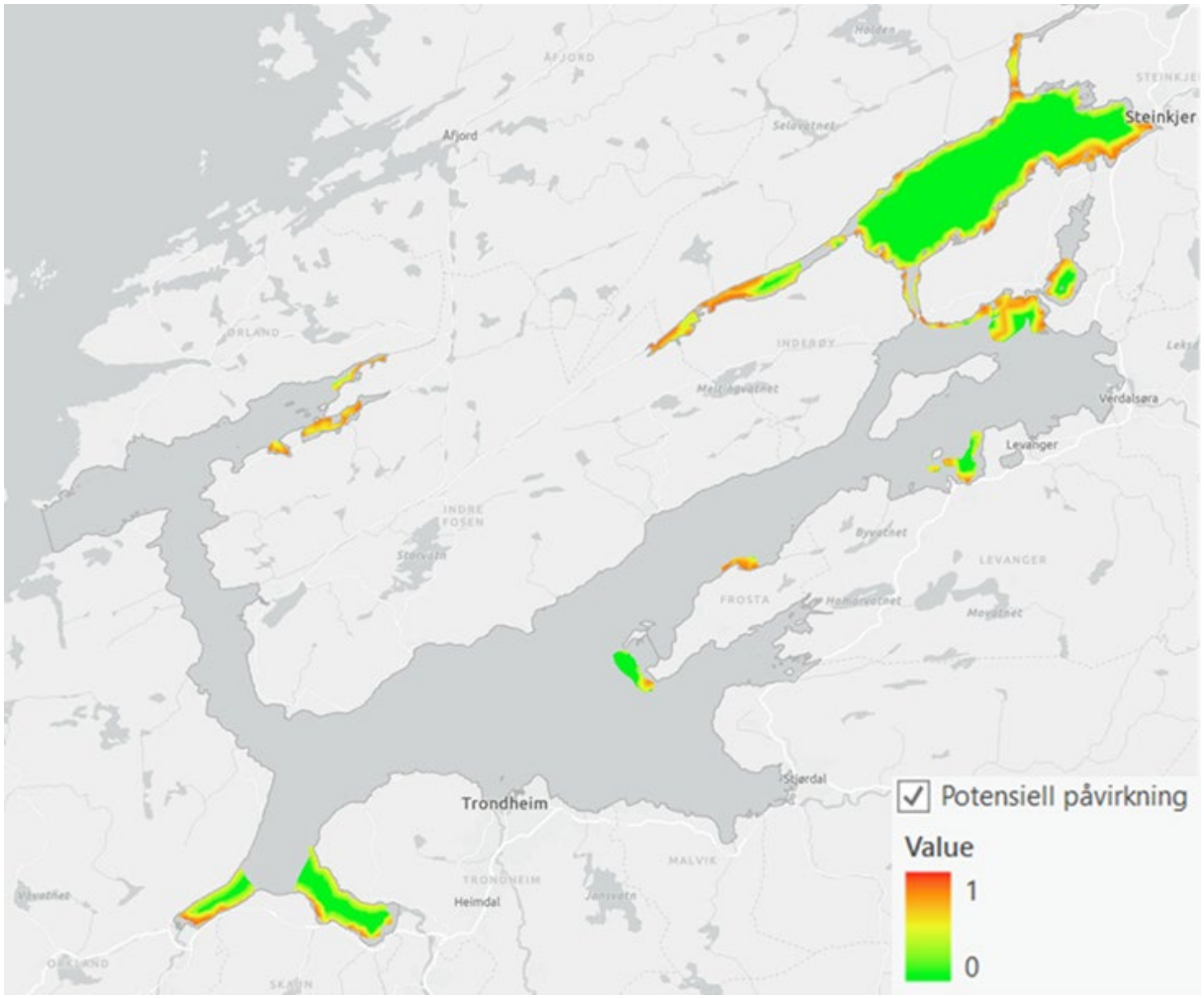


Figur 8: Strukturell konnektivitet mellom naturvernområdene i Trondheimsfjorden.

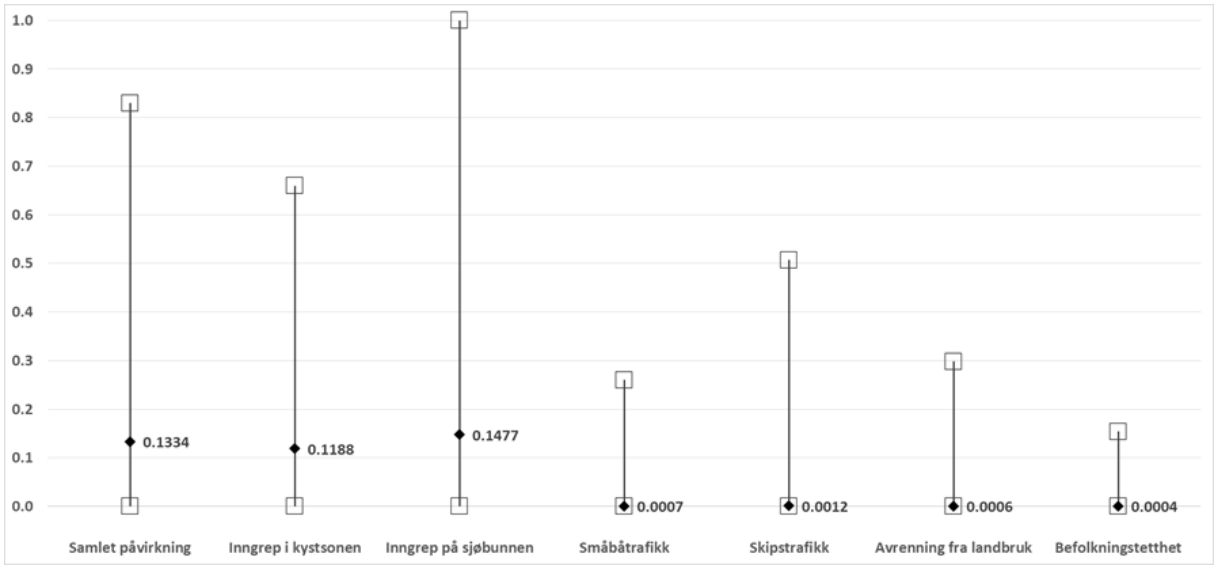
Den strukturelle konnektiviteten mellom naturvernområdene i midtre og indre deler av fjorden er høy, hvilket tyder på at de henger godt sammen (figur 8). Andre områder i fjorden har lav til middels konnektivitet.

2) Gyteområder: Påvirkning og strukturell konnektivitet (2022)

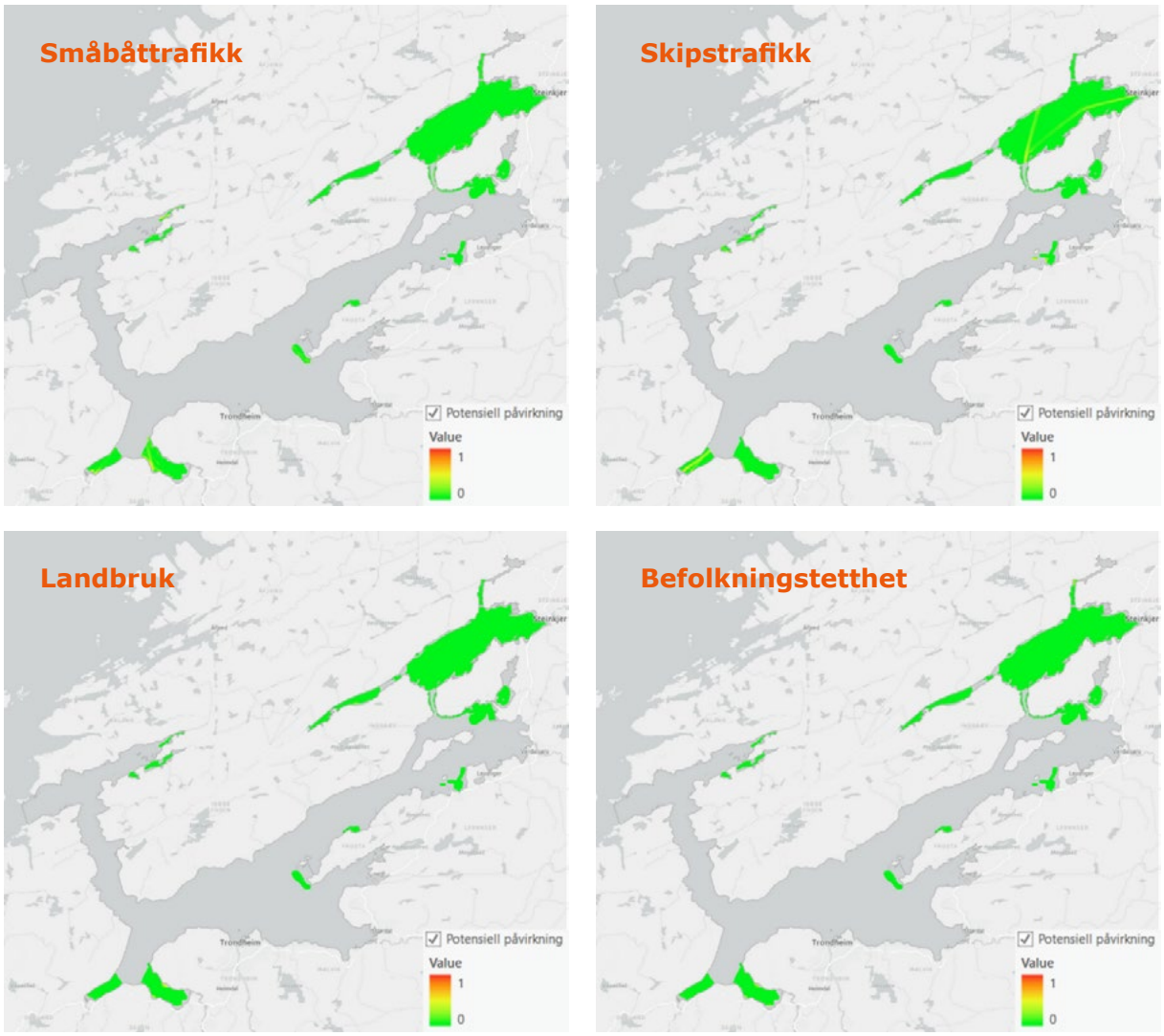
Samlet påvirkning av direkte fysiske inngrep på fjordens 40 registrerte gyteområder er lav (0.13) (figur 9, 10 og Vedlegg 10.3), men gyteområdene for torsk ved Fånes, Frosta kommune, og flere gyteområder for sild i Inderøy kommune er mer enn middels påvirket. Påvirkningen er størst for de svært viktige gyteområdene (0.35) og de viktige gyteområdene (0.33), og lavest for de 9 lokalt viktige gyteområdene (0.09). Gyteområdene er generelt relativt lite påvirket av småbåttrafikk, skipstrafikk og avrenning (figur 11).



Figur 9: Samlet påvirkning av registrerte gyteområder fra direkte fysiske inngrep i kystsonen og på sjøbunnen av Trondheimsfjorden på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy)

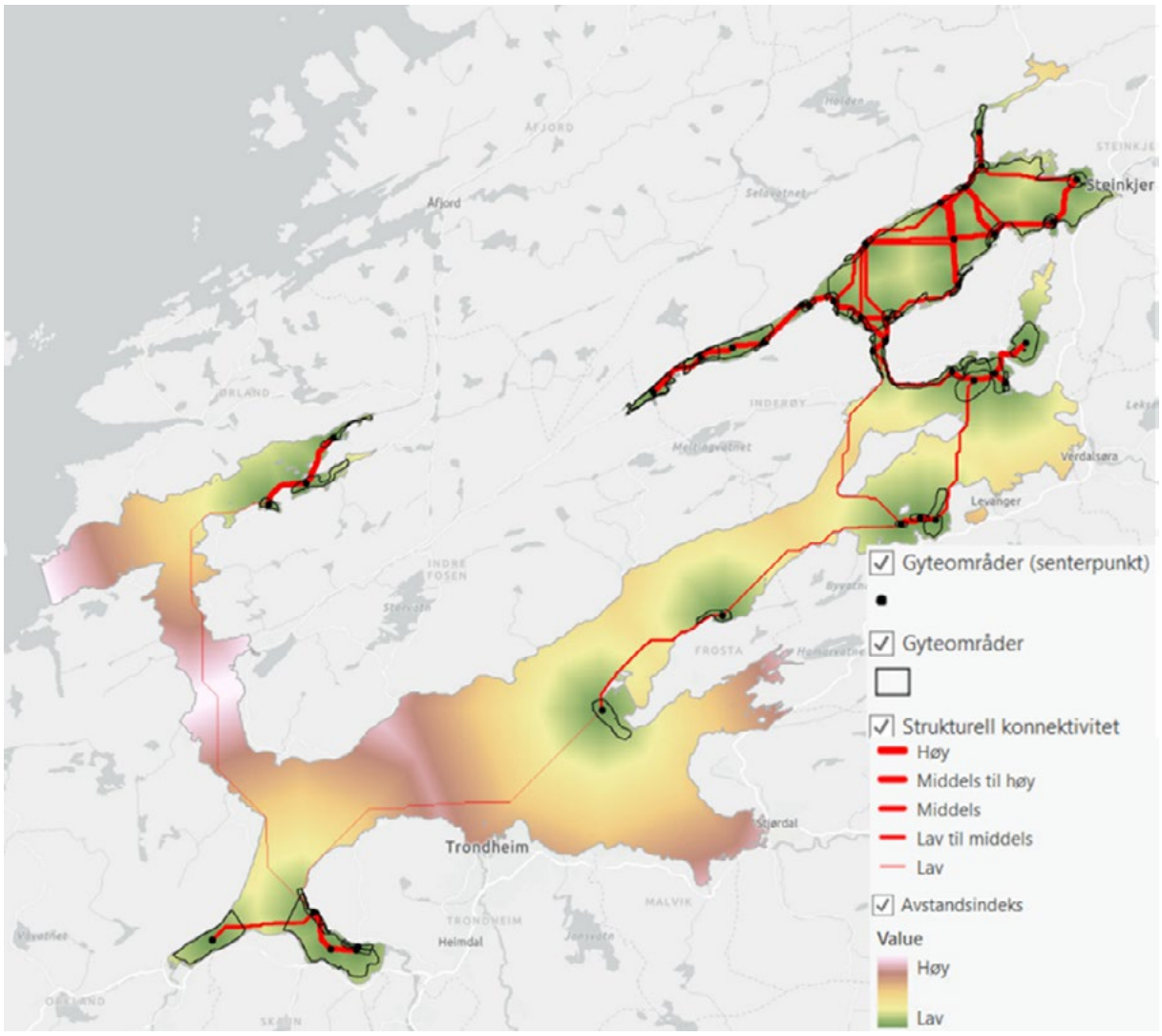


Figur 10: Direkte og indirekte påvirkning av registrerte gyteområder i Trondheimsfjorden på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy). Figuren viser gjennomsnittsverdier (sort punktsymbol) og variasjon (min. og maks.) for hhv. samlet direkte påvirkning, direkte påvirkning av kystsonen og sjøbunnen, samt indirekte påvirkning per inngrepstype.



Figur 11: Påvirkning av registrerte gyteområder fra indirekte påvirkningsfaktorer som småbåttrafikk, skipstrafikk, avrenning fra landbruk og befolkningstetthet, på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy).

Konnektiviteten, eller den romlige sammenhengen, er høyest mellom gyteområdene i Beitstadfjorden, Verrasundet, utenfor Straumen, i Børgin, i Orkdalsfjorden, i Gaulosen og i Nordfjorden fra Frengsbukta innover mot Råkvåg (figur 12).



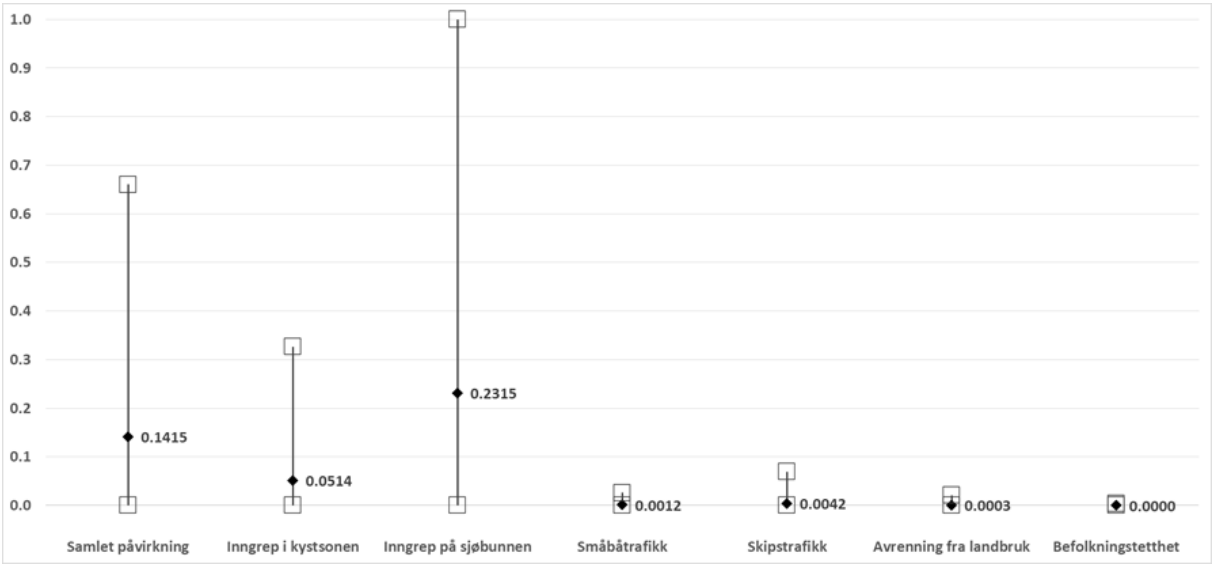
Figur 12: Strukturell konnektivitet mellom gyteområdene i Trondheimsfjorden

3) Korallrev: Påvirkning og strukturell konnektivitet (2022)

Samlet påvirkning av direkte fysiske inngrep på fjordens 256 registrerte korallrev er lav (0.14) (figur 13 og 14). Som forventet er det særlig inngrep på sjøbunnen som påvirker mest (0.23). Korallrevene er generelt relativt upåvirket av småbåttrafikk, skipstrafikk, avrenning fra landbruk og befolkningstetthet (figur 15).



Figur 13: Samlet påvirkning av registrerte korallrev fra direkte fysiske inngrep i kystsonen og på sjøbunnen av Trondheimsfjorden på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy)

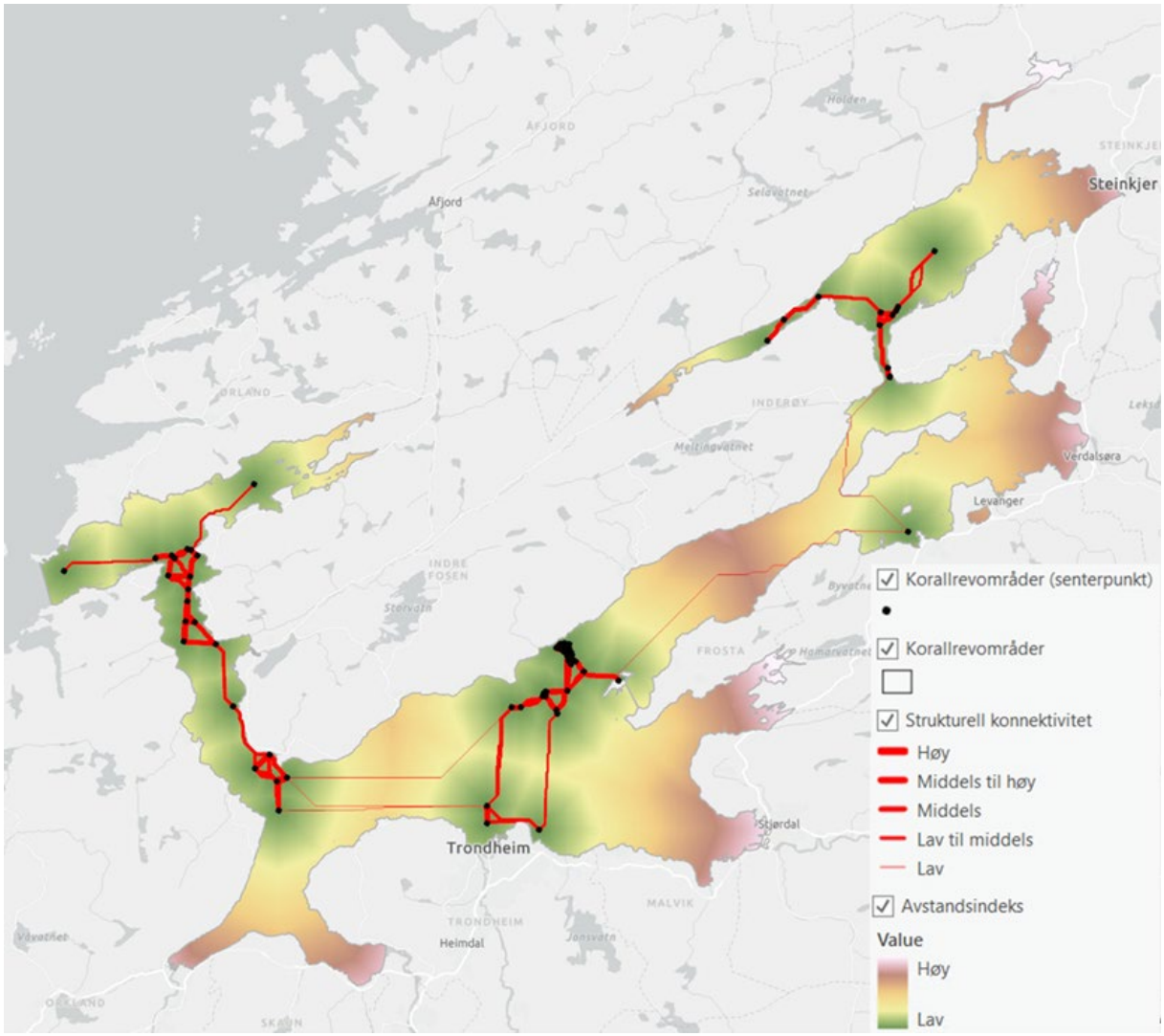


Figur 14: Direkte og indirekte påvirkning av registrerte korallrev i Trondheimsfjorden på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy). Figuren viser gjennomsnittsverdier (sort punktsymbol) og variasjon (min. og maks.) for hhv. samlet direkte påvirkning, direkte påvirkning av kystsonen og sjøbunnen, samt indirekte påvirkning per inngrepstype.



Figur 15: Påvirkning av registrerte korallrev fra indirekte påvirkningsfaktorer som småbåttrafikk, skipstrafikk, avrenning fra landbruk og befolkningstetthet, på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy).

Konnektiviteten, eller den romlige sammenhengen mellom korallrevområder, er høyest i ytre, midtre og indre del av Trondheimsfjorden (figur 16). Konnektiviteten mellom korallrev som ligger utenom disse klyngene er lav.



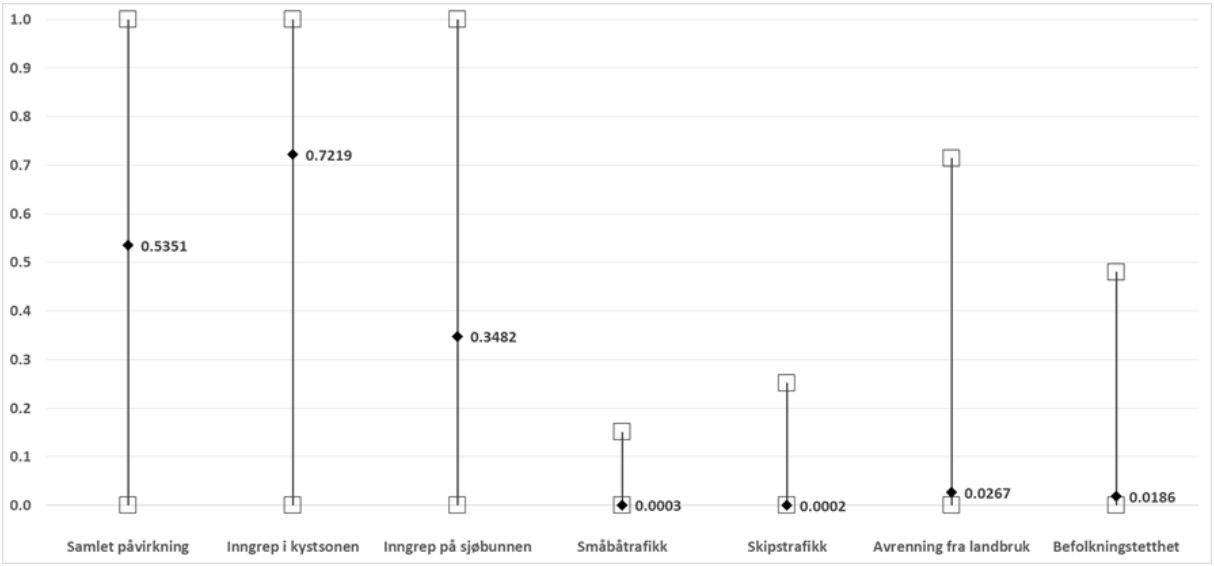
Figur 16: Strukturell konnektivitet mellom korallrevområder i Trondheimsfjorden.

4) Ålegrasenger: Påvirkning og strukturell konnektivitet (2022)

Samlet påvirkning av direkte fysiske inngrep på fjordens 80 registrerte ålegrasenger er over middels (0.54) (figur 17, 18 og Vedlegg 10.4). Det er særlig inngrep i kystsonen som har størst påvirkningsgrad (0.72). Påvirkningen er størst for de svært viktige (0.49), de lokalt viktige (0.64), og de viktige ålegrasengene (0.65). Ålegrasengene er generelt relativt lite påvirket av småbåttrafikk, skipstrafikk og avrenning (figur 19).



Figur 17: Samlet påvirkning av registrerte ålegrasenger fra direkte fysiske inngrep i kystsonen og på sjøbunnen av Trondheimsfjorden på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy)

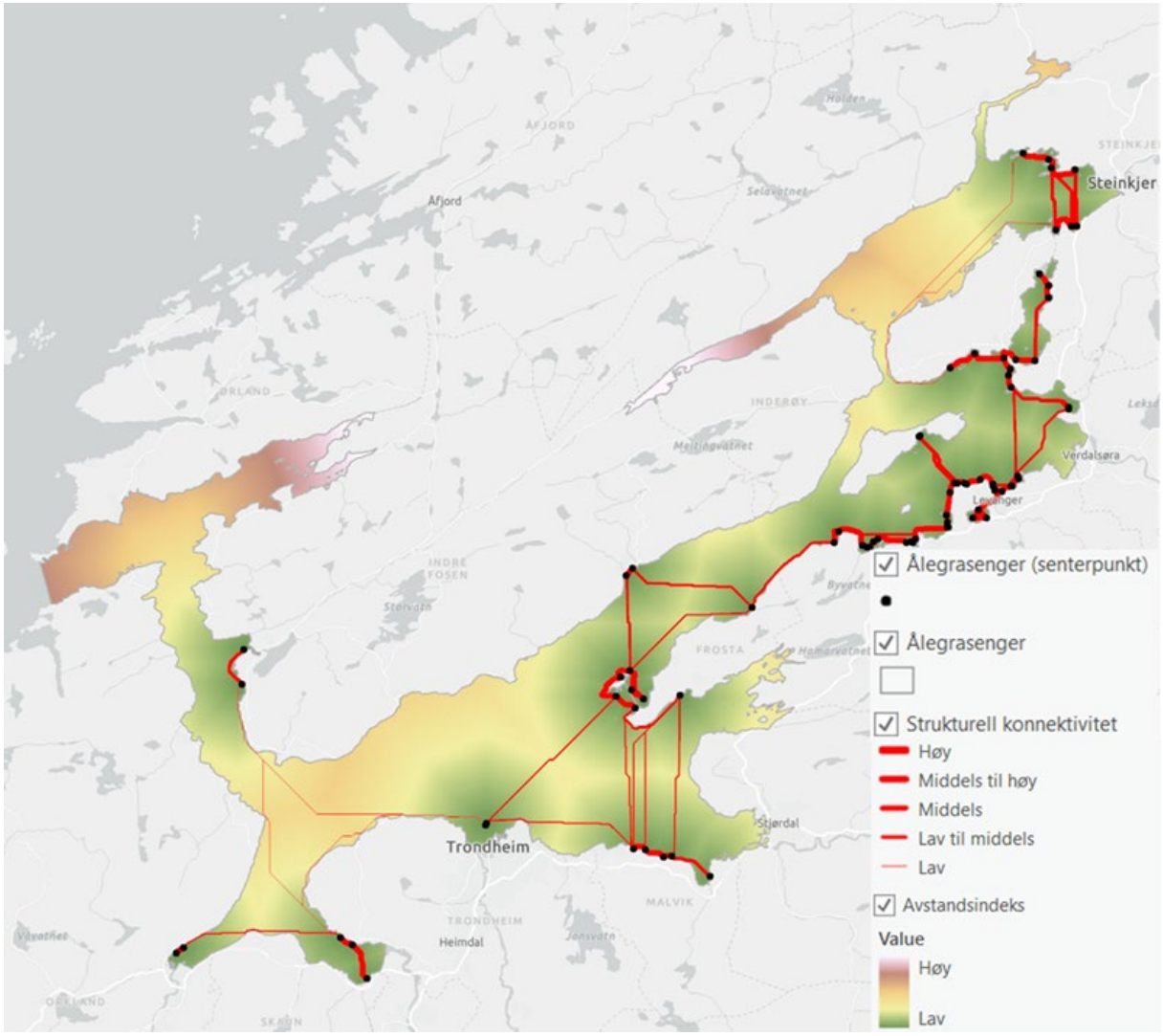


Figur 18: Direkte og indirekte påvirkning av registrerte ålegrasenger i Trondheimsfjorden på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy). Figuren viser gjennomsnittsverdier (sort punktsymbol) og variasjon (min. og maks.) for hhv. samlet direkte påvirkning, direkte påvirkning av kystsonen og sjøbunnen, samt indirekte påvirkning per inngrepstype.



Figur 19: Påvirkning av registrerte ålegrasenger fra indirekte påvirkningsfaktorer som småbåttrafikk, skipstrafikk, avrenning fra landbruk og befolkningstetthet, på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy).

Konnektiviteten er høyest mellom ålegrasengene i midtre og indre deler av fjorden (figur 20).



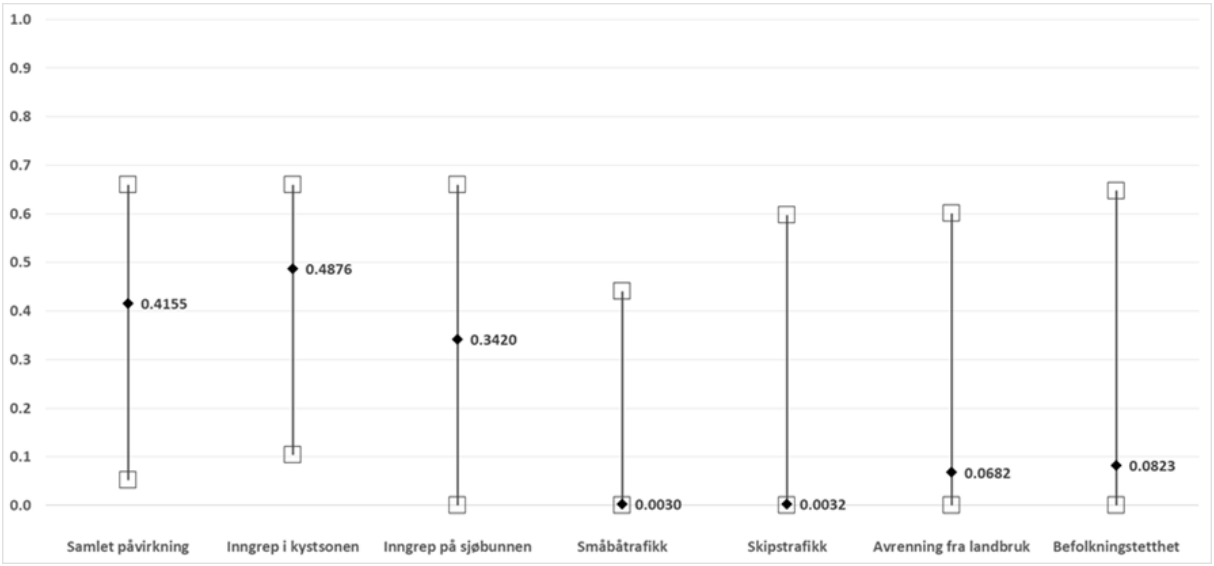
Figur 20: Strukturell konnektivitet mellom ålegrasenger i Trondheimsfjorden.

5) Lakseelver (estuarier): Påvirkning og strukturell konnektivitet (2022)

Samlet påvirkning av direkte fysiske inngrep på fjordens 63 lakseelvestuarier er i underkant av middels (0.42) (figur 21, 22 og **Vedlegg 10.5**), og flere lakseelver er over middels påvirket. Lakseelvesturariene er, med unntak av Nidelva og Ilavassdraget, generelt relativt upåvirket av småbåttrafikk og skipstrafikk. Avrenning påvirker enkelte lakseelvestuarier i middels til høy grad (se figur 23).



Figur 21: Samlet påvirkning av registrerte lakseelver (estuarier) fra direkte fysiske inngrep i kystsonen og på sjøbunnen av Trondheimsfjorden på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy)

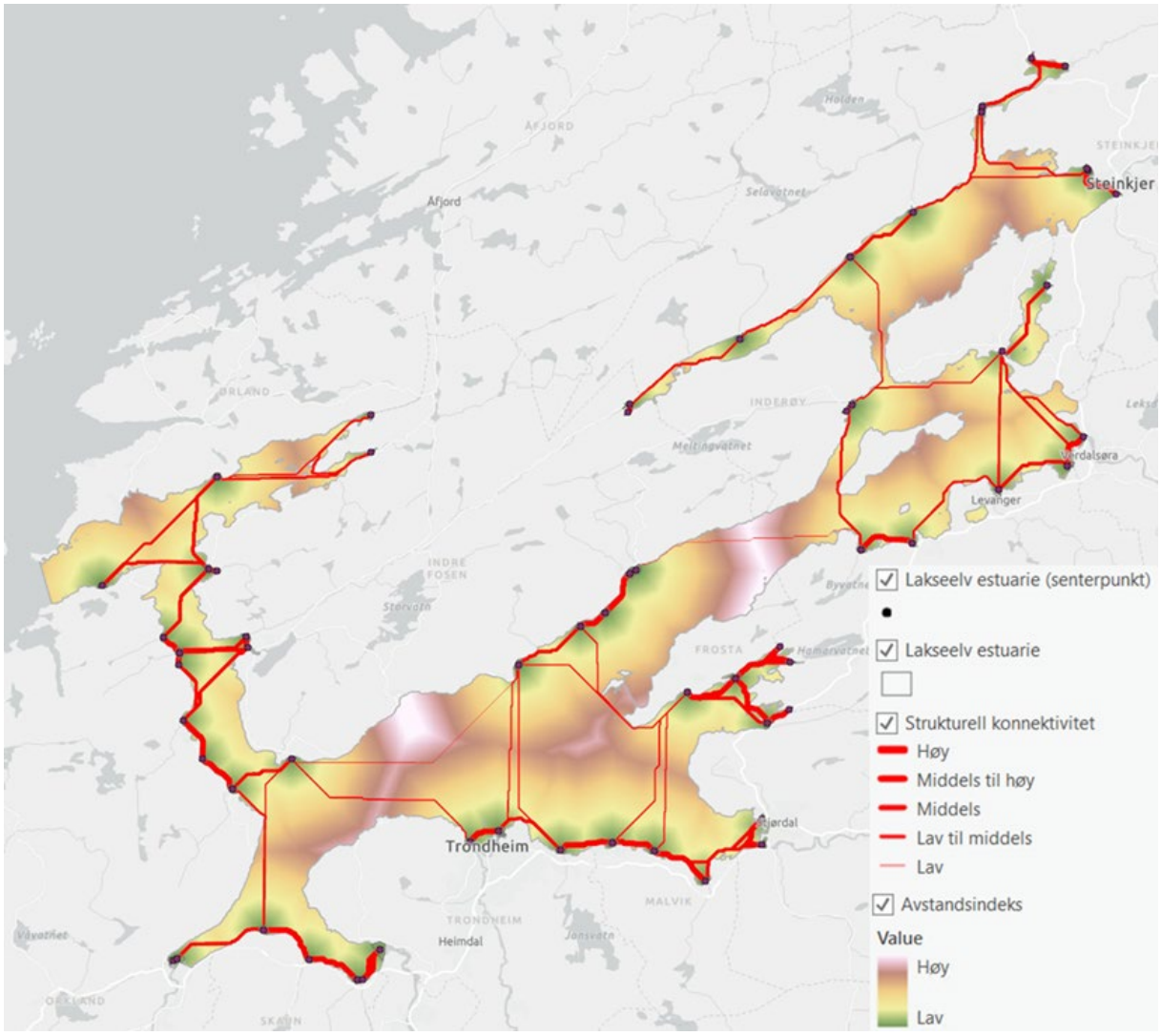


Figur 22: Direkte og indirekte påvirkning av registrerte lakseelv-estuarier i Trondheimsfjorden på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy). Figuren viser gjennomsnittsverdier (sort punktsymbol) og variasjon (min. og maks.) for hhv. samlet direkte påvirkning, direkte påvirkning av kystsonen og sjøbunnen, samt indirekte påvirkning per inngrepstype.



Figur 23: Påvirkning av registrerte lakseelver (estuarier) fra indirekte påvirkningsfaktorer som småbåttrafikk, skipstrafikk, avrenning fra landbruk og befolkningstetthet, på en skala fra 0 (lav) til 1 (høy).

Som det går frem av figur 24 er konnektiviteten mellom lakseelvene med noen få unntak middels til høy, og høy i hele fjordbassenget (figur 24). Det er lav til middels konnektivitet mellom lakseelver på nord- og sørsiden av de midtre og indre deler av fjordbassenget.



Figur 24: Strukturell konnektivitet mellom lakseelver (estuarier) i Trondheimsfjorden.

Sammenligning av før- og nåsituasjonen for utvalgte deler av Trondheimsfjorden

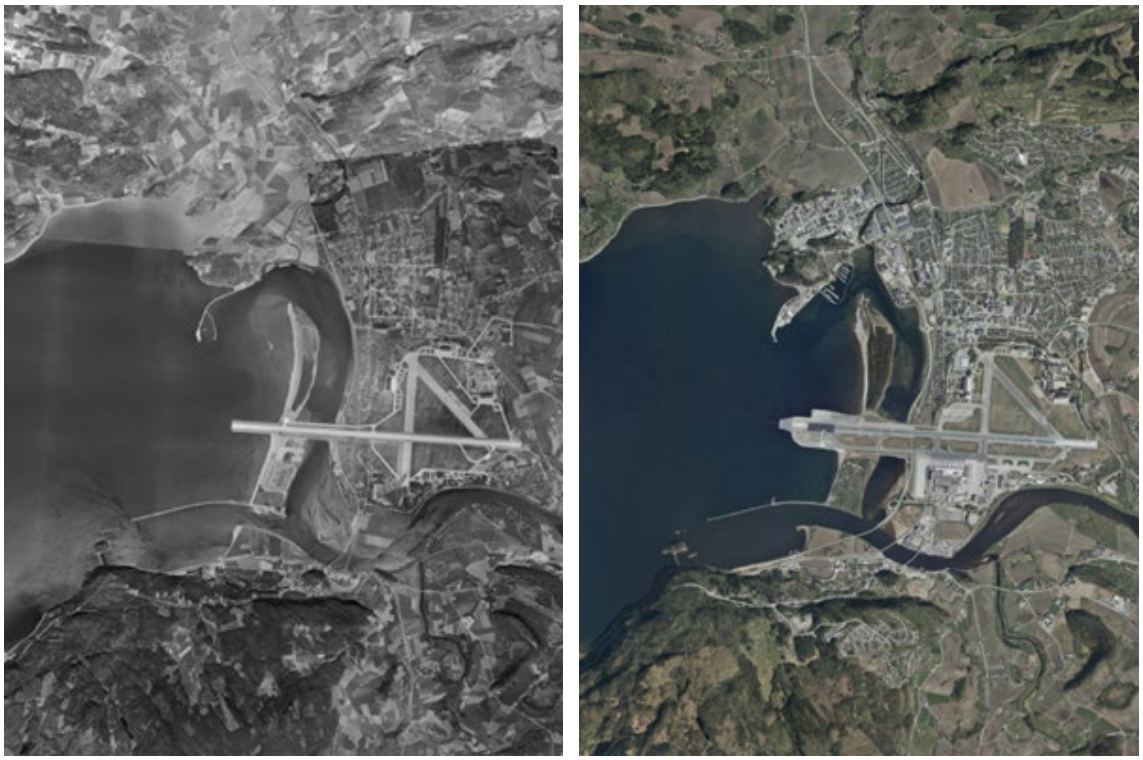
For å belyse fysiske inngrep i kystsonen innhentet vi flyfoto fra utvalgte eksempelområder. Som figurene 25-33 viser har det siden 1930-tallet vært gjennomført en rekke store fysiske inngrep i Trondheimsfjorden. Disse inngrepene er i hovedsak knyttet til utfylling/mudring, nedbygging og oppdyrking av elvestrekninger, elvedelta, våtmarksområder, fjæreområder og gruntområder.

Orkanger ved utløp av Orkla



Figur 25: Inngrepsstatus ved utløpet av Orkla i hhv. 1955 (venstre bilde) og 2021 (høyre bilde)

Værnes ved utløp av Stjørdalselva



Figur 26: Inngrepsstatus ved utløpet av Stjørdalselva i hhv. 1963 (venstre bilde) og 2019 (høyre bilde)

Verdal ved utløp av Verdalselva



Figur 27: Inngrepsstatus ved utløpet av Verdalselva i hhv. 1952 (venstre bilde) og 2018 (høyre bilde)

Skogn ved utløp av Hotran



Figur 28: Inngrepsstatus ved utløpet av Hotranvassdraget (Skogn) i hhv. 1955 (venstre bilde) og 2018 (høyre bilde)

Hommelvik ved utløp av Homla



Figur 29: Inngrepsstatus ved utløpet av Homla (Hommelvik) i hhv. 1947 (venstre bilde) og 2018 (høyre bilde)

Steinkjer ved utløpet av Steinkjerelva



Figur 30: Inngrepsstatus ved utløpet av Steinkjerelva i hhv. 1958 (venstre bilde) og 2018 (høyre bilde)

Trondheim ved utløpet av Nidelva



Figur 31: Inngrepsstatus ved utløpet av Nidelva i hhv. 1937 (venstre bilde) og 2018 (høyre bilde)

Rotvoll-Ranheim



Figur 32: Inngrepsstatus Rotvoll/Ranheim i hhv. 1937 (venstre bilde) og 2018 (høyre bilde)

Ila



Figur 33: Inngrepsstatus Ila i hhv. 1947 (venstre bilde) og 2018 (høyre bilde)

Diskusjon

Vi har brukt tilgjengelige kartdata til å gi et overordnet estimat på fysiske inngreps mulige påvirkning av et utvalg viktige naturområder i Trondheimsfjorden. Resultatene viser at store deler av fjorden er påvirket av direkte fysiske inngrep. Inngrepenes fotavtrykk medio 2022 utgjør ca. 2% av fjordarealet (ca. 1576 km^2 i hht. prosjektets avgrensning), mens ca. 55% av fjordarealet kan klassifiseres som inngrepsnært. Det betyr at de resterende 43% kan klassifiseres som inngrepsfritt i hht. Miljødirektoratets definisjon (2). Til sammenligning anslår Miljødirektoratet at 43% av Trøndelags landareal var inngrepsfritt i 2018 (2). Man må huske at dette er en forenkling, og at områder lengre bort fra inngrepene også vil kunne påvirkes i større eller mindre grad, avhengig av inngrepets type og omfang, og naturområdenes sårbarhet og økologiske tilstand.

Som det kommer frem av våre resultater er påvirkningen størst på fjordens ålegrasenger og lakseelvesturarier. En stor andel av ålegrasengenes areal er nedbygd/inngrepsnært (85%), med en samlet gjennomsnittlig påvirkning på 0.54. For lakseelvestuariene er 88% av arealet nedbygd/inngrepsnært, med en samlet gjennomsnittlig påvirkning på 0.42. For de andre naturområdene vi har analysert er påvirkningen lav selv om det nedbygde/inngrepsnære arealet er høyt, som for naturvernområdene (61%). Gyteområdene og korallrevområdene er i mindre grad nedbygd/inngrepsnært. Indirekte effekter som småbåttrafikk og skipstrafikk, ser ut til å ha en middels stor påvirkning på enkelte lakseelvestuarier, mens avrenning ser ut til å ha en over middels stor påvirkning av flere lakseelvesturarier. Ingen av de andre naturområdene vi har vurdert ser ut til å være nevneverdig påvirket av småbåttrafikk, skipstrafikk og avrenning.

Mangelen på sammenlignbare, historiske data forhindret oss fra å analysere førsituasjonen, og vi valgte derfor å belyse endring over tid ved å sammenligne gamle og nye flyfoto (ortofoto) for utvalgte deler av fjordbassenget. Disse «stikkprøvene» tydeliggjør inngrepenes omfang og endring over tid, og bekrefter i stor grad våre estimat for lakseelvestuarier, ålegrasenger og naturvernområder som hovedsakelig befinner seg i elvedelta, våtmarksområder, fjæreområder og gruntområder. Både sammenligningen av ortofoto og våre analyser viser at inngrep og nedbygging av kystsonen i Trondheimsfjorden er svært omfattende.

Metodikken vi har brukt er unik i sin evne til å estimere samlet påvirkning basert på økologisk sårbarhet (1), men den har også sine begrensninger (7). Det er også viktig å understreke at påvirkningsestimatene er underlagt de iboende begrensninger som ligger i datagrunnlagets varierende kvalitet, dekningsgrad, ajourføringsgrad og skalaforhold. Valg av relevant romlig oppløsning er utfordrende og innebærer en generalisering med påfølgende tap av informasjon12. Vi har vektlagt å bruke en oppløsning (10 x 10 meter) som er høy nok til å representere de geografiske detaljene i grunnlagsdataene og lav nok til å sikre en effektiv geoprosessering. Metodene vi har brukt gir et forenklet bilde av virkeligheten, og estimatene må derfor ikke oppfattes som et mål på økologisk tilstand. Arealstatistikken er basert på en to-dimensjonal definisjon av inngrepsfri natur (2) hvor avstand målt i sjø brukes som eneste indikator på om arealer er påvirket/inngrepsnære (<1km fra inngrep) eller inngrepsfrie (>1 km fra inngrep). Våre sårbarhetsvurderinger av naturområdene er også begrenset av prosjektets ramme, og avgrenset til en kvalitativ gjennomgang av tilgjengelig dokumentasjon

i Miljødirektoratets Naturbase. Som et mål på naturområdenes romlige sammenheng og økologiske nettverksstruktur, har vi beregnet strukturell konnektivitet. Dette konnektivitetsmålet må ikke forveksles med funksjonell konnektivitet, som beskriver økologiske prosesser og organismenes faktiske mulighet til å bevege/spre seg mellom naturområdene. Likevel synliggjør våre konnektivitetsberegninger hvilke deler av nettverket som kan være sårbare for inngrep og påfølgende fragmentering. Dette er relevant for forvaltning, vedlikehold og restaurering av habitater og økologiske korridorer, for å sikre biologisk mangfold, økosystemfunksjoner, økologisk motstands-kraft, samt klima- og sykdomsresistens (5).

Til tross for de overfor nevnte begrensninger mener vi at våre estimater egner seg godt som kunnskapsgrunnlag for videre undersøkelser i felt, konsekvensutredninger, arealplanlegging, vurdering av byggetillatelser, vern og forvaltning av naturområder. For å studere hvordan påvirkning utvikler seg fremover i tid anbefaler vi at Fylkeskommunen gjennomfører lignende utredninger i fremtiden. Dette betinger at offentlige etater i tiden fremover prioriterer arbeidet med å sikre og tilgjengeliggjøre historiske inngrepsdata i større grad enn nå.

Referanser

1. **Korpinen, S., et al.** Human pressures and their potential impact on the Baltic Sea Ecosystem. Ecological Indicators. 1, 2012, 15.

2. **Miljødirektoratet.** Inngrepsfrie naturområder. [Internett] https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/overvaking-arealplanlegging/naturkartlegging/Inngrepsfrie-naturomrader/.

3. **Nunes, A.L., et al.** Gateways to alien invasions in thr European seas. Aquatic Invasions. 9, 2014, 2.

4. **Husa, V., et al.** Alien marine species in Norway. Mapping, monitoring and assessment og vectors for introductions. Rapport fra havforskningen. 8, 2022.

5. **IPBES.** Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystems Services. Bonn : IPBES Secretariat, 2019.

6. **Halpern, B. S., et al.** Evaluating and ranking the vulnerability of global marine ecocystems to anthropogenic threats. Conservation Biology. 5, 2007, 21.

7. **Hammar, L., et al.** Cumulative impact assessment for ecosystem-based marine spatial planning. Science of the Total environement. 2020.

8. **Halpern, B.S., et al.** Recent pace of change in human impact on the world's ocean. Scientific Reports. 2019.

9. **Andersen, J. H., et al.** Baltic Sea biodiversity status vs. cumulative human pressures. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2015.

10. **Taylor, P., Fahrig, L. og With, K.** Landscape connectivity: A Return to the Basics . [bokforf.] K. Crooks og M. Sanjayan. Conservation Biology, Connectivity Conservation. Cambridge : Cambridge University Press, 2006.

11. **ESRI.** ESRI Tool Reference - Cost Connectivity (Spatial Analyst). [Internett] 2022. https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/cost-connectivity.htm.

12. **Bai, Y., Liao, S. og Sun, J.** Scale effect and methods for accuracy evaluation of attribute information loss in rasterization. Journal of Geographical Sciences. 21, 2011.


Foto: Ingrid Hjorth

KAPITTEL 11: MILJØGIFTER

Forfattere: Erling K. Ytterås, Tone Vassdal, Juho Junttila, Johanne Arff, Øystein Husevåg Helland (Multiconsult)

Miljøgifter er en samlebetegnelse for stoffer som kan utgjøre en alvorlig trussel mot helse og miljø. Stoffene som er relevante i marint miljø, er tungt nedbrytbare og oppkonsentreres i næringskjeden. Dette omfatter blant annet tungmetaller, PCB, TBT og PFAS. Miljøgiftene kan gi negative effekter lokalt, gjennom opptak i lokal fauna, som igjen kan gi behov for kostholdsråd. Videre kan miljøgiftene spres til andre deler av fjorden, til havområdene utenfor, og også opp på land. Dette kan skje ved at stoffene går i vannløsning, eller ved opptak i mindre organismer og videre oppover i næringskjeden, til skalldyr, fisk, sjøpattedyr, fugler og mennesker.

Data for miljøgiftinnhold i sedimenter og biota er i all hovedsak innhentet fra Miljødirektoratets database Vannmiljø. Felles for de fleste registrerte data, både for sediment og biota, er at de er innhentet for et bestemt formål, knyttet til f.eks.. utslippstillatelser for spesifikke tiltak (mudring, utfylling), industri eller kommunale renseanlegg, og i liten grad som del av en generell overvåkning. Datagrunnlaget er preget av dette, og kan derfor gi et skjevt bilde av fjordens tilstand. Det er relativt mye data nær de antatt mest betydningsfulle kildeområdene; Orkanger, Trondheim, Hommelvika og Stjørdal. For andre viktige områder, bl.a. utenfor Steinkjer, Verdal og Gaulosen, foreligger ikke data i Vannmiljø fra det siste tiåret.

Det forventes at kunnskapsgrunnlaget for miljøgifter, spesielt i sedimenter, vil kunne bedres gjennom at data fra tidligere utførte undersøkelser rapporteres inn i Vannmiljø. Men i tillegg vurderes det å være behov for en mer generell kartlegging av miljøgifter i sedimenter, som ikke er knyttet til spesifikke tiltak. En slik kartlegging må da planlegges med utgangspunkt i kilder, strømforhold og bunntopografi. I tillegg bør analysespekteret utvides ved en slik undersøkelse, til også å omfatte prioriterte miljøgifter som det er satt fokus på de siste årene, slik som PFAS. Til nå er det i hovedsak tungmetaller, PAH, PCB og TBT som er kartlagt.

For biota er datagrunnlaget tynt, og her er det et betydelig suppleringsbehov. Mer data om miljøgifter i biota vil gi et bedre grunnlag for å vurdere reell økologisk risiko knyttet til forurensningene.

Introduksjon

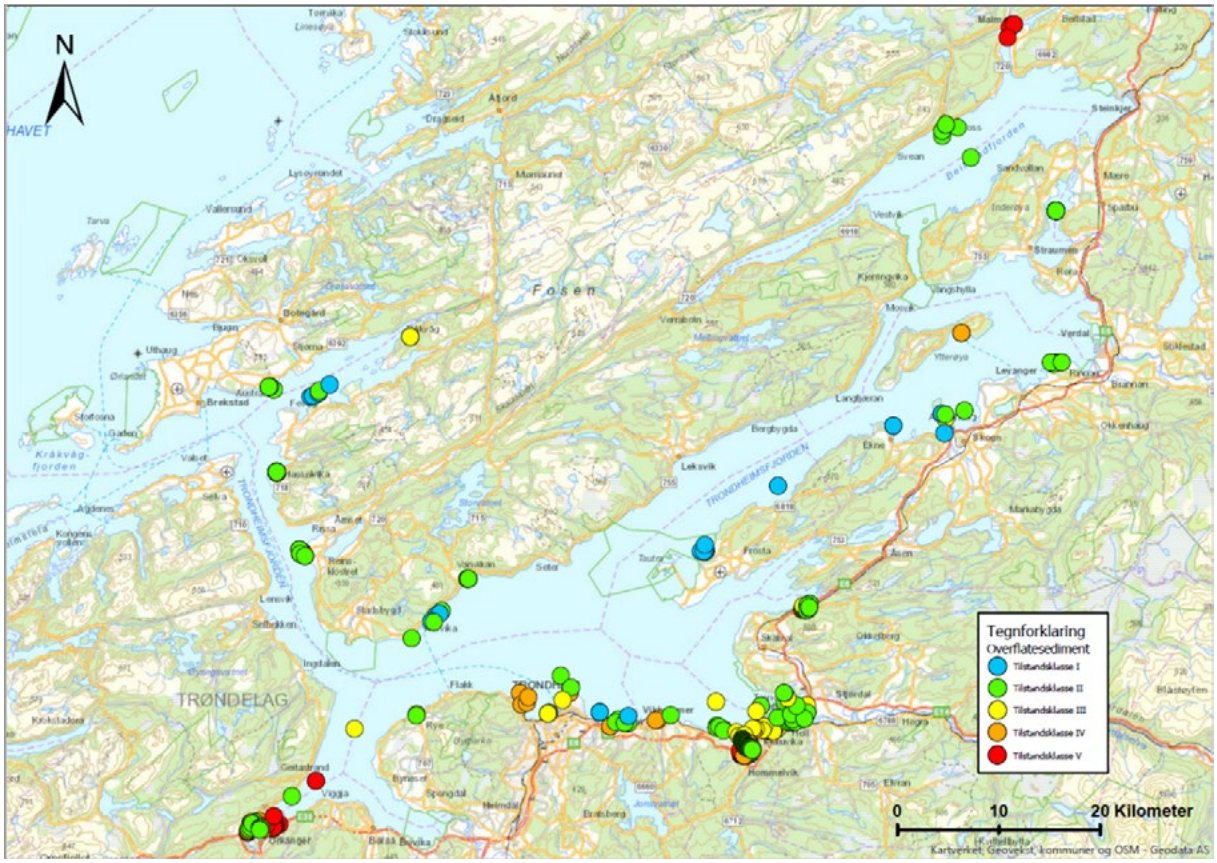
Miljøgifter er en samlebetegnelse for stoffer eller stoffgrupper som kan utgjøre en alvorlig trussel mot helse og miljø. Stoffene som er relevante i marint miljø, er tungt nedbrytbare og oppkonsentreres i næringskjeden. Dette omfatter blant annet tungmetaller (bly, kobber, sink, m.fl.), polyklorerte bifenyler (PCB), tributyltinn (TBT) og poly- og perfluoralkalistoffer

(PFAS). Miljøgiftene kan gi negative effekter lokalt, gjennom opptak i lokal fauna, som igjen kan gi behov for kostholdsråd (anbefalinger om redusert inntak av fisk og sjømat fra bestemte områder). Videre kan miljøgiftene spres til andre deler av fjorden, til havområdene utenfor, og også opp på land. Slik spredning kan skje ved at stoffene går i vannløsning, eller ved opptak i vannlevende organismer og videre oppover i næringskjeden, til skalldyr, fisk, sjøpattedyr, fugler og mennesker.

Kunnskapsgrunnlag og metode

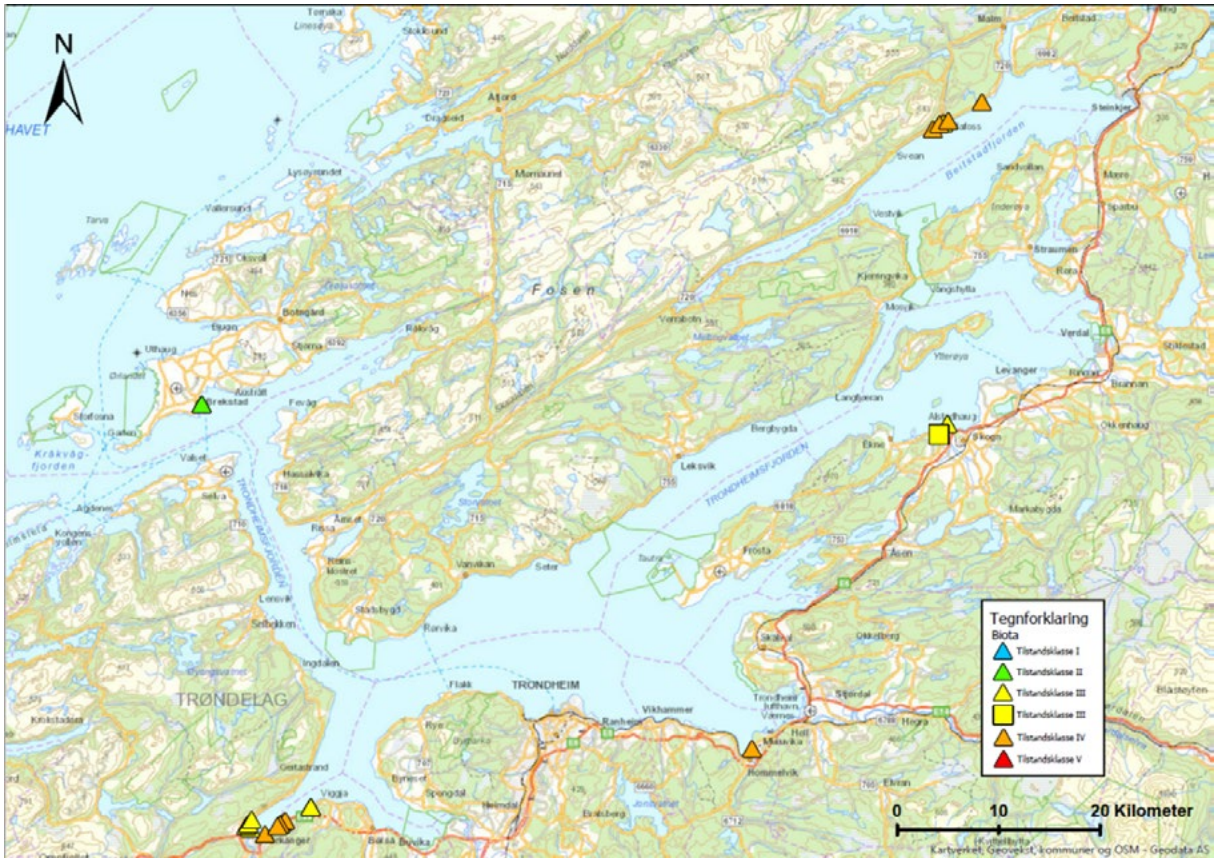
Oversikt over datagrunnlaget er basert på data som ligger i databasen Vannmiljø. Felles for de fleste registrerte data, både for sediment og biota, er at de er innhentet for et bestemt formål, knyttet til f.eks. utslippstillatelser for spesifikke tiltak (mudring, utfylling), industri eller kommunale renseanlegg, og i liten grad som del av en generell overvåkning. Datagrunnlaget vil dermed være preget av formålet med disse undersøkelsene, og gir dermed ikke nødvendigvis et korrekt, helhetlig bilde av fjordens tilstand.

Figur 1 viser det totale omfanget av sedimentanalyser utført på prøver fra Trondheimsfjorden i perioden 2012-2022, og som er registrert i databasen Vannmiljø. Her har vi i tillegg supplert med data fra undersøkelser utført av Multiconsult i samme tidsrom, men som ikke ligger i databasen.



Figur 1: Oversiktskart for registrerte sedimentprøver analysert for miljøgifter, i perioden 2012 til 2022. Kilder: Vannmiljø, Multiconsult

Figur 2 viser det totale omfanget av analyser utført på biota-prøver fra Trondheimsfjorden, i perioden 2012-2022, og som er registrert i databasen Vannmiljø.



Figur 2: Oversiktskart for registrerte prøver av blåskjell (trekant) og strandsnegl (firkant) analysert for miljøgifter, i perioden 2012-2022. Kilde: Vannmiljø.

Vi har hentet data fra Miljødirektoratet sin database Vannmiljø, supplert med noen enkeltrapporter. Det bemerkes at utvalget av enkeltrapporter representerer oppdrag som Multiconsult har vært involvert i og der data ikke er lagt inn i Vannmiljø. Det må antas at det tilsvarende kan foreligge rapporter fra andre aktører som ikke er rapportert inn i Vannmiljø.

Utvalg av data er foretatt blant registreringer i Vannmiljø fra siste 10 år, fra 2012 til 2021. Dataene er sortert per år på grunn av stor datamengde.

Etter nedlasting av data fra Vannmiljø har vi foretatt en kvalitetskontroll og tilpasning til analyseverktøy. Vi har også vurdert om tilgjengelige data kan klassifiseres etter tilstandsklasser iht. Miljødirektoratets veileder M-608 (1). Alle data, uavhengig av prøvetakingsår, er klassifisert etter samme veileder og grenseverdier. Tungmetallene arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH16), polyklorerte bifenyler (PCB7) og tributyltinn (TBT) er brukt i klassifiseringen.

Eldre data med deteksjonsgrense tilsvarende moderat tilstand for PAH-forbindelsen antracen er utelatt, fordi resultatene ville gitt et feil bilde av situasjonen.

Kun prøver av overflatesediment (0-10 cm) er inkludert i analysen. På grunn av delvis manglende prøvenavn i Vannmiljø er Vannlokalitet ID brukt for prøvene.

Tilstandsklasser for sediment er vist i Tabell 1.

Tabell 1: Tilstandsklasser for sediment, hentet fra Miljødirektoratets veileder M-608 (1)

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved korttids-eksponering	Omfattende toksiske effekter

For biota er det i Vannmiljø registrert svært lite data som kan benyttes, og det kreves mer arbeid for å vurdere om resultater kan inkluderes i datagrunnlag. Blant annet mangler det tørrstoffinnhold for en del prøver, slik at de ikke kan klassifiseres riktig, samt at det er noen rapporter for biota som ikke er knyttet opp mot Vannmiljø.

Kilder til miljøgifter i fjorden

I det påfølgende beskrives det som vurderes å være forurensningskilder som er av størst betydning for tilstanden i Trondheimsfjorden som helhet, eller for større deler av fjorden. Det presiseres at denne oversikten ikke er ment å være uttømmende, og at andre kilder kan ha betydning lokalt.

Urbanisering

Urbanisering, med konsentrasjon av mennesker og tilhørende aktiviteter, vil generelt sett medføre risiko for avrenning til sjø og i neste omgang forurensning i sedimenter og biota.

At mennesker bor konsentrert, vil for det første medføre at avløp (spillvann/kloakk) føres ut til sjøen i betydelig mengde. På samme måte vil omfanget av overvannsutslipp påvirket av menneskelig aktivitet (bl.a. veitrafikk), være betydelig.

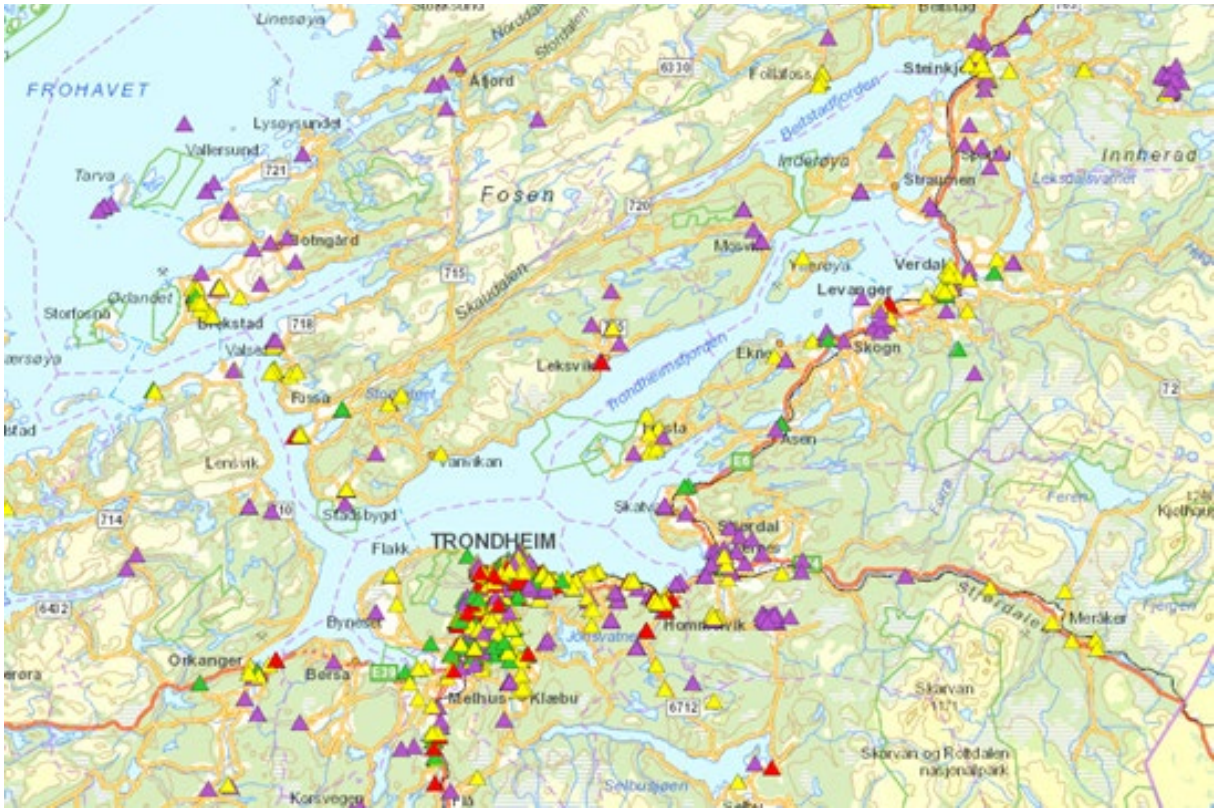
Videre vil konsentrert bebyggelse, over tid, medføre et betydelig omfang av bygging, riving, avfallshåndtering, deponering og masseflytting, som også i sum vil gi økt tilførsel av forurensning til sjø (direkte eller via grunnvann, bekk og elv). Spesielt stor risiko er knyttet

til aktiviteter tett ved sjøkanten, inklusive utfylling og endring av sjøfronten, med blant annet landinnvinning, mudring/utdyping, og havnebygging.

I nedslagsfeltet til Trondheimsfjorden står Trondheim i en særstilling når det gjelder befolkningskonsentrasjon, noe som blant annet gjenspeiles i omfanget av registrerte lokaliteter med forurenset grunn, se illustrasjon i Figur 3. Trondheim er også en gammel by, der det spesielt i en periode på ca. 100 år, fra slutten av 1800-tallet og fram til 1980-tallet, også var betydelig industrivirksomhet, blant annet med gassverk, smelteverk, skipsverft og annen mekanisk industri. Til sammen satte denne virksomheten også sine spor i form av grunnforurensning. Hovedutfordringene i sentrale deler av Trondheim, har vært tungmetallene bly, kobber og sink, samt polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

Siden midten av 1990-tallet har flere av de gamle industriområdene gradvis blitt transformert til kontor- og boligformål, og forurensning i grunnen er samtidig håndtert. I sum har dette medført at risiko for tilførsel av forurensning fra arealer i sentrale deler av Trondheim, er vesentlig redusert.

Av gjenværende potensielle kilder til tilførsel av forurensning fra sentrale deler av Trondheim, nevnes spesielt eldre, kommunale deponier på Sluppen og Lade, som var i drift fra første del av 1900-tallet og fram til ca. 1970. Det forventes at også disse områdene vil transformeres (og forurensning håndtert), i løpet av de nærmeste 10-20 årene.



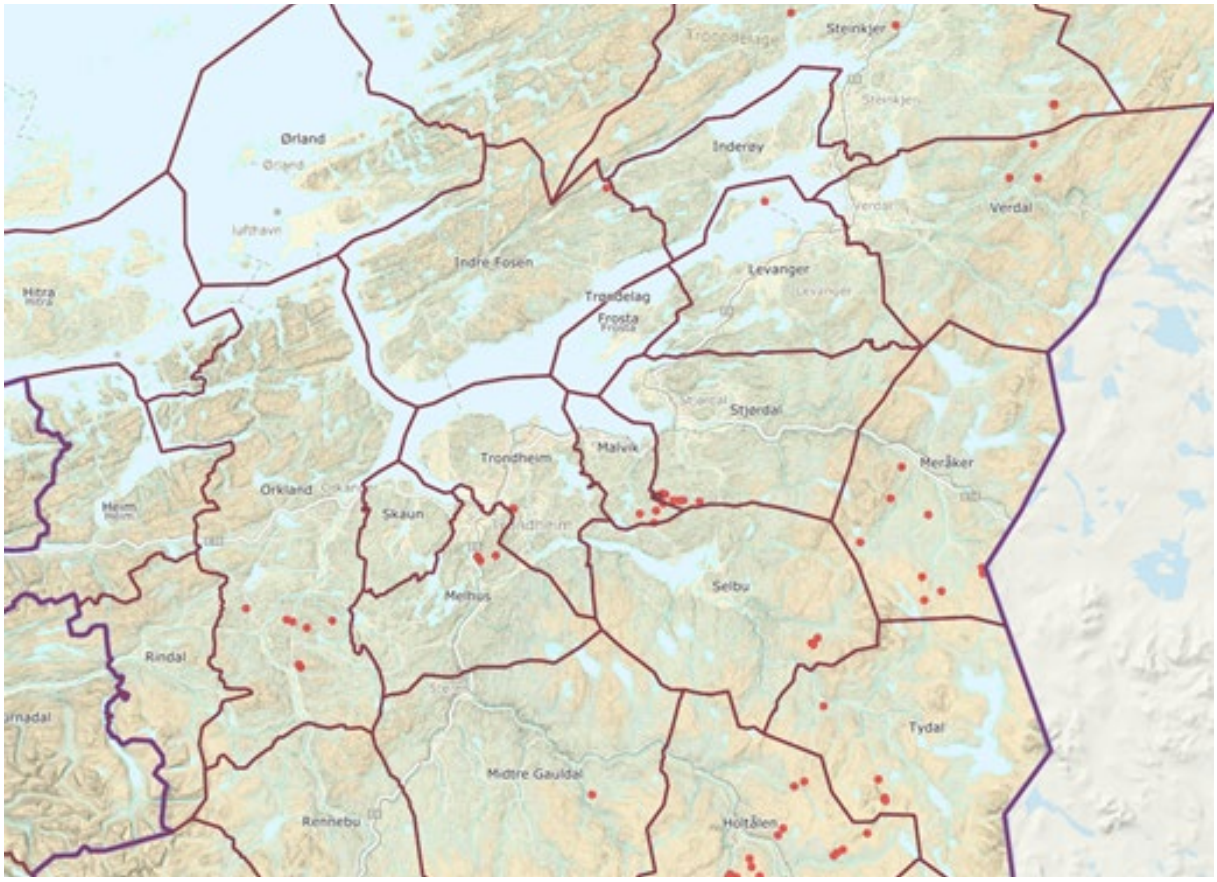
Figur 3: Utsnitt fra Miljødirektoratets grunnforurensningsdatabase, som viser registrerte lokaliteter med forurenset grunn, omkring Trondheimsfjorden. Lilla = mistanke om forurensning, rød = ikke akseptabel forurensning, gul = akseptabel forurensning, grønn = lite/ikke forurenset. Kilde: grunnforurensning. miljodirektoratet.no (pr. 28.06.2022).

Gjennom prosjektet «Renere havn Trondheim» ble det i 2015-2016 foretatt en sikring av forurensede sedimenter i Trondheims havneområde. Dette omfattet mudring og tildekking av sedimenter, i Ilsvika, Brattørbassenget, Kanalen og Nyhavna, og medførte i sum at risiko for videre spredning og opptak i biota, er vesentlig redusert. Se nærmere omtale i kapittelet om tilstand og utvikling.

Også for de øvrige byer og tettsteder omkring fjorden, som Brekstad, Orkanger, Stjørdal, Verdal og Steinkjer, foreligger risiko av tilsvarende art, men i vesentlig mindre skala. Fjordavsnittene utenfor disse vil derfor være mindre påvirket av generell urbanisering. Andre spesifikke aktiviteter som innebærer risiko omtales senere.

Gruveaktivitet

Opp gjennom historien, spesielt fra 1600-tallet og ca. 300 år framover, var det betydelig gruveaktivitet innenfor nedbørfeltet til Trondheimsfjorden. Dette er illustrert i Figur 4. Flere av gruvene er blitt drevet på ulike kismalmer, og har medført tungmetallavrenning til vassdrag og videre til fjorden. Som figuren viser, var det gruver med avrenning til både Orkla (bl.a. Løkken Verk), Gaula (Holtålen), Nea-Nidelva og Stjørdalselva (Meråker), og til en rekke mindre vassdrag. Denne aktiviteten har derfor, i større eller mindre grad, påvirket fjordsedimentene ved utløpet til vassdragene.



Figur 4: Oversikt over gruvevirksomhet med avrenning til Trondheimsfjorden. Kilde: Direktoratet for mineralforvaltning (DMF Kart)

Noen gruver har også ligget helt ned mot fjorden, blant annet i Malm (Steinkjer kommune) og på Ytterøya (Levanger kommune).

I tillegg til selve gruvevirksomheten, der avrenning til fjorden i hovedsak har gått via vassdrag, kan også nevnes Killingdal Grubeselskap sitt prosessanlegg, som lå ved Ilsvika i Trondheim. Dette anlegget, som var i drift fram til 1986, var en betydelig kilde til forurensningsutslipp direkte til fjorden. Utslippene besto av både avgangsmasser som ble spylt ut på sjøbunnen, og avrenning av forurenset vann. Utslipp av sterkt tungmetallforurenset vann, med svært høye nivå av sink og kobber, pågikk fram til saneringen av anlegget. Denne saneringen ble utført i 2010, i regi av Trondheim kommune. Etter saneringen har det fortsatt vært noe utlekking av sink fra området, og Trondheim kommune har iverksatt og følger opp ytterligere rensetiltak (2;3).

Elveavrenning

Det er seks vassdrag med nedbørsfelt større enn 1000 km2 som har utløp til Trondheimsfjorden (i synkende rekkefølge); Gaula, Nidelva, Orkla, Steinkjervassdraget, Stjørdalsvassdraget og Verdalsvassdraget (4) Sedimentene utenfor utløpet til de største elvene vil være sterkt påvirket av erodert materiale som er ført ut og avsatt her, samt av forurensninger som forekommer oppløst i elvevannet, og som felles ut i det svakt basiske fjordvannet.

Gruveaktiviteten langs alle disse elvene er nevnt som en betydelig kilde, som potensielt gir betydelig forhøyede nivåer av kobber, sink og andre tungmetaller.

Andre viktige kilder langs elvene, er avfallsdeponier, industri, skipsverft, samt havner og annen samferdselsvirksomhet. Her kan nevnes Meråker smelteverk (tungmetaller) og Trondheim lufthavn Værnes (drivstoff, avisingskjemikalier og brannslukningsmidler/PFAS), som begge har avrenning til Stjørdalselva. Langs nedre del av Nidelva er det flere kilder, som tidligere nevnt under avsnitt om urbanisering.

Skipsverft

Bygging og vedlikehold av små og store båter har opp gjennom historien vært bedrevet flere steder omkring Trondheimsfjorden. Mens man enda bygde båter i tre, medførte denne aktiviteten i hovedsak forurensning med PAH-forbindelser (fra tjære). I nyere tid har virksomheten i hovedsak gitt utslipp av kobber og andre tungmetaller, samt tributyltinn (TBT) og andre tinnorganiske forbindelser.

Aktive verft i Trondheimsfjorden omfatter Fosen Yard (Kvithyll, Indre Fosen kommune) og offshoreverftet Kværner Verdal. I nyere tid har det også vært verftsaktivitet på Frengen (Indre Fosen kommune), i Hommelvik (Malvik kommune) og i Nyhavna (Trondheim).

Havnevirksomhet

Det er Trondheim Havn IKS som eier og driver de største trafikkhavnene i Trondheimsfjorden, blant annet Orkanger, Trondheim, Stjørdal, Verdal og Steinkjer.

Havnearealene i seg selv utgjør et potensiale for utlekking av forurensning, i første rekke tungmetaller, PAH-forbindelser og mineralolje, som følge av at utfylling kan være utført med urene materialer eller at arealene er brukt til forurensende aktiviteter. Dette vil spesielt gjelde for eldre arealer, og primært i Trondheim.

Videre kan skipstrafikken ha gitt forurensningstilførsel, i hovedsak i form av tungmetaller og TBT (fra maling og bunnstoff), og mineralolje.

Det ligger også flere private småbåthavner omkring Trondheimsfjorden. Det som kjennetegner småbåthavner, er at vedlikehold (sliping, skraping og bunnsmøring) gjerne utføres på arealer i umiddelbar nærhet. Rutiner for oppsamling av avrenning har etter hvert kommet på plass, men en viss forurensningstilførsel til sjøen forekommer nok stedvis fortsatt fra slik aktivitet. Og i alle fall tidligere gikk rester av bunnsmøring, maling og kjemikalier på sjøen. Dette innebærer at sedimentene nær disse anleggene kan inneholde bl.a. kobber (og andre tungmetaller) og TBT.

Flyplasser

Det er to flyplasser ved Trondheimsfjorden, hhv. på Ørlandet og Værnes. Ørland flystasjon driftes i hovedsak av Forsvaret, med en mindre sivil terminal, mens Trondheim lufthavn Værnes er en relativt stor sivil lufthavn, med en liten militær del.

Potensielle utslipp fra denne type virksomhet til sjø, er i hovedsak hydrokarboner/mineralolje fra drivstoff og brannøvelser, og perfluorerte stoffer (PFAS) fra brannslukningsmidler som tidligere ble benyttet.

Diffus forurensningsavrenning fra Ørland flystasjon går vestover, til utslipp i Grandefjæra (dvs. utenfor Trondheimsfjorden), mens kommunalt avløp (også fra flystasjonen) går til utslipp i ytre del av Stjørnfjorden. Ørland flystasjon har derfor sannsynligvis hatt forurensningstilførsel i dette området.

Forurensningstilførsler fra Værnes lufthavn går både via Stjørdalselva, og direkte til fjorden.

Industrivirksomhet

Det har tidligere vært betydelig industrivirksomhet i de sentrale delene av Trondheim, men denne er nå i all hovedsak faset ut og arealene er tatt i bruk til andre formål. Blant annet ble metallurgisk industri drevet både i Trolla, Ilsvika og på Lade (hhv. Trolla Brug, Ila Jern og Lilleby Metall), og vil ha gitt utslipp av spesielt tungmetaller til sjøen.

Metallurgisk industri ble også drevet i Meråker, der utslipp har gått via Stjørdalsvassdraget til fjorden.

Fortsatt aktiv metallurgisk industri, med potensiale for utslipp til fjorden, finner man på Orkanger, med Elkem Thamshavn og Washington Mills.

I Hommelvika (Malvik kommune) drev NSB fram til 1970-tallet et anlegg for kreosotimpregnering av jernbanesviller. Aktiviteten ga utslipp av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), både til grunnen på området og til sjøen utenfor. Saneringsarbeider er utført både på sjø og land, jfr. også kapittelet om tilstand og utvikling.

Det er tre aktive papirfabrikker omkring Trondheimsfjorden, hhv. på Ranheim (Trondheim kommune), Skogn (Levanger kommune) og i Follafoss (Steinkjer kommune). Disse har også opp gjennom tiden gitt utslipp til sjøen, og rapporterer fortsatt ulike pågående utslipp til vann, herunder bl.a. tungmetaller, AOX (adsorberbare organiske halogenider) og partikler (suspendert stoff).

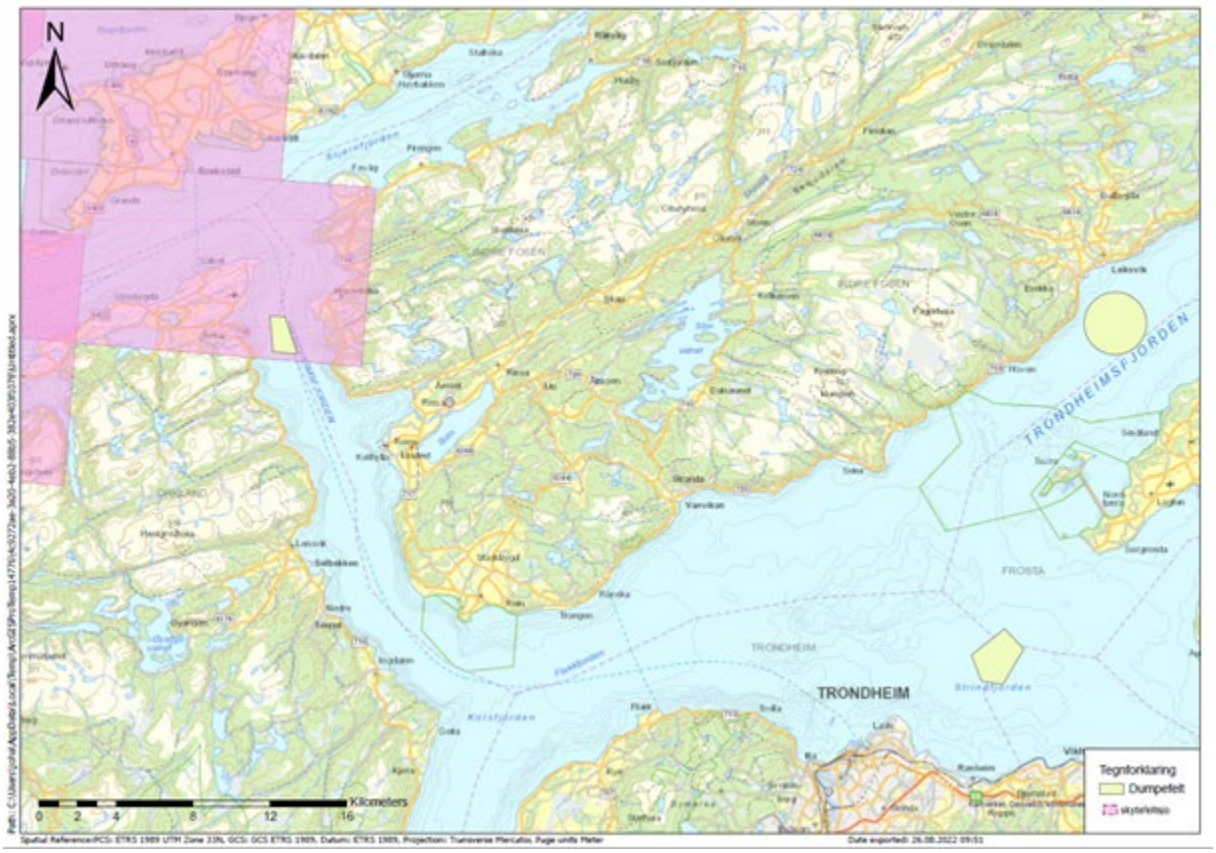
Dumpefelt i fjorden

Registrerte dumpeområder i indre del av Trondheimsfjorden er vist i Figur 5. Samtlige av disse har tidligere blitt benyttet til dumping av for eksempel båter og busser. Det kan imidlertid bemerkes at feltet som ligger mellom Trondheim og Frosta, også er blitt benyttet for dumping av rene, mineralske masser, blant annet leire fra byggingen av Strindheimtunnelen i Trondheim, og mudringsmasser fra tomteetableringen for Johan Bojer vgs., i Vanvikan (Indre Fosen kommune).

Dumpefelt for ammunisjon og skytefelt i sjø
Etter andre verdenskrig var det vanlig å dumpe ammunisjon og annet krigsmateriell i sjøen da en trodde at dette på sikt ville bli uskadeliggjort. I Trondheimsfjorden er det et kjent dumpeområde lokalisert mellom Agdenes og Rissa (Figur 5). Undersøkelser utført av FFI i samarbeid med NGU og NTNU for snart 10 år siden viste at ammunisjon, bomber og vrak selv etter nærmere 65 år var lett synlige på fjordbunnen (5).

Ammunisjon inneholder både eksplosiver, tungmetaller og en rekke andre stoffer som kan utgjøre en risiko. Vitenskapelige studier fra både Norge (6) og USA (7) har påvist forekomster av både metaller og sprengstoff i sedimentprøver. Toksiske konsentrasjoner av metaller og sprengstoff påtreffes like ved ammunisjonsrestene, mens innholdet av miljøgifter reduseres raskt med økende avstand (8).

FFI har nylig gjennomført en studie av innhold av ammunisjonsrelaterte kjemiske stoffer i fisk og skalldyr i fire dumpeområder langs norskekysten (9). Det ble påvist både metaller og sprengstoff, inkludert nedbrytingsstoffer, i fisk og skalldyr, fangstet i dumpeområdene.



Figur 5: Registrerte dumpefelt i Trondheimsfjorden. Kilder: Maritim infrastruktur, WMS og Forsvarets skyte og øvingsfelt i sjø, WMS

I ytre Trondheimsfjorden er det i tillegg tre (T11, T12 og T13), til dels overlappende, skyte- og øvingsfelt (SØF) som utgjør en risiko for tilførsel av miljøgifter til sjøbunnen fra både detonert og udetonert treningsammunisjon (6). I forslag til forskrift om skyte- og øvingsfelt i sjø er T11, T12 og T13 foreslått avviklet (10).

Skyte- og øvingsfelt på land

Forsvaret har hatt flere skyte- og øvingsfelt på land med avrenning til Trondheimsfjorden. Slike felt kan spesielt gi tilførsel av tungmetallet bly, fra ammunisjon. Av nedlagte og sanerte felt kan nevnes Brettingen og Gurulia i Indre Fosen kommune, Steinkjersannan i Steinkjer kommune, og Banemyra i Levanger kommune. I Verdal kommune ligger Vaterholmen, som er nedlagt, men foreløpig ikke sanert (planlegges i 2023-2024), mens Leksdalen er et aktivt felt, som ligger i Stjørdal kommune.

Utover dette finnes flere skytebaner eid og driftet av lokale skytterlag, omkring hele fjorden.

Tilstand og utvikling

Vi har her valgt å fokusere på utvalgte områder i Trondheimsfjorden. I de neste delkapitlene presenteres delområdene Orkdalsfjorden og Korsfjorden, Trondheim havn, Hommelvika og Beistadfjorden og Borgenfjorden. For opplysninger om andre områder som er undersøkt for miljøgifter i de siste 10 årene, vises det til **Vedlegg 11.1**. I vedlegget presenteres områdene:

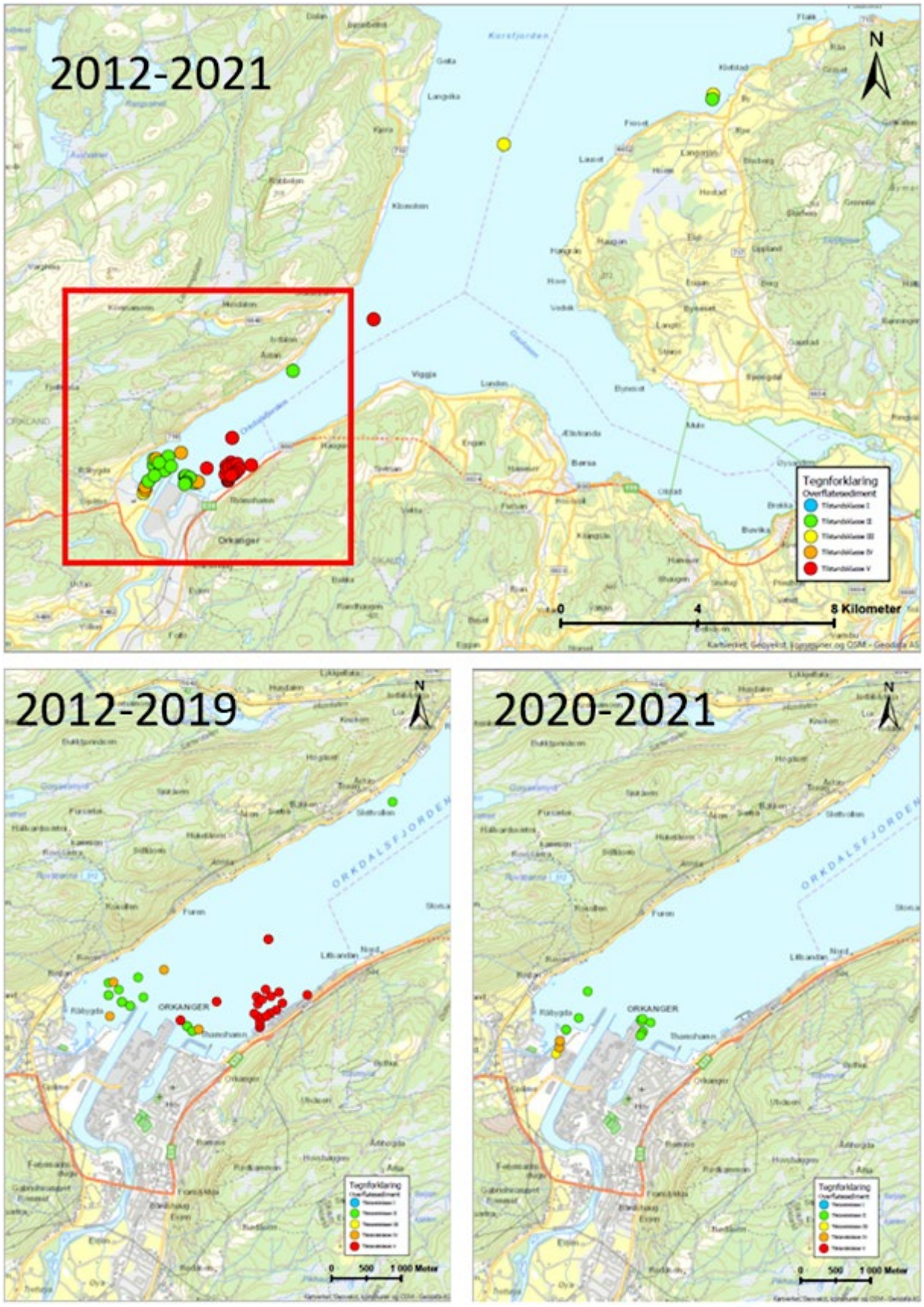
- Stjørnfjorden
- Hysnes
- Kvithyll
- Trongen - Vanvikan
- Strindfjorden (Rotvoll til Midtsanden)
- Stjørdalsfjorden
- Fiborgtangen
- Langstein
- Ytterøya



Figur 6: Tilstandsklassifisering av miljøgifter i blåskjell (trekant) fra indre del av Orkdalsfjorden. Kilder: Vannmiljø, (16)

Orkdalsfjorden og Korsfjorden

Med få unntak viser analyser av sedimentprøver, samlet inn perioden 2012 til 2019, at store deler av Orkdalsfjorden har en dårlig kjemisk miljøtilstand mht. tungmetaller og PAH-forbindelser (Figur 6). Det gjelder spesielt sjøområdene utenfor Elkem Thamshavn, der samtlige stasjoner klassifiseres med svært dårlig tilstand for kobber. Dette antas å ha sammenheng med gruvevirksomheten på Løkken. Sedimentprøver samlet inn i nærheten av Grønøra havn og industriområde og utenfor Gammelosen/Orkanger viser i hovedsak god kjemisk tilstand. Enkelte stasjoner klassifiseres her også med moderat eller svært dårlig tilstand, basert på



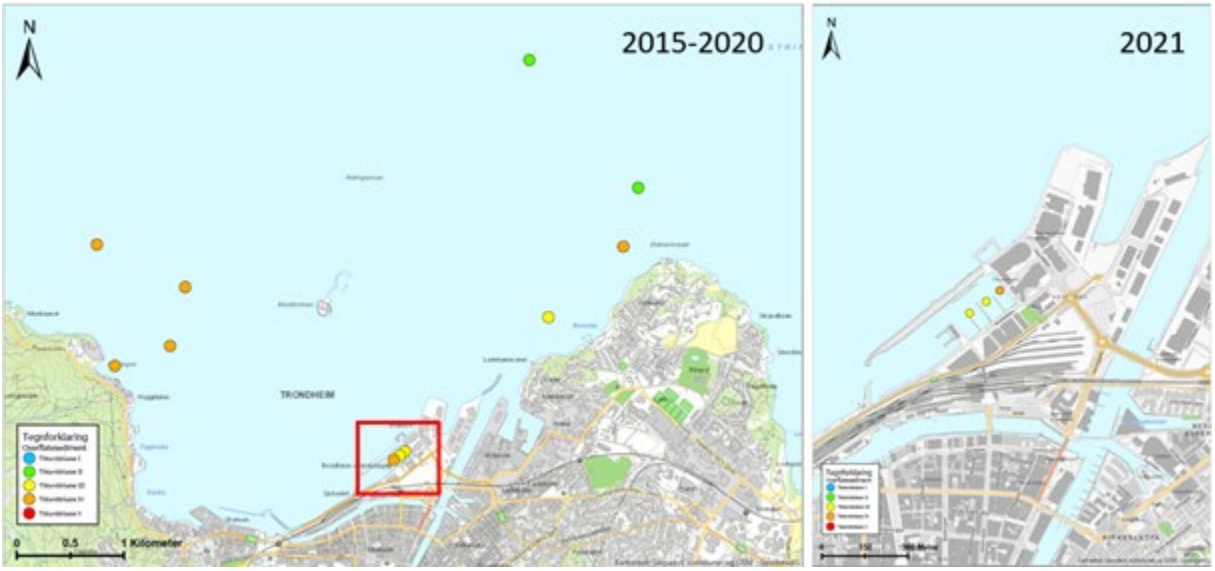
Figur 7: Tilstandsklassifisering av miljøgifter i sedimenter (sirkler) i Orkdalsfjorden og Korsfjorden øverst, detaljbilde fra Orkanger og Thamshavn for perioden 2012-2019 nederst til venstre og 2020-2021 nederst til høyre. Kilder: Vannmiljø, (16)

kobber, nikkel, TBT og/eller PAH. De viktigste forurensningskildene antas her å være bunnstoff fra skip/havnevirksomhet, avrenning fra Orkla (Løkken) og smelteverket på Thamshavn (PAH).

Undersøkelser av miljøgifter i blåskjell fra Elkem Thamshavn viser også at området er betydelig påvirket av metaller (sink og kobber) og PAH. Analyser av blåskjellprøver fra Orkdalsfjorden for øvrig viser moderat tilstand for de samme miljøgiftene.

Trondheim havn

Sedimentprøver fra Brattørbassenget samlet inn i 2020 og 2021 viser at det er et forhøyet innhold av PAH-forbindelser og/eller TBT tilsvarende moderat til dårlig kjemisk tilstand.



Figur 8: Tilstandsklassifisering av miljøgifter i sedimenter i sjøen utenfor Trondheim til venstre og i Brattørbassenget til høyre. Kilder: Vannmiljø, Multiconsult

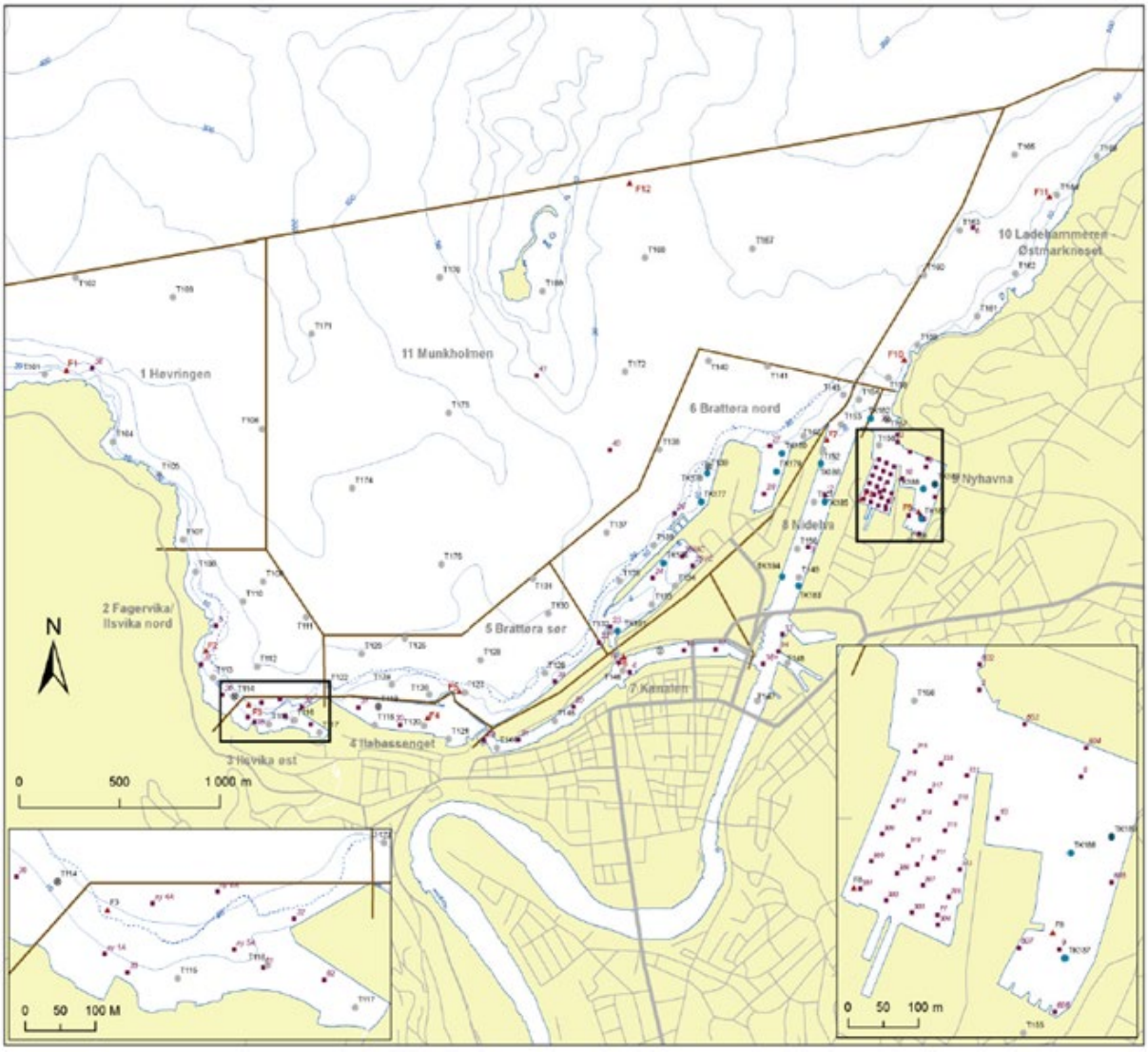
Stasjoner i det bynære området utenfor Høvringen og Østmarkneset, som inngår i den kommunale overvåkingen av Høvringen og Ladehammeren renseanlegg, er forurenset av PAH-forbindelser og har moderat til dårlig kjemisk tilstand. Det er likevel ikke gitt at det er de kommunale utslippene som er kilde til denne forurensningen, andre kilder finnes også i nærområdet.

De to stasjonene som ligger lengst unna byen har begge god kjemisk tilstand.

Kilder til forurensede sedimenter i Trondheims havneområde og utenfor, er som tidligere nevnt mange. Blant annet befolkningskonsentrasjon over lang tid, store og konsentrerte utslippspunkter fra Høvringen og Ladehammeren renseanlegg, havneaktivitet og skipstrafikk, tidligere verft og annen industri i byen og langs Nidelva, samt Killingdal Grubeselskaps aktivitet ved Ilsvika.

Av data hentet fra Vannmiljø, presentert i Figur 8, kan det virke som at sjøarealene i og utenfor Trondheims havneområder er lite undersøkt i den aktuelle perioden (2012-2022), med kun 3 prøvestasjoner i Brattørbassenget (2021). Realiteten er at det i perioden 2015-2016 ble utført omfattende tiltak med sanering og sikring av forurensede sedimenter i store deler av dette havneområdet, i prosjektet «Renere havn Trondheim». Prosjektet ble gjennomført i regi av Trondheim kommune, med finansiering fra Miljødirektoratet.

Omfang av prøver som lå til grunn for planlegging av denne oppryddingen, er illustrert i Figur 9, mens omfanget av gjennomført opprydding er vist i Figur 10. I disse områdene ble det stedvis mudret for å opprettholde ønsket dybde, før områdene i sin helhet ble tildekket med rene masser.



Figur 9: Prøveomfang som lå til grunn for planleggingen av tiltak for sikring av forurensede sedimenter i Trondheim havn. Kilde: Trondheim havn. Helhetlig tiltaksplan (17)



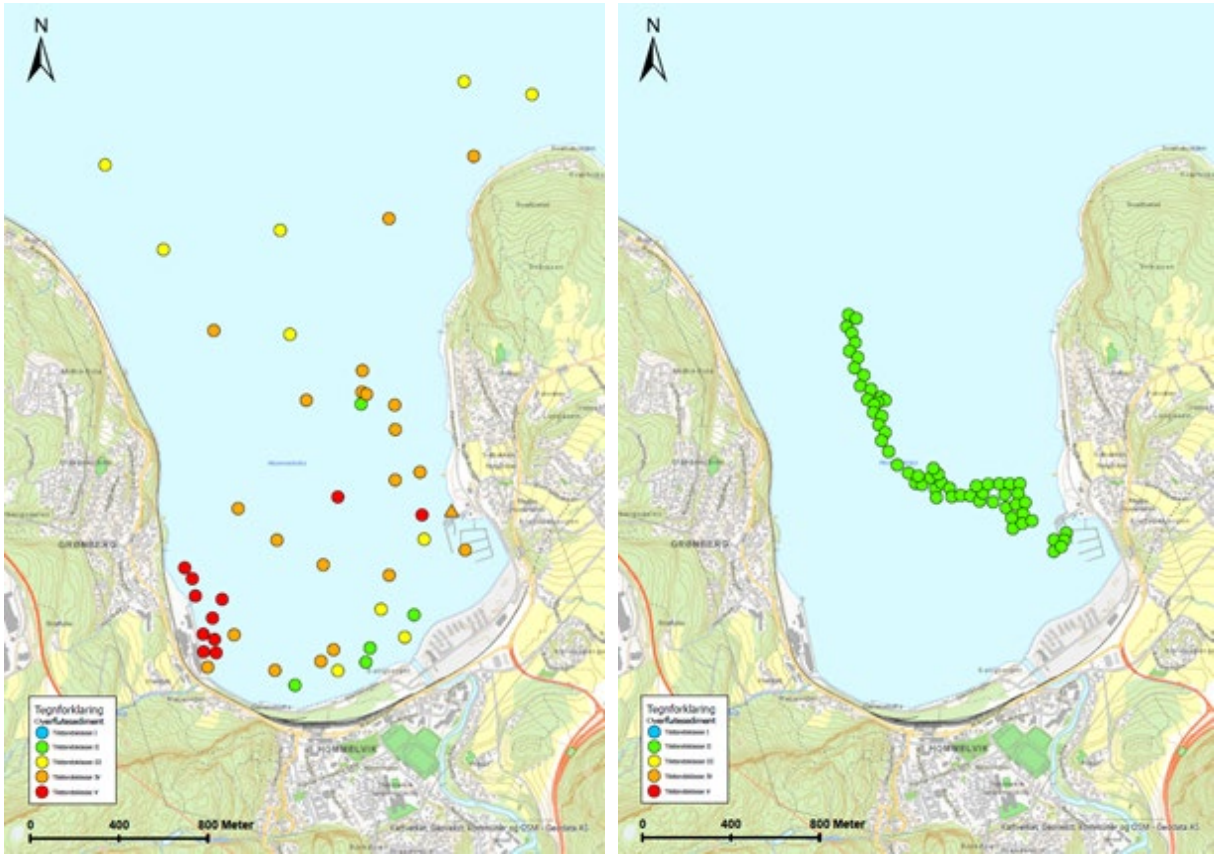
Figur 10: Områder der det i 2015-2016 ble gjennomført tiltak for sanering og sikring av forurensede sedimenter i Trondheims havneområde, og der det nå pågår løpende overvåkning / etterkontroll. Kilde: https://www.trondheim.kommune.no/aktuelt/om-kommunen/annet/prosjekter-fra-a-a/renerehavn/#prosjektets_siste_dokumenter

Løpende overvåkning pågår fortsatt i disse områdene. Full dokumentasjon for prosjektet finnes på www.trondheim.kommune.no/aktuelt/om-kommunen/annet/prosjekter-fra-a-a/renerehavn/#prosjektets_siste_dokumenter

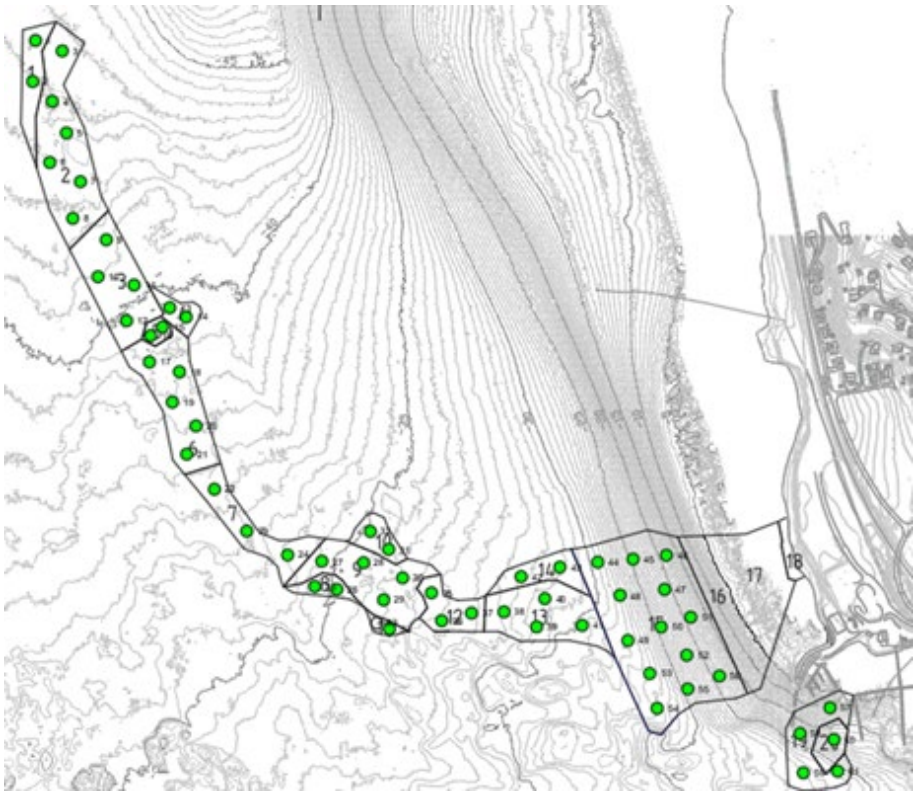
I sum innebærer dette at man har god kontroll med forurensingstilstanden innenfor havneområdet i Trondheim.

Hommelvika

Undersøkelser i Hommelvika utført i perioden 2013-2019 viser at sjøbunnen er forurenset av TBT fra bunnstoff og PAH-forbindelser. Ved kaianlegget sørvest i Hommelvika er miljøtilstanden, basert på TBT, klassifisert som svært dårlig. I de øvrige stasjonene, der det er moderat til svært dårlig kjemisk tilstand, er det påvist et forhøyet innhold av PAH-forbindelser i sedimentene.
I blåskjell, samlet inn like nord for småbåthavna i 2013, ble det påvist et innhold av PAH-forbindelser tilsvarende dårlig kjemisk tilstand.



Figur 11: Tilstandsklassifisering av miljøgifter i sedimenter (sirkler) og blåskjell (trekanter) fra Hommelvika før tiltak til venstre og etter tiltak til høyre. Kilder: Vannmiljø, Multiconsult

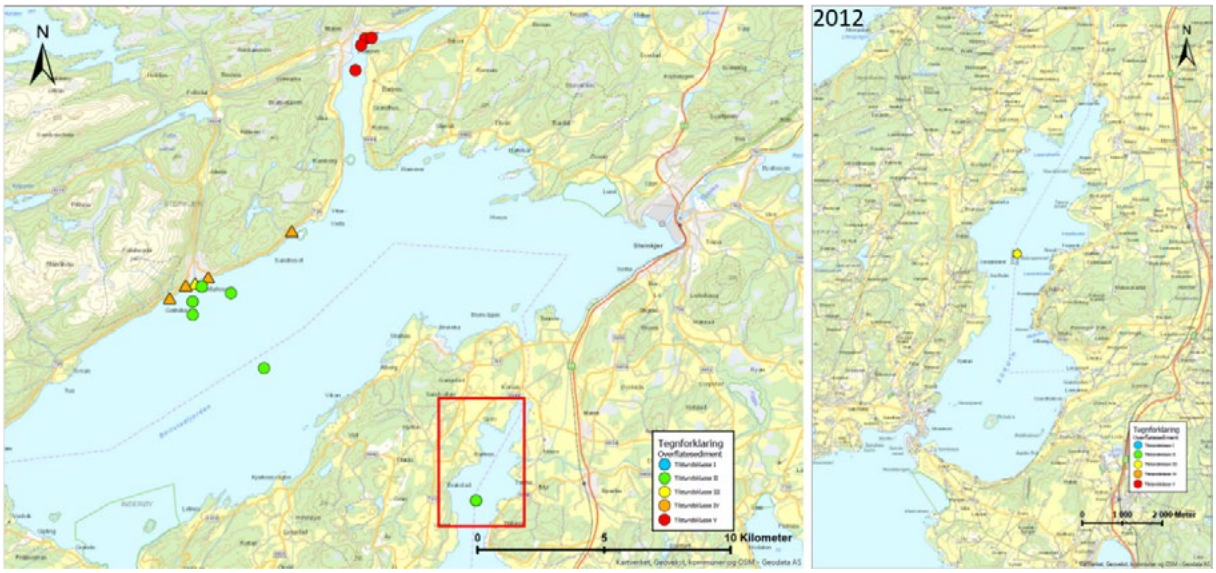


Figur 12: Illustrasjon av områder i Hommelvikbukta som ble tildekket i 2020-2021, og kontrollprøver tatt i etterkant. Kilde: Multiconsult (18)

Hovedkilde til PAH-forurensning i Hommelvika, var NSB sitt anlegg for kreosotimpregnering som lå på Nygården, rett nord for småbåthavna til Malvik båtforening (dvs. øst for bukta). Her ble det først utført tiltak for opprydding på land, i 2011, og i perioden 2020-2021 ble det utført omfattende tiltak også i sjøen, med tildekking av forurensede sedimentene. Tilstanden før og etter utførte tiltak er vist i Figur 11, mens tiltaksomfang er vist i Figur 12. Sedimentprøver samlet inn etter at tildekkingen var gjennomført viser at det nå er god kjemisk tilstand i tiltaksområdet, dvs. at tiltaket har vært vellykket.

Beitstadfjorden og Borgenfjorden

Sedimentprøvene tatt i 2012, 2013, 2015, 2020 og 2021 i Beitstadfjorden (Figur 13) viser generelt god tilstand i sedimentene bortsett fra ved Malm der tilstanden er svært dårlig. Høyeste påviste tilstandsklasse ved Malm er for kobber. Sedimentprøven tatt i 2012 i Borgenfjorden (Figur 13 til høyre) viste moderat kjemisk tilstand i sedimentene med høyeste påvist miljøgift nikkel. I 2013 var det analysert en prøve fra samme prøvepunkt i Borgenfjorden som viste god tilstand. I prøvene av blåskjell tatt ved Follafoss er det påvist arsen i moderat til dårlig tilstand.



Figur 13: Tilstandsklassifisering av miljøgifter i sediment (sirkler) og blåskjell (trekanter) i Beitstadfjorden (2015-2021 til venstre) og Borgenfjorden (2013 til venstre og 2012 til høyre). Kilder: Vannmiljø, Multiconsult

Hovedkilde til registrert forurensning ved Malm antas å være tidligere gruvedrift, mens resultatene ved Follafoss antas å ha sammenheng med papirproduksjon.

Kunnskaps- og overvåkningsbehov

Kunnskapssammenstillingen er basert på data som er registrert i databasen Vannmiljø, supplert med data fra arbeider som Multiconsult har utført. Vi mistenker at også andre aktører, både konsulenter og andre, kan ha tilsvarende mangelfull rapportering. Et kostnadseffektivt tiltak som kan øke kunnskapsgrunnlaget, vil da være å sørge for at disse dataene blir rapportert inn. Den beste måten å sikre dette på, er å gjøre terskelen så lav som mulig for slik etterrapportering. Dette kan gjøres ved at en offentlig aktør (f.eks. fylkeskommunen) etterspør rapporter og data fra aktørene, og sørger for den faktiske innleggingen av disse.

Datagrunnlaget for sedimenter er godt i nærheten av noen av de antatt mest betydningsfulle kildeområdene; Orkanger, Trondheim, Hommelvika og Stjørdal. For sjøområdene utenfor Steinkjer, Verdal og Gaulosen foreligger ikke data i Vannmiljø. Ved Gaulosen utfører Multiconsult en resipientundersøkelse for Melhus kommune i løpet av 2022-2023, slik at kunnskapsgrunnlaget her blir noe bedre. Ved Steinkjer og Verdal behøves ytterligere data.

Det foreligger ingen data i Vannmiljø, fra de siste 10 årene, for registrerte dumpeområder og nærområdene til disse. Her behøves nye data for å evaluere tilstand og utvikling.

En annen observasjon når det gjelder data for miljøgifter i sedimenter, er at omfanget av undersøkelser i ulike deler av fjorden framstår som noe tilfeldig, og at dette i stor grad henger sammen med enten pågående utslipp (fra virksomheter med krav i sin utslippstillatelse), at det er gitt pålegg om undersøkelser fra miljømyndighet (f.eks. ved Fosen Yard), eller at det foreligger planer om tiltak i sjø (utfylling, mudring). Dette kan gi en skjev framstilling av problemstillingen. En mer generell kartlegging, planlagt med utgangspunkt i bl.a. mistenkte kilder på land og i sjø, strømforhold og bunntopografi, ville supplert og sannsynligvis nyansert det inntrykket man får ved å se på dagens samlede datamengde (som det framkommer i Figur 1).

For miljøgifter i biota er datagrunnlaget svært tynt i størstedelen av fjorden, jfr. Figur 2. Her er det et betydelig suppleringsbehov, som også vil gi et bedre grunnlag for å vurdere den reelle økologiske risikoen knyttet til forurensningene.

Datagrunnlaget for miljøgifter omfatter for de aller fleste prøvene, både av sediment og biota, kun tungmetaller (arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH_{16}), polyklorerte bifenyler (PCB_7) og tributyltinn (TBT). For andre prioriterte miljøgifter foreligger lite data, og dette behøver også å suppleres. Dette gjelder eksempelvis for en parameter som PFAS (perfluorerte stoffer), som det er satt fokus på de siste 10-12 årene.

Referanser

1. **Miljødirektoratet.** *Veileder M-608/2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota-revidert 30.10.2020.*

2. **Multiconsult.** *413750r1rev1 - Killingdalområdet, Trondheim - Tiltaksplan for riving, opprydding og sikring.* 2009.

3. —. *413750r8 - Killingdalområdet, Trondheim - Sluttrapport.* 2011.

4. **NINA.** *Lakseelver i Trondheimsfjorden.* 1999.

5. **NGU.** Dumpet ammunisjon kan spre miljøgifter. [Online] 19 12 2013. https://www.ngu.no/nyheter/dumpet-ammunisjon-kan-spre-milj%C3%B8gifter.

6. **Forsvarets forskningsinstitutt.** *Forurensning fra ammunisjon i akvatisk miljø og på kystfort - innledende undersøkelser*. 2010. FFI-rapport 2010/00239..

7. **The US Army Engineer Research and Development Centre.** *Summary Review of the Aquatic Toxicology of Munition Constituents.* 2013. ERDC/EL TR-13-8.

8. **Voie, Ø.A., Mariussen, E.** Risk Assessment of Sea Dumped Conventional Munitions. *Propellants, Explosives, Pyotechnica.* 2016.

9. **Forsvarets forskningsinstitutt.** *Påvirkes fisk og skalldyr av dumpet ammunisjon? - en undersøkelse i fire dumpefelt for krigsetterlatenskaper.* 2021. FFI-rapport 21/01396.

10. **Forsvarsdepartementet**. Høring - forskrift om skyte- og øvingsfelt i sjø. Regjeringen.no. [Online] 13 09 2021. https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/forsvarsdepartementet-sender-med-dette-pa-horing-forslag-til-ny-forskrift-om-skyte-og-ovingsfelt-i-sjo/id2870988/?expand=horingsnotater.

11. **Multiconsult.** *417140-RIGm-RAP-001.*

12. —. *416493-RIGm-NOT-001, 416493-NOT-002.*

13. —. *413005-RIGm-NOT-003.*

14. —. *413005-RIGm-NOT-004.*

15. —. *413005-RIGm-NOT-005.*

16. —. *10204691-RIGm-RAP-001.*

17. **NGI / DNV.** *200081794-00-62-R, rev. 1. Trondheim havn. Helhetlig tiltaksplan for Trondheim havnebasseng. Delrapport 4 - Tiltaksplan.* 2011.

18. **Multiconsult.** *415257-RIGm-RAP-009. Miljøtiltak Hommelvikbukta, Malvik. Sluttrapport etter tildekking av forurenset sjøbunn.* 2021.

Trøndelag fylkeskommune
Tröndelagen fylhkentjïelte

VEDLEGG 1-11


Foto: Magne Husby


Foto: Johanne Arff


Foto: Janne K. Gitmark


Foto: Anders Lamberg



Foto: Erling Svensen

INNHOLD

Vedlegg 1: Plankton ..... s. 4

Vedlegg 2: Bløtbunnsfauna ..... s. 17

Vedlegg 3: Makroalger ..... s. 26

Vedlegg 6: Sjøørret ..... s. 58

Vedlegg 7: Maneter ..... s. 65

Vedlegg 9: Sjøfugl ..... s. 69

Vedlegg 10: Fysiske inngrep, menneskelig aktivitet og samlet påvirkning på viktige naturområder ..... s. 75

Vedlegg 11: Miljøgifter ..... s. 86

VEDLEGG 1: PLANKTON

INNHOLD

Vedlegg 1.1: Kommersiell utnyttelse av dyreplankton ..... s. 6

Vedlegg 1.2: Planktonforekomster gjennom året ..... s. 8

Vedlegg 1.3: Vannføring i de store elvene som drenerer til Trondheimsfjorden..... s. 11

Vedlegg 1.1: Kommersiell utnyttelse av dyreplankton

Det har de siste par tiår vært en økende interesse for høsting på lavere nivå i det marine næringsnettet. Det er gitt en kommersiell kvote på raudåte, men ikke i norske fjorder. Biomassetopper av raudåte sammenfaller som regel med høy forekomst av fiskelarver, og det er vanskelig å unngå bifangst av fiskelarver på våren. Når årets andre biomassetopp av dyreplankton kulminerer i juni/juli har fiskelarvene blitt til yngel, og for eksempel torskefisker har da som regel vandret ned mot sjøbunnen. Fiskeyngel er også raske svømmere sammenlignet med når de er larver, og vil ikke ha noe problem med å unngå en tråI som trekkes i en knops fart. Det er imidlertid noen fiskeslag som produserer larver gjennom sommeren, og disse er makrell og ulike typer leppefisk. Erfaring som selskapet Planktonic AS gjorde i perioden 2009-2016 var at det nesten ikke var å finne fiskelarver og yngel i fangsten når trålingen ble utført i perioden juni – oktober.

Raudåte er den arten som kan vise til den høyeste biologiske produksjon av alle verdens flercellede dyreorganismer. Produksjonen (biomasse x tilvekst) er anslått til mellom 190 – 290 millioner tonn i Norskehavet. Til sammenligning høster man ca. 2-2,5 millioner tonn sjømat i norske havområder. Matematisk modellering av økosystemet utført av SINTEF Ocean har vist at et uttak av raudåte ikke gir negative utslag, og at bestanden kompenserer med økt veksthastighet.

Andre arter av hoppekreps kan ikke vise til tilsvarende biomasser som raudåte, men kanskje er produksjonen høyere? Hoppekreps som dominerer i norsk kystvann og fjorder om sommeren og i høstmånedene er lite studert med hensyn på hvilken ressurs dette utgjør. Det som er sikkert, er i at:

1. Sjøtemperaturer i løpet av sommer/høst er betydelig høyere enn i april når raudåta dominerer. Høyere temperaturer bidrar til raskere veksthastighet.

2. Hoppekreps som dominerer i løpet av sommeren, som for eksempel *Temora longi-cornis*, kan ha seks generasjoner per år sammenlignet med raudåta som i hovedsak kun har en generasjon.

3. Mange studier har underestimert små hoppekreps og spesielt yngre stadier av disse da man har benyttet for grove prøvetakingsredskaper. Dette ble dokumentert i løpet av prøvetakingsprogrammet “Trollet”.

Hoppekreps har raske generasjonstider, og raudåta har typisk en generasjonstid på omtrent 45 dager når temperaturene er lave på våren, mens hoppekreps som dominerer på sommer/høst kan ha generasjonstider på 25-30 dager.

Høsting av raudåte var tema i det 5-årige strategiske universitetsprogrammet CALANUS (2000-2005). Dette var et tverrfaglig prosjekt, med biologer, teknologer og samfunnsvitere. Forskningen inkluderte kartlegging av ressursen, biologiske forsøk som inngikk i økologiske modeller, karakterisering av biokjemiske komponenter, utvikling av fangstutstyr, detektering som inkluderte akustiske metoder og mulige påvirkninger et fremtidig fiske kunne ha på fiskerier og bosetting. Figur 1 og Figur 2 viser prøvefangst av raudåte i regi av forskningsprogrammet.

I CALANUS programmet ble det konkludert med at bestanden av raudåte i hovedsak er begrenset av føde, og i mindre grad predasjon. Det vil si at økt veksthastighet vil kompensere for et uttak i bestanden som høsting, da hvert enkelt individ vil oppleve et kvalitativt bedre matfat.

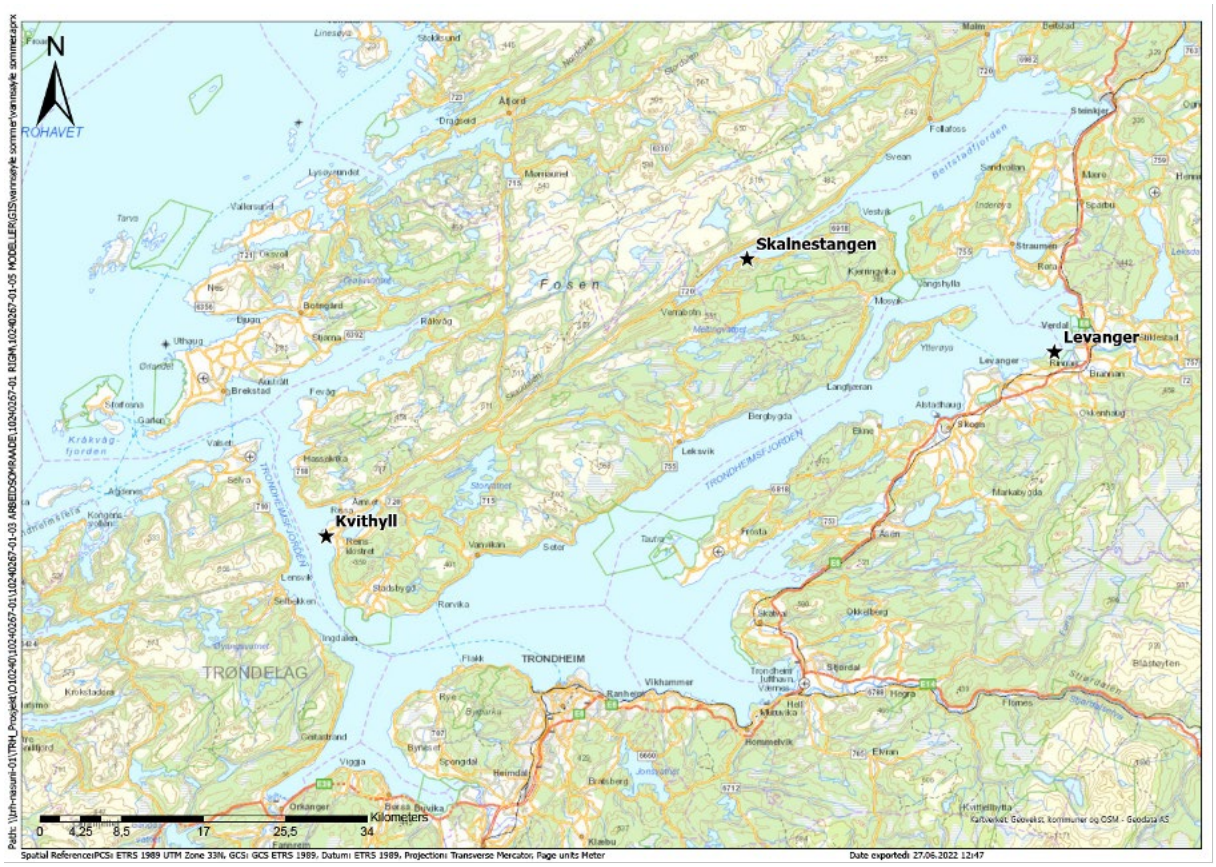


Figur 1. Finmasket tråll som ble benyttet i universitets-programmet CALANUS. Foto: Nils Tokle.

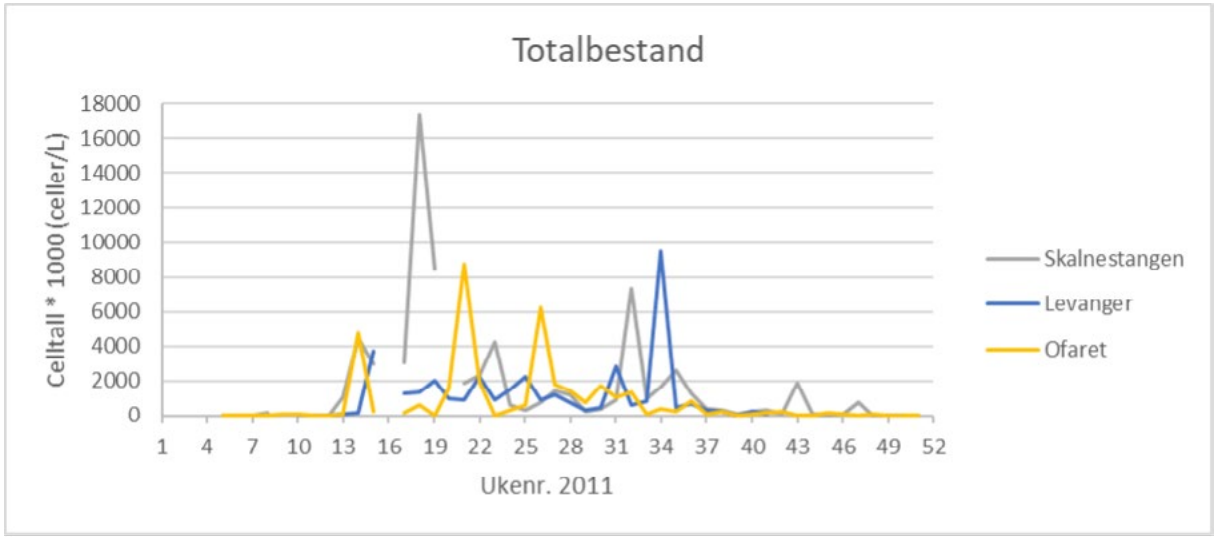


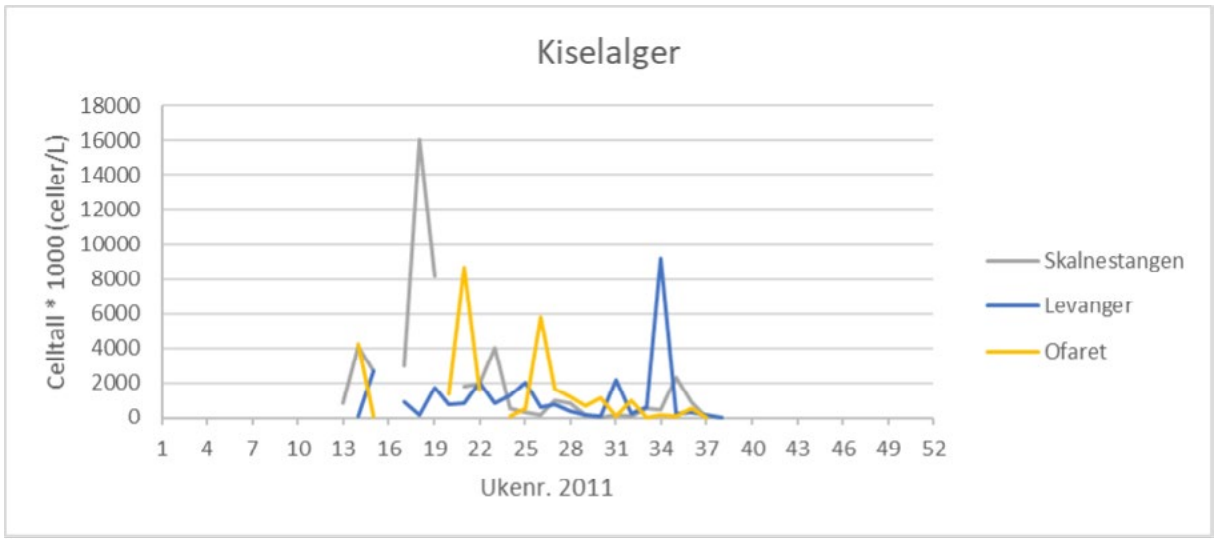
Figur 2. Trålposen viser fangst av raudåte. Foto: Nils Tokle.

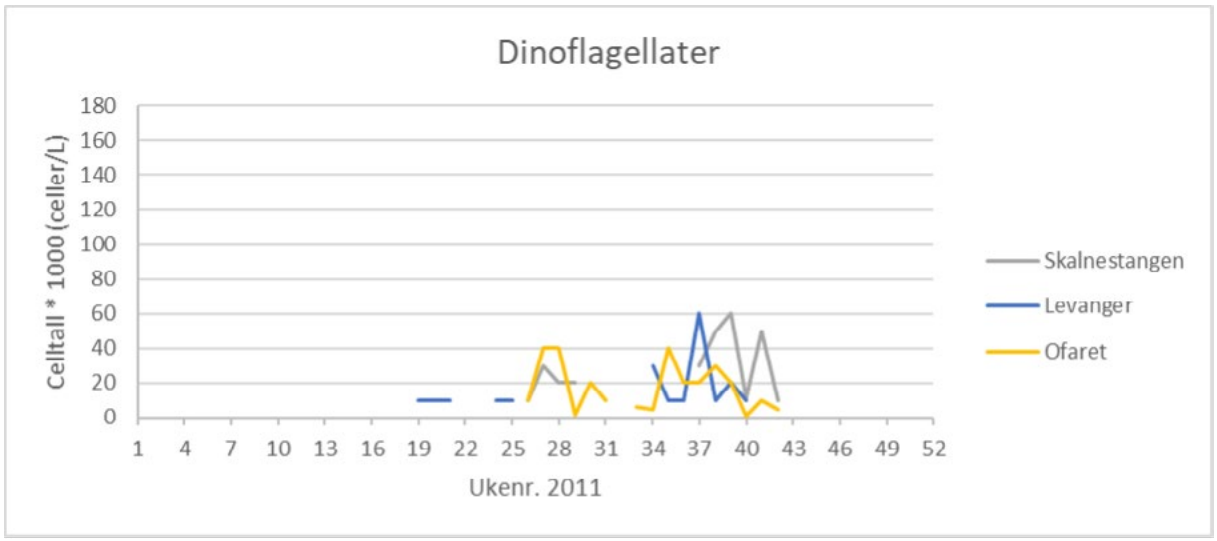
Vedlegg 1.2: Planktonalgeforekomster gjennom året



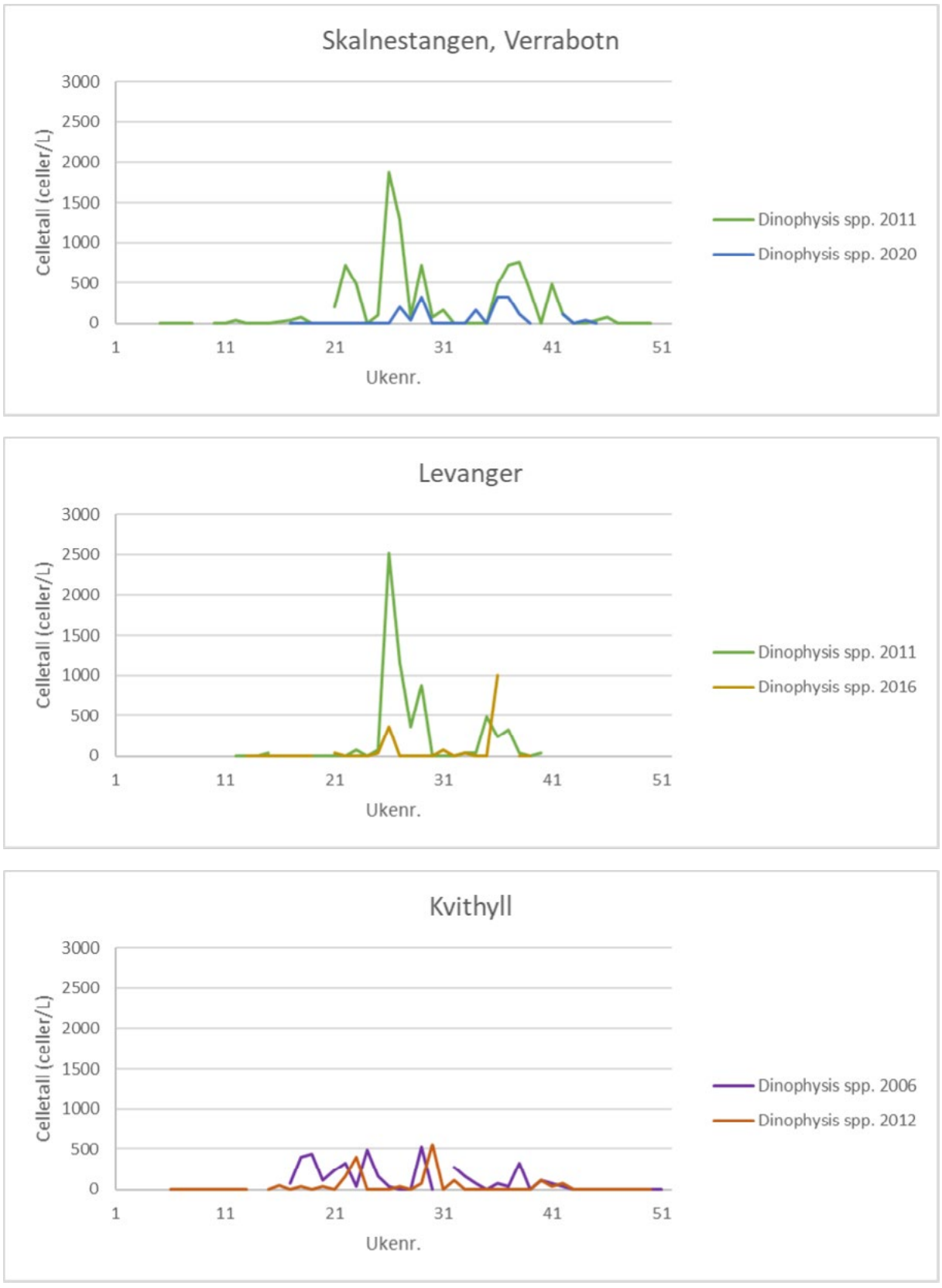
Figur 1. Kart som viser lokalisering av prøvepunkter for innsamling av planktonalgeprøver.







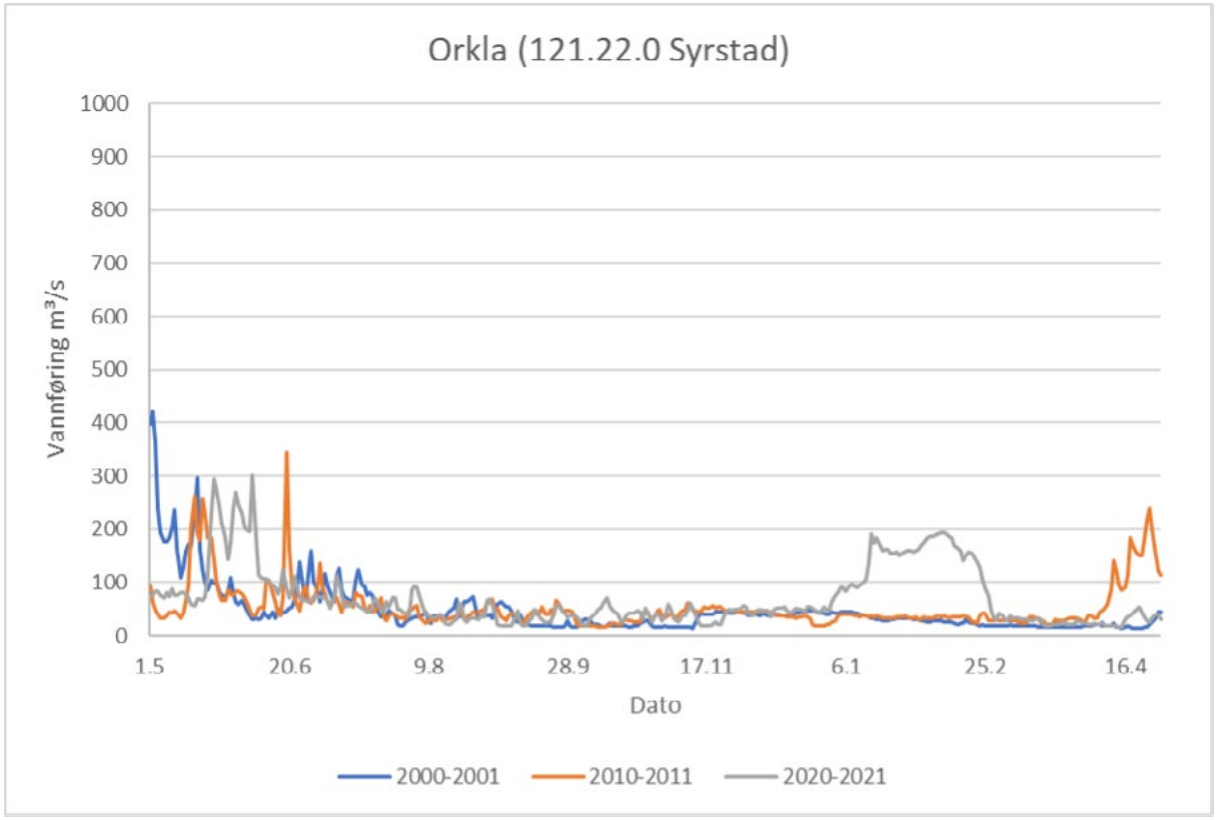
Figur 2. Algeforekomster som celletall * 1000 (celler/L) i Beitstadfjorden (Skalnestangen), midtfjorden (Levanger) og ytterfjorden (Ofaret, Rissa) i 2011. Øverst: totalbestanden av kiselalger, dinoflagellater, samt små ubestemte flagellater og monader. Midten: kun kiselalger. Nederst: kun dinoflagellater. NB y-aksen for dinoflagellater avviker fra totalbestand og kiselalger. Data fra SINTEF Ocean.



Figur 3. Forekomster av diaretoksinproduserende dinoflagellater (Dinophysis) i Beitstadfjorden (øverst), midtfjorden (midten), og ytterfjorden (nederst). Årstallene viser når stasjonen var en del av Mattilsynets overvåking av algegifter i blåskjell. Eksempelvis er det ikke samlet inn prøver på Kvithyll etter 2012. Data fra Mattilsynet.

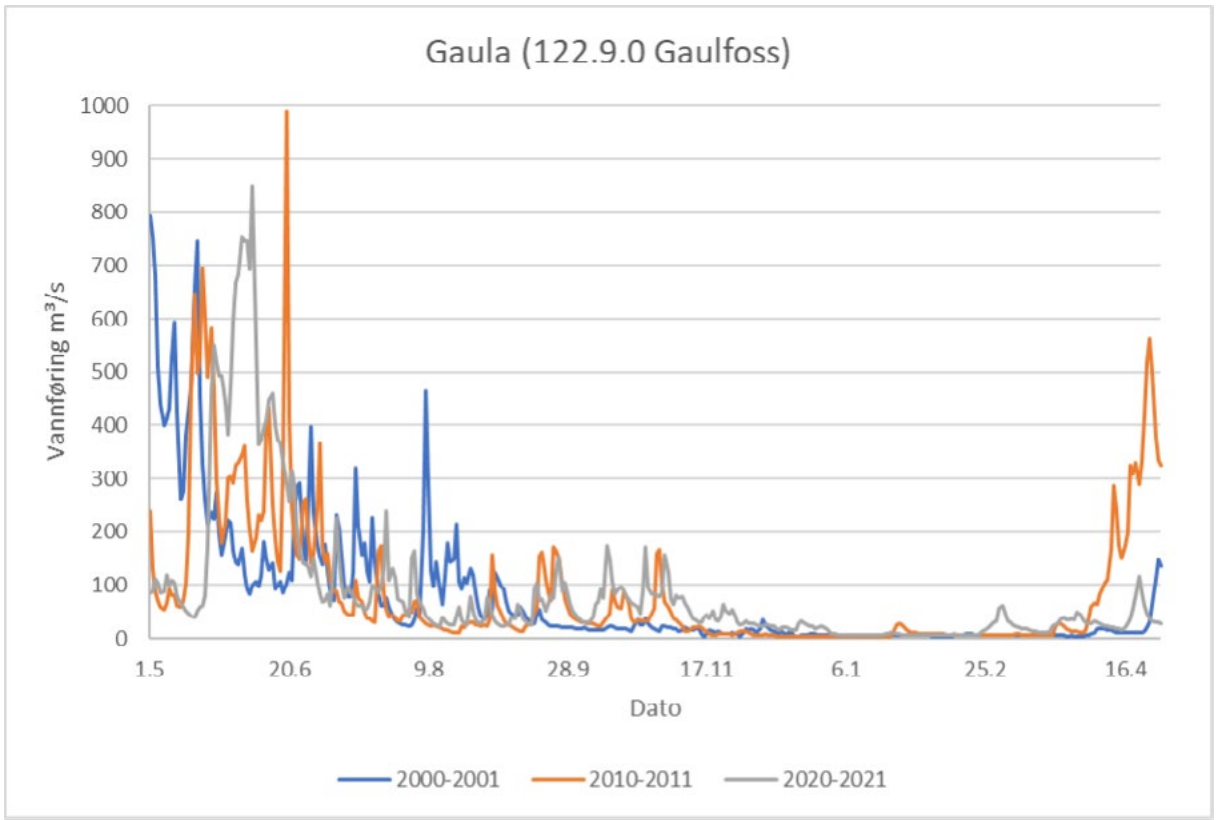
Vedlegg 1.3: Vannføring i de store elvene som drenerer til Trondheimsfjorden





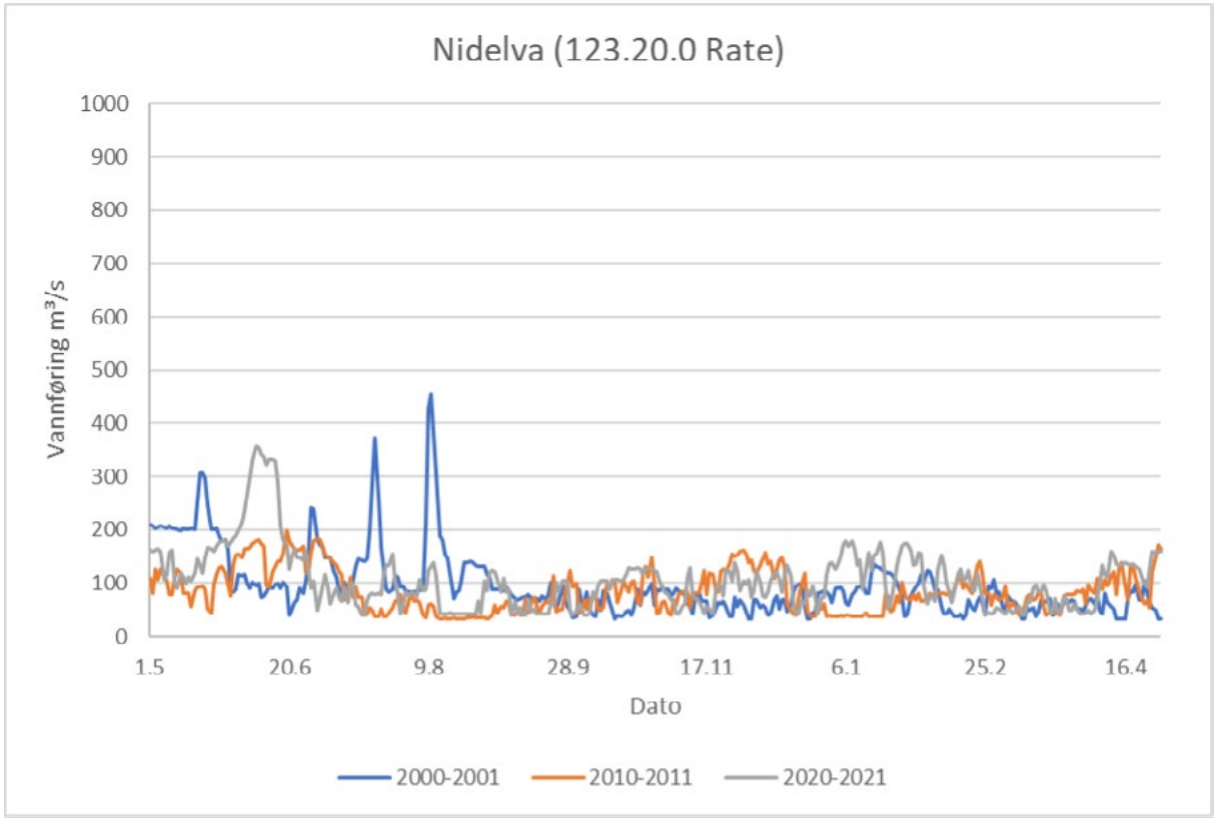
Figur 1. Vannføring (m^3/s) i Orkla i tre hydrografiske år (2000-2001, 2010-2011 og 2020-2021). Kart og datagrunnlag er hentet fra NVEs database Sildre.





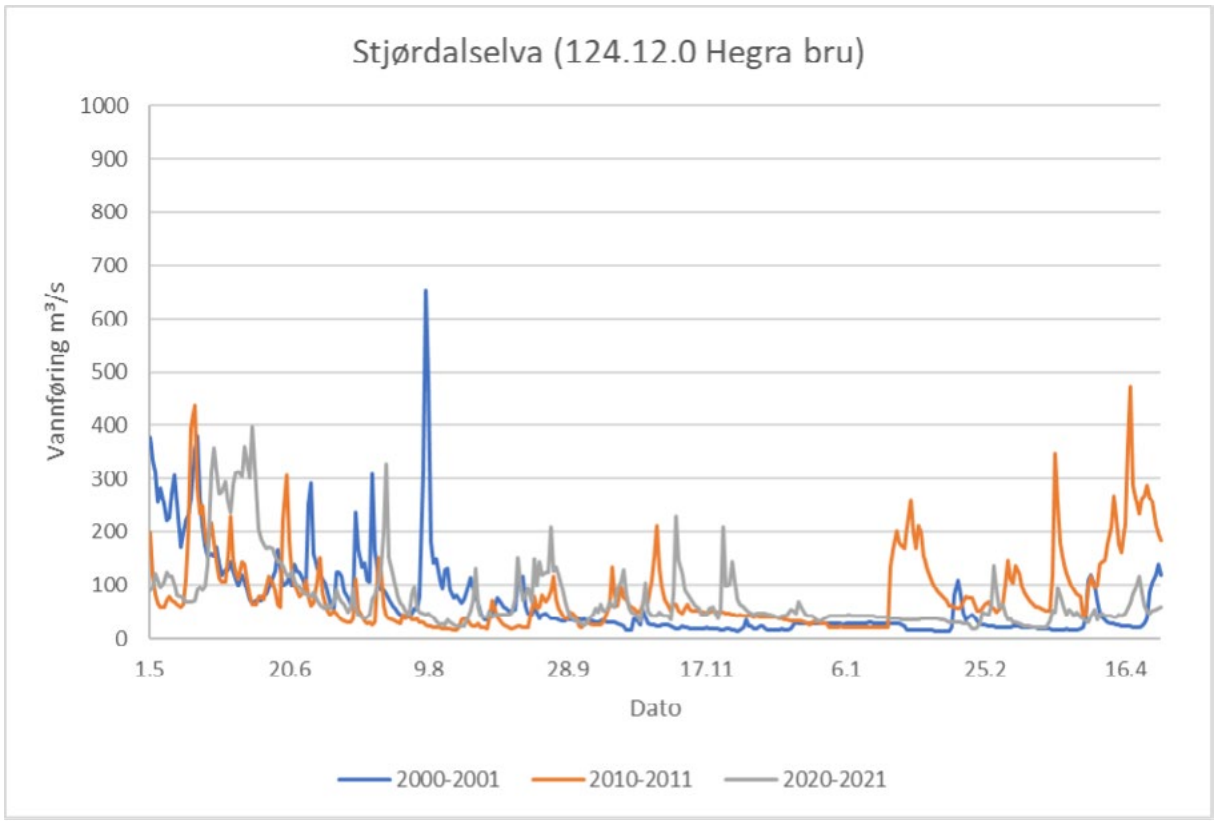
Figur 2. Vannføring (m^3/s) i Gaula i tre hydrografiske år (2000-2001, 2010-2011 og 2020-2021). Kart og datagrunnlag er hentet fra NVEs database Sildre.





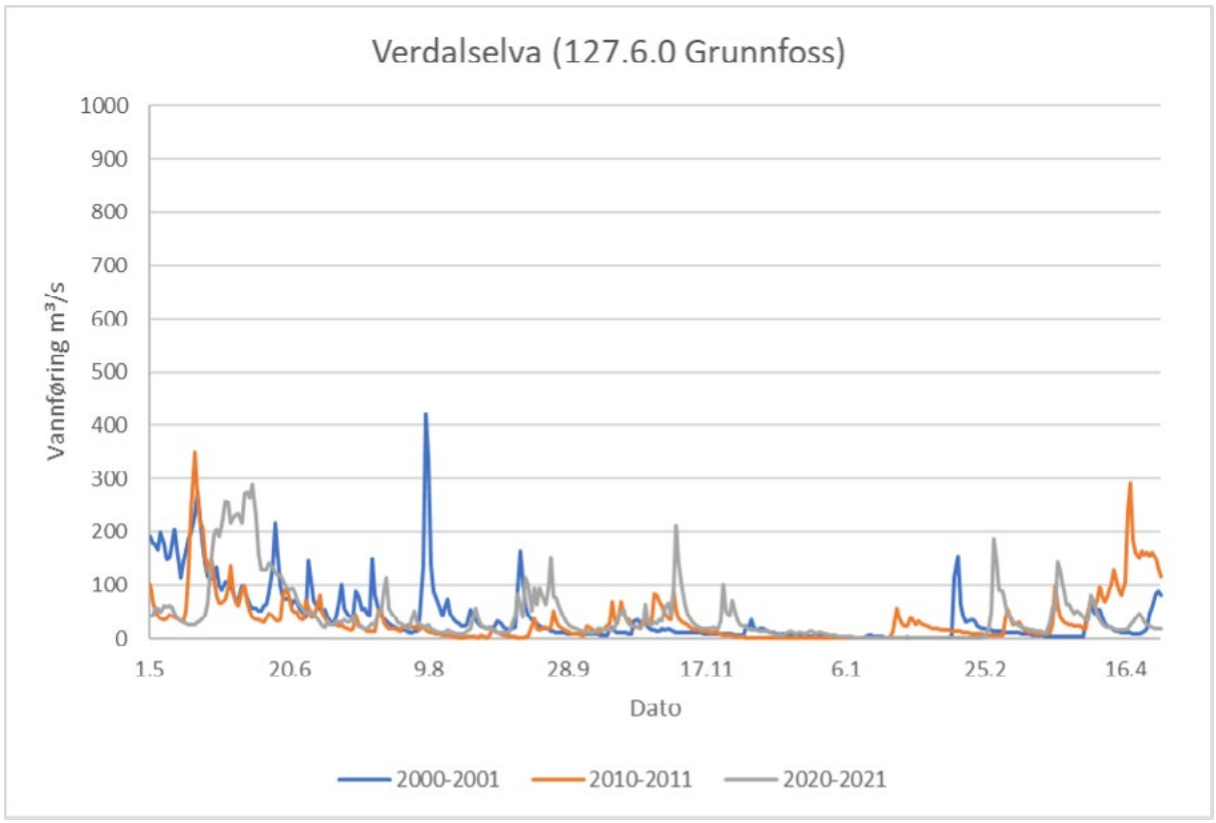
Figur 3. Vannføring (m^3/s) i Nidelva i tre hydrografiske år (2000-2001, 2010-2011 og 2020-2021). Kart og datagrunnlag er hentet fra NVEs database Sildre.





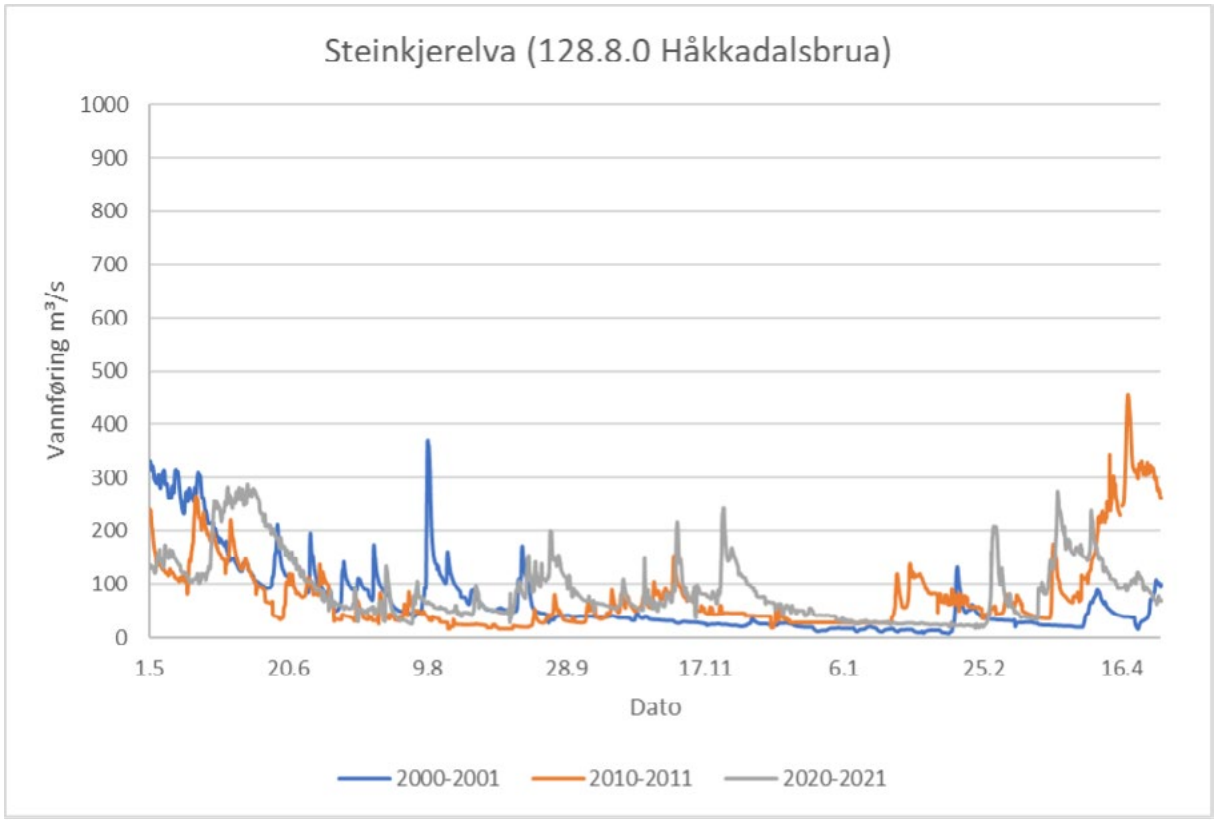
Figur 4. Vannføring (m^3/s) i Stjørdalselva i tre hydrografiske år (2000-2001, 2010-2011 og 2020-2021). Kart og datagrunnlag er hentet fra NVEs database Sildre.





Figur 5. Vannføring (m^3/s) i Verdalselva i tre hydrografiske år (2000-2001, 2010-2011 og 2020-2021). Kart og datagrunnlag er hentet fra NVEs database Sildre.





Figur 6. Vannføring (m^3/s) i Steinkjerelva i tre hydrografiske år (2000-2001, 2010-2011 og 2020-2021). Kart og datagrunnlag er hentet fra NVEs database Sildre.

VEDLEGG 2: BLØTBUNNSFAUNA

Vedlegg 1.2: MILJØTILSTANDEN PÅ BLØTBUNNSSTASJONER I TRONDHEIMSFJORDEN

Tilstand til bløtbunnsstasjoner og tilhørende vannforekomster i Trondheimsfjorden (år merket med rødt er utelatt fra tilstandsvurderingen ovenfor).

Vannforekomst (VF) navn	Stasjon (St)	År	nEQR, St	nEQR, VF
Beitstadfjorden	Kjerknesvågen båthavn	2009	0,68	0,68
	SCe2	2011	0,71	0,78
	SCe3		0,85	
	SCE_ref	2015	0,85	0,84
	SCE4		0,85	
	SCE5		0,82	
	SCE5	2018	0,83	0,69
	SCE6		0,65	
	SCE7		0,59	
	SCE5	2021	0,82	0,72
	SCE6		0,61	
Beistadsundet	Tjuin	2020	0,67	0,81
	Tjuin		0,84	
	Tjuin		0,87	
	Tjuin		0,87	
Bjugnfjorden	IF-ref	2017	0,80	0,80
	Uthaug 1	2018	0,33	0,59
	Uthaug 2		0,86	
Botn	BO1	2018	0,54	0,49
	BO2		0,45	
	BO3		0,50	
	BO4		0,38	
	BO5		0,56	
Buvika	TH8	1983	0,69	0,69
Follafoss havneområde	SCe1	2011	0,52	0,52
Gaulosen	TH9	1983	0,71	0,73
	T10		0,76	
	T11		0,74	
	T12		0,69	
Grandvika	GF1	2017	0,67	0,72
	GF2		0,68	
	GF3		0,82	

Haugsandgrunnen - Hestøy-grunnen	FI03	1998	0,72	0,72
	FI08		0,72	
	FI03	1999	0,68	0,73
	FI08		0,78	
	FI03	2000	0,74	0,72
	FI08		0,70	
	FI03	2002	0,71	0,68
	FI08		0,64	
	Skogn, Fi 15 (Referanse)	2012	0,82	0,61
	Skogn, Fi 3		0,21	
	Skogn, Fi 3		0,71	
	Skogn, Fi 8 (Alnesholmen)		0,71	
	Skogn, Fi 15 (Referanse)	2018	0,75	0,72
	Skogn, Fi 3		0,78	
	Skogn, Fi 8 (Alnesholmen)		0,66	
	Skogn, Fi14		0,69	
	Norske Skog Skogn	2021	0,74	0,79
	Skogn, Fi 15 (Referanse)		0,82	
	Skogn, Fi 3		0,80	
Hommelvika	HM1	1983	0,58	0,48
	HM2		0,47	
	HM3		0,39	
	Hummelvika, HRV – 150	2016	0,42	0,50
	Hummelvika, HRV – 50		0,56	
	Hummelvika, HRV – Eks.		0,42	
	Hummelvika, HRV – Ny		0,61	
	Hummelvika, HRV – 50	2019	0,59	0,59
Hoplafjorden	Åsen 1	2016	0,71	0,71
	Åsen 1	2021	0,62	0,62
Hyllbukta	Røra - Hylla 1	2018	0,69	0,73
	Røra - Hylla 2		0,74	
	Røra - Hylla ref		0,77	

Indre Orkdalsfjorden	TH1	1983	0,15	0,46
	TH2		0,47	
	TH3		0,63	
	TH4		0,58	
	TH5		0,46	
	Orkdalsfjorden, OR1	2008	0,74	0,63
	Orkdalsfjorden, OR2		0,61	
	Orkdalsfjorden, OR3		0,55	
	Orkdalsfjorden, OR4		0,61	
	Orkdalsfjorden, OR1	2012	0,79	0,61
	Orkdalsfjorden, OR2		0,60	
	Orkdalsfjorden, OR3		0,51	
	Orkdalsfjorden, OR4		0,53	
	Orkdalsfjorden ved utslipp NK (NK2)	2018	0,60	0,68
	Orkdalsfjorden, OR1		0,76	
	Orkdalsfjorden, OR3		0,66	
	Orkdalsfjorden v/NKb (NK6)	2019	0,75	0,77
	Orkdalsfjorden v/NKb (NK7)		0,79	
Korsfjorden	T13	1983	0,70	0,70
	Orkdalsfjorden, OR6	2008	0,51	0,51
	Orkdalsfjorden, OR6	2012	0,62	0,62
	Orkdalsfjorden, OR6	2018	0,70	0,70
Kvithyll havn	KVITHYLLA 1	2020	0,89	0,89
	KVITHYLLA 2		0,89	
Lade - Midtsanden	Lade - Midtsanden (R2)	2015	0,65	0,72
	Lade - Midtsanden (R3)		0,69	
	Lade - Midtsanden (R4-S)		0,82	
	Saksvikbukta, SRA-125W	2019	0,52	0,69
	Saksvikbukta, SRAN-30		0,76	
	Saksvikbukta, SRA-ref		0,78	
	Lade - Midtsanden (R2)	2021	0,75	0,72
	Lade - Midtsanden (R3)		0,68	
Ladehammeren	LH1	1987	0,76	0,76
	LH1	2001	0,80	0,80
	Ladehammeren, LH1	2015	0,76	0,76
Munkholmen - sør	HØ1	1987	0,59	0,63
	HØ2		0,67	
	HØ1	2001	0,57	0,65
	HØ2		0,72	
	Trondheimsfjorden (HØ1)	2015	0,80	0,77
	Trondheimsfjorden (HØ2)		0,73	

Orkdalsfjorden	TB2	1981	0,37	0,37
	TH6	1983	0,43	0,42
	TH7		0,41	
	Orkdalsfjorden, OR5	2008	0,49	0,49
	Orkdalsfjorden, OR5	2012	0,51	0,51
	Orkdalsfjorden, OR5	2018	0,61	0,61
Steinkjer havneområde	Eggebogen båthavn	2009	0,73	0,73
Stjørdalselva nytt utløp	Gamle elveleiet på Sandfærhus/ Stjørdalselva, P13	2021	0,47	0,48
	Gamle elveleiet på Sandfærhus/ Stjørdalselva, P13		0,50	
	Stjørdalselva nedstrøms E6, P1		0,46	
Stjørdalselva tidligere utløp	VN	2004	0,16	0,16
	Stjørdal båthavn	2009	0,46	0,46
	Stjørdalsfjorden, St. 1 (sediment)	2013	0,39	0,64
	Stjørdalsfjorden, St. 2 (sediment)		0,63	
	Stjørdalsfjorden, St. 3 (sediment)		0,71	
	Stjørdalsfjorden, St. 7 (sediment)		0,83	
	Trondheim lufthavn	2020	0,60	0,64
	Trondheim lufthavn		0,68	
	Stjørdalsfjorden, nord for molo	2021	0,56	0,62
	Stjørdalsfjorden, St. 1 (sediment)		0,68	

Stjørdalsfjorden	TB3	1981	0,67	0,65
	TB4		0,63	
	HM4	1983	0,56	0,62
	HM5		0,58	
	HM6		0,59	
	HM7		0,54	
	HM8		0,57	
	HM9		0,64	
	M10		0,78	
	M11		0,61	
	M12		0,74	
	TB4	2011	0,63	0,64
	Stjørdalsfjorden, BT77		0,64	
	Stjørdalsfjorden, BT77	2013	0,61	0,67
	Stjørdalsfjorden, St. 4 (sediment)		0,74	
	Stjørdalsfjorden, St. 5 (sediment)		0,68	
	Stjørdalsfjorden, BT130	2014	0,68	0,64
	Stjørdalsfjorden, BT77		0,60	
	Hummelvika, HRV – Ref.	2016	0,60	0,60
	BT77	2017	0,63	0,63
	Stjørdalsfjorden, BT77		0,63	
	Stjørdalsfjorden, BT77	2018	0,61	0,60
	Stjørdalsfjorden, P2		0,62	
	Stjørdalsfjorden, P9		0,56	
	Stjørdalsfjorden, BT77	2020	0,70	0,69
	Trondheim lufthavn		0,69	
	SARA-100	2021	0,67	0,66
	SARA-50		0,71	
	SARAOVL-50		0,55	
	Stjørdalsfjorden, P9		0,69	
	Stjørdalsfjorden, St. 4 (sediment)		0,72	
	Stjørdalsfjorden, St. 5 (sediment)		0,63	
Stjørnfjorden	Frengåsen	2021	0,79	0,85
	Frengåsen		0,83	
	Frengåsen		0,84	
	Frengåsen		0,85	
	Frengåsen		0,87	
	Frengåsen		0,89	
Trondheimsfjorden - Agdenes	Grønningsbukta vest	2020	0,84	0,84
	Grønningsbukta øst		0,85	
	KVITHYLLA REF		0,82	

Trondheimsfjorden - Levanger	Trondheimsfjorden indre, BT112/ TRD	2011	0,83	0,83
	Trondheimsfjorden indre, BT112	2014	0,84	0,84
	Ref_Ørin	2018	0,79	0,67
	Ørin1		0,60	
	Ørin2		0,62	
	Ørin3		0,65	
	Djupvika, DJU-1	2019	0,78	0,81
	Djupvika, DJU-2			
	Djupvika, DJU-3		0,75	
	Djupvika, DJU-4		0,81	
	Djupvika, DJU-5		0,82	
	GRA-1		0,85	
	GRA-2		0,87	
	GRA-3		0,86	
	GRA-4		0,86	
	GRA-5		0,84	
	GRA-REF		0,71	

Trondheimsfjorden - Trondheim	M13	1983	0,79	0,79
	HØ3	1987	0,58	0,73
	HØ4		0,73	
	LH2		0,76	
	LH3		0,71	
	RAH1		0,68	
	RAH2		0,75	
	ROT1		0,81	
	ROT2		0,75	
	SFJ1		0,73	
	SFJ2		0,81	
	SFJ3		0,68	
	HØ3	2001	0,75	0,81
	HØ4		0,73	
	LH2		0,79	
	LH3		0,81	
	RAH1		0,81	
	RAH2		0,87	
	ROT1		0,82	
	ROT2		0,80	
	SFJ1		0,83	
	SFJ2		0,84	
	SFJ3		0,81	
	Stjørdalsfjorden, St. 6 (sediment)	2013	0,67	0,67
	Trondheimsfjorden - Trondheim (F1- Grillstadfjæra)	2015	0,81	0,77
	Trondheimsfjorden (HØ3)		0,71	
	Trondheimsfjorden (HØ4)		0,78	
	Trondheimsfjorden (LH2)		0,81	
	Trondheimsfjorden (LH3)		0,77	
	Trondheimsfjorden (RA1)		0,70	
	Trondheimsfjorden (SF3)		0,82	
	RyeRA-250	2020	0,86	0,85
	RyeRA-50-100		0,84	
	RyeRA-grunne		0,84	
	Rørvika	2021	0,82	0,83
	Rørvika		0,83	
	Rørvika		0,84	
	Rørvika		0,86	
	Rørvika		0,86	
	Rørvika		0,87	
	Stjørdalsfjorden, St. 6 (sediment)		0,78	
	Trondheimsfjorden - Trondheim (F1- Grillstadfjæra)		0,83	
	Trondheimsfjorden - Trondheim (R4-V)		0,78	
	Trondheimsfjorden (RA1)		0,79	

Åsenfjorden	Åsen 3	2002	0,59	0,59
	Åsen 3	2005	0,66	0,66
	Åsen 3	2008	0,71	0,71
	Langstein, LAN-1	2015	0,57	0,55
	Langstein, LAN-2		0,53	
	Langstein, LAN-3		0,56	
	Åsen 2	2016	0,77	0,72
	Åsen 3		0,67	
	Langstein, LAN-1	2019	0,54	0,53
	Langstein, LAN-2		0,50	
	Langstein, LAN-3		0,54	
	Åsen 2	2021	0,71	0,66
	Åsen 3			

VEDLEGG 3: MAKROALGER

INNHOLD

Vedlegg 3.1: Stasjoner og koordinater ..... s. 30

Vedlegg 3.2: Rammedata fra samtlige undersøkelser ..... s. 33

Vedlegg 3.3: Økologisk tilstand for fjæreindeksen per stasjon ..... s. 35

Vedlegg 3.4: Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomsten Trondheimsfjorden - Trondheim ..... s. 38

Vedlegg 3.5: Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomsten Ilabassenget og Brattøra og Munkholmen sør ..... s. 42

Vedlegg 3.6: Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomsten Lade - Midtsanden ..... s. 44

Vedlegg 3.7: Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomsten Ilsvika, Ladehammeren og Lyngholmsråsa ..... s. 47

Vedlegg 3.8: Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomsten Krågksvågfjorden og Trondheimsfjorden - Levanger ..... s. 50

Vedlegg 3.9: Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomsten Beistadfjorden ..... s. 53

Vedlegg 3.10: Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomsten Haugsandgrunnen - Hestøygrunnen, Orkdalsfjorden og Stjørdalsfjorden ..... s. 56

Vedlegg 3.11: Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomsten Stjørdalselva nytt utløp, Grandvika, Gaulosen, Åsenfjorden og Hommelvika ..... s. 58

Vedlegg 3.1: Stasjoner og koordinater

Tabellen under viser stasjoner og koordinater i desimalgrader for fjæreundersøkelsene i Trondheimsfjorden.

Vannforekomst navn	Lokalitet	Stasjonskode	Long	Lat
Beitstadfjorden	Beitstadfjorden H1 (MM1)	BE1	11,10607	63,98199
Beitstadfjorden	Beitstadfjorden H3 (MM3)	BE2	11,09863	63,98105
Beitstadfjorden	Beitstadfjorden H4 (MM4)	BE3	11,11626	63,98447
Beitstadfjorden	Beitstadfjorden H5	BE4	11,08635	63,97621
Beitstadfjorden	Beitstadfjorden H6	BE5	11,18153	64,00263
Gaulosen	Steinhylla_TR154	GA1	10,108847	63,353045
Grandvika	Nesvikhaugen, GFSt3	GR1	9,51176	63,64562
Grandvika	Sauvika, GFSt1	GR2	9,54356	63,70903
Grandvika	Sauvika_b, GFST1_b	GR3	9,54255	63,70901
Haugsandgrunnen - Hestøygrunnen	NOR-INF F1	HH1	11,15050	63,71750
Haugsandgrunnen - Hestøygrunnen	NOR-INF F3	HH2	11,12390	63,70708
Haugsandgrunnen - Hestøygrunnen	NOR-REF F2	HH3	11,19220	63,73247
Haugsandgrunnen - Hestøygrunnen	Skogn, F1 Valøya	HH4	11,15102	63,71751
Haugsandgrunnen - Hestøygrunnen	Skogn, F2 Alnesholmen	HH5	11,19222	63,73278
Hommelvika	Svartneset_TR59	HO1	10,804666	63,43291
Ilabassenget og Brattøra	Trondheim havn, Brattøra 22	IB1	10,39076	63,43588
Ilabassenget og Brattøra	Trondheim havn, Brattøra 23	IB2	10,39195	63,43652

Vannforekomst navn	Lokalitet	Stasjonskode	Long	Lat
Ilabassenget og Brattøra	Trondheim havn, Brattøra 24	IB3	10,39626	63,43854
Ilabassenget og Brattøra	Trondheim, St. 4 Ilamoloen	IB4	10,37135	63,43360
Ilsvika	Trondheim, St. 3 Ilsvika	IL1	10,35048	63,43557
Kråksvågfjorden	Bukkhallaren_ TR63	KR1	9,44475	63,638317
Kråksvågfjorden	Vågen makroalg-er 1	KR2	9,39586	63,65624
Kråksvågfjorden	Vågen makroalg-er 2	KR3	9,40949	63,65014
Kråksvågfjorden	Vågen makroalg-er 3	KR4	9,41105	63,65780
Lade - Midtsanden	Lade - Midtsanden (11-Hansbak-kfjæra)	LM1	10,54569	63,43158
Lade - Midtsanden	Saksvikodden, S1	LM2	10,60762	63,44145
Lade - Midtsanden	Trondheim, St. 10 Væresholmen	LM3	10,57000	63,43625
Lade - Midtsanden	Trondheim, St. 7 Djupvika	LM4	10,45090	63,45725
Lade - Midtsanden	Trondheim, St. 8 Rotvollneset	LM5	10,48485	63,44253
Lade - Midtsanden	Vikhammer, S2	LM6	10,62430	63,43972
Ladehammeren	Trondheim, St. 6 Korsvika	LA1	10,43225	63,45046
Lyngholmsråsa	Gyltingen_TR60	LY1	9,374159	63,768108
Lyngholmsråsa	Tørresholmen	LY2	9,53704	63,71926
Lyngholmsråsa	Tørresholmen_b	LY3	9,53798	63,71952
Munkholmen-sør	Trondheim, St. 2 Fagervika	MS1	10,34894	63,44143
Munkholmen-sør	Trondheim, St. 5 Munkholmen	MS2	10,38239	63,45041
Orkdalsfjorden	Orkdal Roven (Hylla)	OR1	9,84460	63,33038

Vannforekomst navn	Lokalitet	Stasjonskode	Long	Lat
Orkdalsfjorden	Orkdalsfjorden ved Grønlandsskjæret, ELK-BIO-5	OR2	9,94723	63,34137
Orkdalsfjorden	Thamshavn_2008	OR3	9,89316	63,32563
Orkdalsfjorden	Åsantåa_TR58	OR4	9,901374	63,34884
Orkdalsfjorden	Åstan_Orkdalsgjorden2008	OR5	9,91494	63,35569
Stjørdalselva nytt utløp	Kobbskjæret i Stjørdalsfjorden, KOL-1	SU1	10,86908	63,44570
Stjørdalsfjorden	Billedholmen i Stjørdalsfjorden, BIL-1	ST1	10,86254	63,44552
Stjørdalsfjorden	Skjøtten i Stjørdalsfjorden, SKL-1	ST2	10,86553	63,44757
Trondheimsfjorden - Levanger	Skomakaren, HT57	TL1	10,85647	63,72109
Trondheimsfjorden - Trondheim	Folafoten, HT58	TT1	10,22748	63,45378
Trondheimsfjorden - Trondheim	Trondheim, Ref 1 Vorpneset	TT2	10,18128	63,44905
Trondheimsfjorden - Trondheim	Trondheim, Ref2 Folafoten	TT3	10,24741	63,45320
Trondheimsfjorden - Trondheim	Trondheim, St. 1 Høvringen	TT4	10,33543	63,44740
Åsenfjorden	Kniptangen_ TR155	ÅS1	10,768968	63,567491

Vedlegg 3.2: Rammedata fra samtlige undersøkelser

Tabellen under viser en oversikt over rammedata fra samtlige undersøkelser. Sifferet angir total dekningsgrad i % i de undersøkte rammene. X – indikerer at arten er funnet, men ikke angitt dekningsgrad.

	Vann-forekomst	**Orkdalsfjorden**				**Trondheims-fjorden - Trondheim**		**Munk-hol-men-sør**	**Lade-hammer-en**
RB GD	Stasjon	OR1	OR2	OR3	OR5	TT2	TT4	MS1	LA1
	Dato	19.06. 2008	19.06. 2008	19.06. 2008	19.06. 2008	20.08. 2021	20.08. 2021	20.08. 2021	20.08. 2021
	Ramme str (m)	0,5*0,5	0,5*0,5	0,5*0,5	0,5*0,5	0,5*0,5	0,5*0,5	0,5*0,5	0,5*0,5
	Antall Nivåer	2	2	2	2	1	1	1	1
	Totalt antall rammer	8	8	8	8	3	3	3	3
	Verdi	%	%	%	%	%	%	%	**%**
R	Hildenbran-dia rubra	348	276	21	212	20	96	148	136
R	Corallinaceae indet.						32		
R	Mastocarpus stellatus	1	6	6	4	1	6		8
R	Polysiphonia lanosa				13	4	36		
B	Ascophyllum nodosum	452	368	356	288	296	260	144	300
B	Elachista fucicola			14				2	
B	Fucus juvenil								1
B	Fucus disti-chus subsp. evanescens					4			12
B	Fucus serra-tus				10				
B	Fucus spi-ralis		212	82	18			16	
B	Fucus vesiculosus	220	32	212	98		4	140	20
R	Pelvetia canaliculata		52	3	158				
R	Pylaiella littoralis			22	2				

	Vann-forekomst	Orkdalsfjorden				Trondheims-fjorden - Trondheim		Munk-hol-men-sør	Lade-hammer-en
G	Blidingia minima							6	
G	Cladophora rupestris						6		52
G	Grønt på fjell					20	64	40	100
G	Ulva intestinalis	10	34	10	38				
G	Ulva linza			x					
G	Ulva sp.							1	

Vedlegg 3.3: Økologisk tilstand for fjæreindeksen per stasjon

Tabellen under viser økologisk tilstand for fjæreindeksen, per stasjon (St) og per vannforekomst (VF), der stasjonene er sortert etter vannforekomst. Økologisk tilstand for vannforekomsten er beregnet ved å regne middelverdien av nEQR-verdiene fra de ulike stasjonene som er undersøkt (samme tidspunkt) i vannforekomsten (Direktoratsgruppa 2018). Ansvarlig for innsamling og bearbeiding av prøvene (Oppdragstaker) er oppført.

Oppdrags-taker	Vannforekomst navn	Vann-type	Stasjon	Dato	nEQR, St	nEQR, VF
NIVA	Beitstadfjorden	H3	Beitstadfjorden H1 (MM1)	02.07.2015	0,62	0,64
NIVA	Beitstadfjorden	H3	Beitstadfjorden H3 (MM3)	02.07.2015	0,56	
NIVA	Beitstadfjorden	H3	Beitstadfjorden H4 (MM4)	02.07.2015	0,54	
NIVA	Beitstadfjorden	H3	Beitstadfjorden H5	02.07.2015	0,66	
NIVA	Beitstadfjorden	H3	Beitstadfjorden H6	02.07.2015	0,81	
NIVA	Beitstadfjorden	H3	Beitstadfjorden H1 (MM1)	02.08.2018	0,73	0,73
NIVA	Beitstadfjorden	H3	Beitstadfjorden H3 (MM3)	02.08.2018	0,76	
NIVA	Beitstadfjorden	H3	Beitstadfjorden H4 (MM4)	02.08.2018	0,69	
NIVA	Beitstadfjorden	H3	Beitstadfjorden H4 (MM4)	25.08.2021	0,70	0,74
NIVA	Beitstadfjorden	H3	Beitstadfjorden H1 (MM1)	26.08.2021	0,76	
NIVA	Beitstadfjorden	H3	Beitstadfjorden H3 (MM3)	26.08.2021	0,77	
NIVA	Gaulosen	H5	Steinhylla_TR154	06.07.2011	0,74	0,74
NIVA	Grandvika	H2	Nesvikhaugen, GFSt3	12.10.2017	0,56	0,64
NIVA	Grandvika	H2	Sauvika, GFSt1	12.10.2017	0,71	
NIVA	Grandvika	H2	Nesvikhaugen, GFSt3	14.09.2021	0,82	0,78
NIVA	Grandvika	H2	Sauvika_b, GFST1_b	14.09.2021	0,74	
SINTEF	Haugsandgrunnen - Hestøygrunnen	H3	Skogn, F1 Valøya	31.08.2015	0,72	0,76
SINTEF	Haugsandgrunnen - Hestøygrunnen	H3	Skogn, F2 Alneshol-men	01.09.2015	0,800	

Oppdrags-taker	Vannforekomst navn	Vann-type	Stasjon	Dato	nEQR, St	nEQR, VF
Åkerblå AS	Haugsandgrunnen - Hestøygrunnen	H3	NOR-INF F1	31.08.2021	0,798	0,81
Åkerblå AS	Haugsandgrunnen - Hestøygrunnen	H3	NOR-REF F2	31.08.2021	0,802	
Åkerblå AS	Haugsandgrunnen - Hestøygrunnen	H3	NOR-INF F3	16.09.2021	0,83	
NIVA	Hommelvika	H4	Svartneset_TR59	05.07.2011	0,76	0,76
NIVA	Ilabassenget og Brattøra	H3	Trondheim, St. 4 Ilamoloen	20.08.2001	0,65	0,65
DNV GL	Ilabassenget og Brattøra	H3	Trondheim, St. 4 Ilamoloen	01.07.2015	0,75	0,75
NIVA	Ilsvika	H3	Trondheim, St. 3 Ilsvika	20.08.2001	0,70	0,70
DNV GL	Ilsvika	H3	Trondheim, St. 3 Ilsvika	30.06.2015	0,73	0,73
NIVA	Kråksvågfjorden	H2	Bukkhallaren_TR63	09.07.2011	0,73	0,73
NIVA	Kråksvågfjorden	H3	Vågen makroalger 1	16.07.2015	0,74	0,71
NIVA	Kråksvågfjorden	H3	Vågen makroalger 2	16.07.2015	0,65	
NIVA	Kråksvågfjorden	H3	Vågen makroalger 3	16.07.2015	0,74	
NIVA	Lade - Midtsanden	H3	Trondheim, St. 10 Væresholmen	20.08.2001	0,801	0,795
NIVA	Lade - Midtsanden	H3	Trondheim, St. 7 Djupvika	20.08.2001	0,795	
NIVA	Lade - Midtsanden	H3	Trondheim, St. 8 Rotvollneset	20.08.2001	0,79	
DNV GL	Lade - Midtsanden	H3	Lade - Midtsanden (11-Hansbakkfjæra)	01.07.2015	0,74	0,75
DNV GL	Lade - Midtsanden	H3	Trondheim, St. 10 Væresholmen	01.07.2015	0,76	
DNV GL	Lade - Midtsanden	H3	Trondheim, St. 7 Djupvika	01.07.2015	0,73	
DNV GL	Lade - Midtsanden	H3	Trondheim, St. 8 Rotvollneset	02.07.2015	0,76	
Rådgivende biologer	Lade - Midtsanden	H3	Saksvikodden, S1	29.09.2020	0,79	0,76
Rådgivende biologer	Lade - Midtsanden	H3	Vikhammer, S2	29.09.2020	0,74	
NIVA	Ladehammeren	H3	Trondheim, St. 6 Korsvika	20.08.2001	0,73	0,73
DNV GL	Ladehammeren	H3	Trondheim, St. 6 Korsvika	01.07.2015	0,68	0,68
NIVA	Lyngholmsråsa	H2	Gyltingen_TR60	09.07.2011	0,84	0,84

Oppdrags-taker	Vannforekomst navn	Vann-type	Stasjon	Dato	nEQR, St	nEQR, VF
NIVA	Lyngholmsråsa	H2	Tørresholmen	11.10.2017	0,67	0,67
NIVA	Lyngholmsråsa	H2	Tørresholmen_b	14.09.2021	0,74	0,74
NIVA	Munkholmen-sør	H3	Trondheim, St. 2 Fagervika	20.08.2001	0,81	0,79
NIVA	Munkholmen-sør	H3	Trondheim, St.5 Munkholmen	20.08.2001	0,77	
DNV GL	Munkholmen-sør	H3	Trondheim, St. 2 Fagervika	30.06.2015	0,76	0,73
DNV GL	Munkholmen-sør	H3	Trondheim, St. 5 Munkholmen	01.07.2015	0,70	
NIVA	Orkdalsfjorden	H4	Åsantåa_TR58	06.07.2011	0,73	0,73
Multiconsult	Stjørdalselva nytt utløp	H4	Kobbskjæret i Stjør-dalsfjorden, KOL-1	10.07.2019	0,34	0,34
Multiconsult	Stjørdalsfjorden	H4	Billedholmen i Stjør-dalsfjorden, BIL-1	10.07.2019	0,61	0,57
Multiconsult	Stjørdalsfjorden	H4	Skjøtten i Stjør-dalsfjorden, SKL-1	10.07.2019	0,52	
NIVA	Trondheimsfjorden - Levanger	H3	Trondheim, Ref 2. Folafoten	20.08.2001	0,86	0,76
NIVA	Trondheimsfjorden - Levanger	H3	Trondheim, St. 1 Høvringen	20.08.2001	0,66	
NIVA	Trondheimsfjorden - Levanger	H3	Skomakeren_TR56	05.07.2011	0,79	0,76
NIVA	Trondheimsfjorden - Levanger	H3	Folafoten_TR57	06.07.2011	0,73	
Norconsult	Trondheimsfjorden - Levanger	H3	Folafoten, HT58	09.06.2013	0,75	0,75
Norconsult	Trondheimsfjorden - Levanger	H3	Skomakaren, HT57	23.06.2014	0,76	0,76
Norconsult	Trondheimsfjorden - Levanger	H3	Folafoten, HT58	26.06.2014	0,76	
DNV GL	Trondheimsfjorden - Levanger	H3	Trondheim, Ref2 Folafoten	30.06.2015	0,73	0,69
DNV GL	Trondheimsfjorden - Levanger	H3	Trondheim, St. 1 Høvringen	30.06.2015	0,65	
NIVA	Trondheimsfjorden - Levanger	H3	Folafoten, HT58	28.08.2017	0,82	0,79
NIVA	Trondheimsfjorden - Levanger	H3	Skomakaren, HT57	30.08.2017	0,76	
NIVA	Trondheimsfjorden - Levanger	H3	Skomakaren, HT57	19.07.2020	0,81	0,76
NIVA	Trondheimsfjorden - Levanger	H3	Folafoten, HT58	20.07.2020	0,71	
NIVA	Åsenfjorden	H4	Kniptangen_TR155	05.07.2011	0,79	0,79

Vedlegg 3.4: Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomsten Trondheimsfjorden - Trondheim

Tabellen under viser artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomsten «Trondheimsfjorden – Trondheim». RBGC vil si Rødalger (R), Brunalger (B), Grønnalger (G) og Cyanobakterier (C).

Vannforekomst navn		**Trondheimsfjorden - Trondheim**									
Stasjonskode		TT2	TT3		TT1					TT4	
RBGC	Art / Dato	20.08 2001	20.08 2001	30.06 2015	06.07 2011	09.06 2013	26.06 2014	28.08 2017	20.07 2020	20.08 2001	30.06 2015
R	Acrochaetium sp.				1						
R	Audouinella (Slekt)							2	3		
R	Bonnemaisonia hamifera							1			
R	Calcareous encrusters			2		3					2
R	Ceramium (Slekt)			3			2				3
R	Ceramium rubrum (TYPE)				1						
R	Ceramium virgatum	1							5		
R	Chondrus crispus			4	2	3	3	2	3		4
R	Coccotylus truncatus										
R	Corallina officinalis						2				
R	Hildenbrandia rubra	2	3	5	2	2	4	3	3	3	4
R	Mastocarpus stellatus	3	2	2				3	4	1	
R	Melobesia membranacea										
R	Membranoptera alata			1	1	1			3		
R	Palmaria palmata	3	2	3	4	3	3	3	5	3	3

Vannforekomst navn		Trondheimsfjorden - Trondheim									
Stasjonskode		TT2	TT3		TT1					TT4	
RBGC	Art / Dato	20.08 2001	20.08 2001	30.06 2015	06.07 2011	09.06 2013	26.06 2014	28.08 2017	20.07 2020	20.08 2001	30.06 2015
R	Phymatoli-thon lenormandii	3	1								
R	Plocamium cartilagineum			2							
R	Polysiphonia (Slekt)			1							
R	Polysiphonia fucoides			2							3
R	Polysiphonia lanosa	3		2		2	2	3	5	2	5
R	Polysiphonia stricta				1						
R	Porphyra (Slekt)			3		2					2
R	Porphyra leucosticta									3	
R	Porphyra purpurea									4	
R	Porphyra umbilicalis				1		2	2	4		
R	Rhodomela confervoides								3		
R	Rhodomela lycopodioides				2						
R	Rød skorpe-formet kalkalge				2			2	4		
R	Vertebrata lanosa				2						
B	Ascophyllum nodosum	4	2	2	4	4	3	6	6	3	5
B	Brun skorpe-formet alge - mørk				1				3		
B	Chorda filum			2	2	2	2		3		2
B	Chordaria flagelliformis								2		

Vannforekomst navn		Trondheimsfjorden - Trondheim									
Stasjonskode		TT2	TT3		TT1					TT4	
RBGC	Art / Dato	20.08 2001	20.08 2001	30.06 2015	06.07 2011	09.06 2013	26.06 2014	28.08 2017	20.07 2020	20.08 2001	30.06 2015
B	Desmarestia aculeata				1	1					
B	Ectocarpus (Slekt)			2		2	1				4
B	Ectocarpus fasciculatus				2				3		
B	Ectocarpus siliculosus				1						
B	Elachista fucicola	1	2	2	1	1		3	4		2
B	Fucus (Slekt)	1								3	
B	Fucus disti-chus subsp. evanescens	3									
B	Fucus serratus	3	4	5	3	4	5	6	4	2	4
B	Fucus spiralis	3	4	4	2	2	5	6	5	3	4
B	Fucus vesiculosus	1	4	5	1	2	4	5		3	4
B	Laminaria (Slekt)	1			1				2		
B	Laminaria digitata			5			3				5
B	Laminaria hyperborea				2	3					
B	Litosiphon laminariae								3		
B	Pelvetia canaliculata	3	2	2	1	1	4	2	3	3	5
B	Pylaiella littoralis				2				3		
B	Ralfsia (Slekt)										1
B	Ralfsia verrucosa									2	
B	Saccharina latissima						2				
B	Scytosiphon lomentaria				1	1					

Vannforekomst navn		Trondheimsfjorden - Trondheim									
Stasjonskode		TT2	TT3		TT1				TT4		
RBGC	Art / Dato	20.08 2001	20.08 2001	30.06 2015	06.07 2011	09.06 2013	26.06 2014	28.08 2017	20.07 2020	20.08 2001	30.06 2015
B	Sphacelaria (Slekt)		1		1						
B	Sphacelaria cirrosa					1					
B	Spongonema tomentosum			2	2	2		2	4		2
G	Acrosiphonia (Slekt)					2					
G	Acrosiphonia arcta				3						
G	Blidingia minima								3		
G	Chlorophyta (Rekke)	2	3						3		
G	Cladophora rupestris	1			1	1	3	2	2		
G	Monostroma grevillei	1						2			
G	Prasiola (Slekt)					1					
G	Prasiola stipitata	1			1			2		3	
G	Spongomorpha aeruginosa	1							2		
G	Ulothrix (Slekt)								3		
G	Ulva (Slekt)					2					
G	Ulva compressa				1						
G	Ulva flexuosa								3		
G	Ulva intestinalis				2			2	4	2	
G	Ulva lactuca				1		2				
G	Ulva linza							2	2		

Vedlegg 3.5: Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomstene Ilabassenget og Brattøra og Munkholmen sør

Tabellen under viser Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomstene «Ilabassenget og Brattøra» og «Munkhomen-sør». RBGC vil si Rødalger (R), Brunalger (B), Grønnalger (G) og Cyano-bakterier (C).

Vannforekomst navn		**Ilabassenget og Brattøra**					**Munkholmen-sør**			
Stasjonkode		Ib1	IB2	IB3	IB5		MS1		MS2	
RBGC	Art/Dato	20.08 2001	20.08 2001	20.08 2001	20.08 2001	01.07 2015	20.08 2001	30.06 2015	20.08 2001	01.07 2015
R	Calcareous encrusters							3		4
R	Ceramium (Slekt)							2		2
R	Ceramium virga-tum						1			
R	Chondrus crispus					2		3		4
R	Hildenbrandia rubra	3	2	3	2	3	3	5	2	2
R	Mastocarpus stellatus	3	2	2	3		3	2	2	
R	Palmaria palmata	3	3	2	3	2	3	3	3	3
R	Phymatolithon lenormandii	1	2	1			1		2	
R	Polysiphonia (Slekt)							2		2
R	Polysiphonia fucoides					2		3		3
R	Polysiphonia lanosa		2			2		4	2	4
R	Porphyra (Slekt)					2		1		1
R	Porphyra leucosticta						1			
R	Porphyra purpurea						3			
B	Ascophyllum nodosum	4	4	2	2	2	1	5	4	5
B	Chorda filum					1				3
B	Chordaria flagelliformis				1			2		3
B	Desmarestia aculeata						3			
B	Elachista fucicola	2	1	2	2		1		1	
B	Eudesme virescens									
B	Fucus (Slekt)	2			2					
B	Fucus distichus subsp. evanescens	3			3					

Vannforekomst navn		Ilabassenget og Brattøra					Munkholmen-sør			
Stasjonkode		Ib1	IB2	IB3	IB5		MS1		MS2	
RBGC	Art/Dato	20.08 2001	20.08 2001	20.08 2001	20.08 2001	01.07 2015	20.08 2001	30.06 2015	20.08 2001	01.07 2015
B	Fucus serratus	3	3	4	3	4	3	3	3	3
B	Fucus spiralis	4	3	4	3	4	3	4	3	3
B	Fucus vesiculosus	3		4	4	3	4	3		2
B	Laminaria (Slekt)						3			
B	Laminaria digitata									3
B	Laminaria hyperborea							4		
B	Pelvetia canaliculata	1	3	2		2	3	5	3	5
B	Sphacelaria (Slekt)			1						
B	Spongonema tomentosum					1		1		1
G	Blidingia minima	2			3		2			
G	Chlorophyta (Rekke)	3	2	3	1				2	
G	Cladophora (Slekt)				1					
G	Cladophora rupestris	2	2		3				2	
G	Enteromorpha (Slekt)	1								
G	Ulva intestinalis						1			
G	Ulva lactuca		1		1				1	
C	Cyanophyceae (Klasse)				1					

Vedlegg 3.6: Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomsten Lade – Midtsanden

Tabellen under viser artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomsten «Lade – Midtsanden». RBGC vil si Rødalger (R), Brunalger (B), Grønnalger (G) og Cyanobakterier (C).

Vannforekomst navn		**Lade - Midtsanden**								
Stasjonskode		LM4		LM5		LM3		LM2	LM6	LM1
RBGC	Art/Dato	20.08 2001	01.07 2015	20.08 2001	02.07 2015	20.08 2001	01.07. 2015	29.09. 2020	29.09 2020	01.07 2015
R	Ahnfeltia plicata							2	2	
R	Bonnemaisonia hamifera							2	2	
R	Calcareous encrusters		4		2		3			4
R	Ceramium (Slekt)		2		2		2			2
R	Ceramium deslongchampsii							2	2	
R	Ceramium virgatum							2	2	
R	Chondrus crispus		4		2		3	3	2	2
R	Coccotylus truncatus			1						
R	Cruoria (Slekt)							2		
R	Cruoria pellita			1		2				
R	Dasysiphonia japonica							2	2	
R	Furcellaria lumbricalis			1					2	2
R	Hildenbrandia rubra	2	4	3	2	3	2	3	4	2
R	Lithothamnion (Slekt)							3		
R	Mastocarpus stellatus	3		3		2		4	4	
R	Membranoptera alata			1	2		2	2	2	2
R	Palmaria palmata	3	2	2		2	2	2		
R	Phyllophora pseudoceranoïdes							2	2	
R	Phymatolithon (Slekt)					3		4	5	
R	Phymatolithon lenormandii	2		3		2				
R	Polyides rotunda								2	

Vannforekomst navn		Lade - Midtsanden								
Stasjonskode		LM4		LM5		LM3		LM2	LM6	LM1
RBGC	Art/Dato	20.08 2001	01.07 2015	20.08 2001	02.07 2015	20.08 2001	01.07. 2015	29.09. 2020	29.09 2020	01.07 2015
R	Polysiphonia (Slekt)						2			2
R	Polysiphonia elongata							2		
R	Polysiphonia fucoides		2		2		2			2
R	Polysiphonia lanosa	1	4	1	4	1	3			3
R	Polysiphonia stricta							2	2	
R	Rhodomela confervoides	1						2	2	
R	Rhodomela lycopodioides	1							2	
R	Trailliella intricata (Sporofytt-fase til BONHA)	1								
R	Vertebrata fucoides							2	2	
R	Vertebrata lanosa								3	
B	Ascophyllum nodosum	4	6	4	6	4	4	2	6	5
B	Chorda filum		2		1		2			2
B	Chordaria flagelliformis				1			2		
B	Dictyosiphon foeniculaceus							2	2	2
B	Dictyota dichotoma				2					
B	Elachista fucicola	2		1		1		2	2	
B	Fucus (Slekt)	2		2		2		3		
B	Fucus serratus	4	5	4	6	4	6	6	6	6
B	Fucus spiralis	4	5	3	4	4	3	1	6	4
B	Fucus vesiculosus			1	5		4	6	5	
B	Hincksia (Slekt)							2		
B	Laminaria (Slekt)							2	2	
B	Laminaria digitata		3		5		5			3
B	Laminaria hyper-borea							6		
B	Mesogloia vermiculata						1			
B	Pelvetia canaliculata	3	5	2	3	3	4	2	6	4
B	Pylaiella littoralis	1						2	2	
B	Ralfsia (Slekt)		2		1					

Vannforekomst navn		Lade - Midtsanden								
Stasjonskode		LM4		LM5		LM3		LM2	LM6	LM1
RBGC	Art/Dato	20.08 2001	01.07 2015	20.08 2001	02.07 2015	20.08 2001	01.07. 2015	29.09. 2020	29.09 2020	01.07 2015
B	Sphacelaria cirrosa							2	2	
B	Spongonema tomentosum				1			2		
G	Blidingia minima			1						
G	Chlorophyta (Rekke)	3		2		2				
G	Cladophora (Slekt)							2	2	
G	Cladophora rupestris	3		2		2		2	4	
G	Prasiola stipitata			2						
G	Spongomorpha (Slekt)	1								
G	Ulva (Slekt)							3	2	
G	Ulva lactuca			1				2	2	
G	Ulva linza								2	

Vedlegg 3.7: Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomstene Ilsvika, Ladehammeren og Lyngholmsråsa

Tabellen under viser artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomstene «Ilsvika», «Ladehammeren» og «Lynghomsråsa». RBGC vil si Rødalger (R), Brunalger (B), Grønnalger (G) og Cyanobakterier (C).

Vannforekomst navn		**Ilsvika**		**Lade-hammeren**		**Lyngholmsråsa**		
Stasjonskode		IL1		LA1		LY2	LY3	LY1
RBGC	Art/Dato	20.08 2001	30.06 2015	20.08 2001	01.07 2015	11.10 2017	14.09 2021	09.07 2011
R	Audouinella (Slekt)						2	
R	Ceramium (Slekt)				2			
R	Ceramium rubrum (TYPE)							1
R	Ceramium virgatum					2		
R	Chondrus crispus				5		3	3
R	Corallina officinalis					2	2	3
R	Cystoclonium purpureum						2	
R	Delesseria sanguinea						1	
R	Dumontia contorta					1		1
R	Furcellaria lumbricalis							2
R	Hildenbrandia rubra	2	2	3	4	2	3	3
R	Lomentaria articulata							1
R	Lomentaria clavellosa							1
R	Mastocarpus stellatus			3				2
R	Membranoptera alata				2	2		2
R	Osmundea oederi							1
R	Palmaria palmata	1	2	3	5			3
R	Phymatolithon lenormandii			1				
R	Polysiphonia (Slekt)					1		
R	Polysiphonia brodiei						2	
R	Polysiphonia fucoides		4		2		3	1
R	Polysiphonia lanosa				3			

Vannforekomst navn		Ilsvika		Lade-hammeren		Lyngholmsråsa		
Stasjonskode		IL1		LA1		LY2	LY3	LY1
RBGC	Art/Dato	20.08 2001	30.06 2015	20.08 2001	01.07 2015	11.10 2017	14.09 2021	09.07 2011
R	Polysiphonia stricta							2
R	Porphyra (Slekt)				4			
R	Porphyra umbilicalis					3		
R	Rhodomela lycopodioides							2
R	Rød skorpeformet kalkalge					2	3	4
R	Trailliella intricata (Sporofytt-fase til BONHA)							2
B	Alaria esculenta							2
B	Ascophyllum nodosum			4	5			1
B	Asperococcus fistulosus							1
B	Chorda filum				2			2
B	Chordaria flagelliformis						2	1
B	Dictyosiphon foeniculaceus						2	
B	Ectocarpus (Slekt)				2			
B	Ectocarpus fasciculatus						2	
B	Ectocarpus siliculosus							2
B	Elachista fucicola	2	2	2	1	2	3	2
B	Fucus (Slekt)	1		2				
B	Fucus distichus subsp. evanescens			3				
B	Fucus serratus			3	5		5	5
B	Fucus spiralis		2	4	3	3	3	3
B	Fucus vesiculosus	4	6	3	5	5	6	5
B	Halidrys siliquosa							3
B	Himanthalia elongata							1
B	Laminaria digitata				2		2	
B	Laminaria hyperborea							3
B	Leathesia difformis							1
B	Mesogloia vermiculata							1
B	Pelvetia canaliculata			1	3	4	4	3
B	Pylaiella littoralis	1					2	2
B	Ralfsia verrucosa	1						
B	Saccharina latissima						2	1
B	Scytosiphon lomentaria						2	1
B	Sphacelaria cirrosa						2	1
B	Sphacelaria radicans	3						
B	Spongonema tomentosum		2					
G	Blidingia minima	1		2		5		
G	Chlorophyta (Rekke)	2		3				

Vannforekomst navn		Ilsvika		Lade-hammeren		Lyngholmsråsa		
Stasjonskode		IL1		LA1		LY2	LY3	LY1
RBGC	Art/Dato	20.08 2001	30.06 2015	20.08 2001	01.07 2015	11.10 2017	14.09 2021	09.07 2011
G	Cladophora rupestris			2		2	3	2
G	Cladophora sericea							2
G	Codium fragile							1
G	Rhizoclonium riparium	1						
G	Rhizoclonium tortuosum							1
G	Spongomorpha aeruginosa							1
G	Ulothrix (Slekt)			1				
G	Ulva compressa					2		2
G	Ulva intestinalis					2	3	

Vedlegg 3.8: Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomstene Krågksvågfjorden og Trondheimsfjorden – Levanger

Tabellen under viser artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomstene «Kråksvågfjorden» og «Trondheimsfjorden – Levanger». RBGC vil si Rødalger (R), Brunalger (B), Grønnalger (G) og Cyanobakterier (C).

Vannforekomst navn		**Kråksvågfjorden**				**Trondheimsfjorden - Levanger**			
Stasjonskode		KR2	KR3	KR4	KR1	TL1			
RBGC	Art/Dato	16.07 2015	16.07 2015	16.07 2015	09.07 2011	05.07 2011	23.06 2014	30.08 2017	19.07 2020
R	Acrochaetium sp.				1				
R	Audouinella (Slekt)							2	
R	Ceramium rubrum	2							
R	Ceramium rubrum (TYPE)				1	2			
R	Ceramium shuttle-worthianum				2				
R	Ceramium virgatum							3	4
R	Chondrus crispus	2	3	2	2	3	2	2	4
R	Corallina officinalis				2		3		
R	Corallinales (Orden)	3	5	4					
R	Cruoria pellita				1			2	
R	Cystoclonium purpureum								3
R	Delesseria sanguinea								3
R	Dumontia contorta				1	1			3
R	Furcellaria lumbricalis				1				
R	Hildenbrandia rubra	2	3	3	3	5	3	5	3
R	Mastocarpus stellatus					1	2	2	4
R	Membranoptera alata					1		2	4
R	Palmaria palmata				3	2	3	2	3
R	Polysiphonia fucoides				1				
R	Polysiphonia lanosa						4	2	6
R	Polysiphonia stricta				1	1			3
R	Porphyra linearis					1		2	

Vannforekomst navn		Kråksvågfjorden				Trondheimsfjorden - Levanger			
Stasjonskode		KR2	KR3	KR4	KR1	TL1			
RBGC	Art/Dato	16.07 2015	16.07 2015	16.07 2015	09.07 2011	05.07 2011	23.06 2014	30.08 2017	19.07 2020
R	Porphyra umbilicalis				3			2	3
R	Rhodomela confervoides					1			3
R	Rhodomela lycopodioides				1				
R	Rød skorpeformet kalkalge				5	4		4	4
R	Vertebrata lanosa	2	2			3			
B	Alaria esculenta				3				
B	Ascophyllum nodosum	4	6	6		5	6	6	6
B	Asperococcus fistulosus	2	2						
B	Brun skorpeformet alge - mørk				1	1		3	
B	Chorda filum	2		1		1			3
B	Chordaria flagelliformis	2							3
B	Dictyosiphon foeniculaceus	3		3					
B	Ectocarpus (Slekt)		3	2			1		
B	Ectocarpus fasciculatus				2	1			
B	Elachista fucicola	2	2	2	1	2		2	4
B	Fucus serratus	3	4	4		5	6	6	6
B	Fucus spiralis	3	5	3	2	2	4	4	5
B	Fucus vesiculosus		3	2	4	2	3	4	4
B	Laminaria (Slekt)					2		1	
B	Laminaria digitata				5	2			3
B	Laminaria hyperborea				5	2			3
B	Leathesia difformis	2							
B	Litosiphon laminariae				1				
B	Mesogloia vermiculata	2							
B	Pelvetia canaliculata	2	5	3	2	3	2	5	6
B	Pylaiella littoralis	2	3	2		2			
B	Pylaiella varia								3
B	Saccharina latissima						3		4
B	Scytosiphon lomentaria	2		1	1				

Vannforekomst navn		Kråksvågfjorden				Trondheimsfjorden - Levanger			
Stasjonskode		KR2	KR3	KR4	KR1	TL1			
RBGC	Art/Dato	16.07 2015	16.07 2015	16.07 2015	09.07 2011	05.07 2011	23.06 2014	30.08 2017	19.07 2020
B	Spongonema tomentosum						2		3
B	Tilopteris mertensii				1				
G	Acrosiphonia arcta				1				
G	Chaetomorpha melagonium				1				
G	Chlorophyta (Rekke)								3
G	Cladophora albida		2			1			4
G	Cladophora rupestris		4	3	2	2	2	3	4
G	Cladophora sericea	2		2	2				
G	Prasiola stipitata						2		
G	Rhizoclonium riparium	2	2					2	
G	Rhizoclonium tortuosum				2				
G	Spongomorpha aeruginosa					1			
G	Ulva (Slekt)		2						
G	Ulva compressa				2	1		2	3
G	Ulva intestinalis	2		2	2	1		2	
G	Ulva lactuca				2			1	
G	Urospora penicilliformis					1			

Vedlegg 3.9: Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomsten Beistadfjorden

Tabellen under viser artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomsten «Beitstadfjorden». RBGC vil si Rødalger (R), Brunalger (B), Grønnalger (G) og Cyanobakterier (C).

Vannforekomst navn	**Beitstadfjorden**										
Stasjonskode		BE1			BE2			BE3			BE4	BE5
RBGC	Art/Dato	02.07 2015	02.08 2018	26.08 2021	02.07 2015	02.08 2018	26.08 2021	02.07 2015	02.08 2018	25.08 2021	02.07 2015	02.07 2015
R	Audouinella (Slekt)	3	2	5		4	5					
R	Ceramium rubrum (TYPE)		2									
R	Ceramium virgatum			3			3				2	
R	Chondrus crispus	2		3	2	2	3		2			2
R	Hildenbrandia rubra	3	2	5	5	6	5	6	6	6	4	3
R	Palmaria palmata		2									
R	Polysiphonia lanosa	3	2		3	2	4				3	
R	Polysiphonia stricta	1	2	3		2						
R	Porphyra linearis		2									
R	Porphyra umbilicalis	2		3		2	3					
R	Rød skorpeformet kalkalge					2	2					
R	Spermothamnion repens			2			2					

Vannforekomst navn		Beitstadfjorden										
Stasjonskode		BE1			BE2			BE3			BE4	BE5
RBGC	Art/Dato	02.07 2015	02.08 2018	26.08 2021	02.07 2015	02.08 2018	26.08 2021	02.07 2015	02.08 2018	25.08 2021	02.07 2015	02.07 2015
B	Asco-phyllum nodosum	5	2	3	5	6	6	6	6	6	6	5
B	Brun sko-rpeformet alge - mørk					2			2			
B	Elachista fucicola	3	2	5	2	2	4					2
B	Fucus serratus	5	2	6	3	3	6			1	4	
B	Fucus spiralis			5		2	3	4	3	6	3	4
B	Fucus ve-siculosus	5	6	6	5	5	5	3	3	5	6	4
B	Laminaria (Slekt)		2									
B	Pelvetia canalicu-lata	2	2	2	2	2	2	3	2	3	3	3
B	Pylaiella littoralis	4	2		3	2	4				3	2
B	Saccha-rina latissima										2	
G	Blidingia minima	3			2			2		2		
G	Chloro-phyta (Rekke)						2			2		
G	Clado-phora (Slekt)				1							
G	Clado-phora rupestris	2			3	2	2		2		2	
G	Clado-phora sericea							2			2	
G	Spongo-morpha aeruginо-sa	1									1	
G	Ulva com-pressa			5		2	2				2	

Vannforekomst navn		Beitstadfjorden									
Stasjonskode		BE1			BE2			BE3			BE4	BE5
RBGC	Art/Dato	02.07 2015	02.08 2018	26.08 2021	02.07 2015	02.08 2018	26.08 2021	02.07 2015	02.08 2018	25.08 2021	02.07 2015	02.07 2015
G	Ulva intestinalis	3	2	4	2	2	2	3	2	2		
G	Ulva lactuca	1	2	3	2	2	2					
G	Ulva prolifera				2		2				2	
C	Cyanophyceae (Klasse)	3			4			2				

Vedlegg 3.10: Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomstene Haugsandgrunnen – Hestøygrunnen, Orkdalsfjorden og Stjørdalsfjorden

Tabellen under viser artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomstene «Haugsandgrunnen – Hestøygrunnen», «Orkdalsfjorden» og «Stjørdalsfjorden». RBGC vil si Rødalger (R), Brunalger (B), Grønnalger (G) og Cyanobakterier (C).

Vannforekomst navn		**Haugsandgrunnen - Hestøygrunnen**					**Orkdals-fjorden**	**Stjørdals-fjorden**	
Stasjonskode		HH4	HH1	HH5	HH3	HH2	OR4	ST1	ST2
RBGC	Art/Dato	31.08 2015	31.08 2021	01.09 2015	31.08 2021	16.09 2021	06.07 2011	10.07 2019	10.07 2019
R	Bangia fuscopurpurea		2						
R	Bonnemaisonia hamifera		2		4	4			
R	Callithamnion/ Aglaothamnion spp.		1						
R	Ceramium (Slekt)	1	3	1	3	3		1	
R	Ceramium virgatum		3		3	3			
R	Chondrus crispus	2		2	4	3	2	2	2
R	Corallina officinalis			1	3	1			
R	Cystoclonium purpure-um				3	2			
R	Delesseria sanguinea				2				
R	Furcellaria lumbricalis	3							
R	Hildenbrandia rubra	4		4		2	5	6	6
R	Mastocarpus stellatus		2	3	3	3			4
R	Melobesia membranacea		1						
R	Membranoptera alata			1					
R	Nemalion helminthoides								2
R	Palmaria palmata			2				4	
R	Phyllophora spp./Coc-cotylus truncatus				2				
R	Phymatolithon lenormandii							2	
R	Polysiphonia (Slekt)		3		2	4		2	
R	Polysiphonia lanosa	1		1					
R	Porphyra (Slekt)	2	4	2		3		2	2
R	Rhodomela confervoides			1				2	
R	Rød skorpeformet kalkalge		2		5	2	2		
R	Vertebrata lanosa		3			3			

Vannforekomst navn		Haugsandgrunnen - Hestøygrunnen					Orkdals-fjorden	Stjørdals-fjorden	
Stasjonskode		HH4	HH1	HH5	HH3	HH2	OR4	ST1	ST2
RBGC	Art/Dato	31.08 2015	31.08 2021	01.09 2015	31.08 2021	16.09 2021	06.07 2011	10.07 2019	10.07 2019
B	Ascophyllum nodosum	6	5	5	6	4	5	4	
B	Brun skorpeformet alge - mørk						2		
B	Chorda filum		1		2				
B	Chordaria flagelliformis		2			3			
B	Desmarestia aculeata		2						
B	Ectocarpus (Slekt)							2	5
B	Elachista fucicola		2	1	2	3	2	4	4
B	Fucus distichus subsp. evanescens							6	6
B	Fucus serratus	5	6	4	6	4	2	6	4
B	Fucus spiralis	3	4	3	4	2	3		
B	Fucus vesiculosus	4	5			5	3		
B	Halidrys siliquosa				2	1			
B	Laminaria (Slekt)							5	
B	Laminaria digitata			1	2				
B	Pelvetia canaliculata	4	3	3	3	2	3		
B	Pylaiella littoralis		3			4	2		
B	Saccharina latissima				1	2			
B	Sphacelaria (Slekt)		2			2			
B	Spongonema (Slekt)							2	
G	Acrosiphonia (Slekt)	1		1	2				
G	Blidingia (Slekt)							3	
G	Chaetomorpha/ Rhizoclonium								2
G	Cladophora (Slekt)							4	
G	Cladophora rupestris	1		1	4		1	3	
G	Codium fragile				1				
G	Rhizoclonium tortuosum						1		
G	Spongomorpha (Slekt)							4	3
G	Ulva (Slekt)	2	4	1	2	4			
G	Ulva intestinalis						2		
G	Ulva lactuca	1							
C	Calothrix (Slekt)								3

Vedlegg 3.11: Artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomstene Stjørdalselva nytt utløp, Grandvika, Gaulosen, Åsenfjorden og Hommelvika

Tabellen under viser artslister fra fjæreundersøkelser i vannforekomstene «Stjørdalselva nytt utløp», «Grandvika», «Gaulosen», «Åsenfjorden» og «Hommelvika». RBGC vil si Rødalger (R), Brunalger (B), Grønnalger (G) og Cyanobakterier (C).

Vannforekomst navn		**Stjørdals-elva nytt utløp**	**Grandvika**				**Gaul-osen**	**Åsen-fjorden**	**Hommel-vika**
Stasjonskode		SU1	GR1		GR2	GR3	GA1	ÅS1	HO1
RBGC	Art/Dato	10.07 2019	12.10 2017	14.09 2021	12.10 2017	14.09 2021	06.07 2011	05.07 2011	05.07 2011
R	Ahnfeltia plicata							2	
R	Ceramium rubrum (TYPE)								2
R	Ceramium virgatum			2	2				
R	Chondrus crispus				2			1	
R	Corallina officinalis				2				
R	Hildenbrandia rubra	6	2	3	3	2	3	4	4
R	Mastocarpus stellatus	2						1	2
R	Membranoptera alata					2			
R	Palmaria palmata							1	2
R	Phymatolithon lenormandii	2							
R	Polysiphonia lanosa			2		3			
R	Polysiphonia stricta							1	1
R	Porphyra umbilicalis				2	3			
R	Rhodomela lycopodioides								2
R	Rød skorpe-formet kalkalge		3	3	2	3		2	2
R	Vertebrata lanosa							3	2

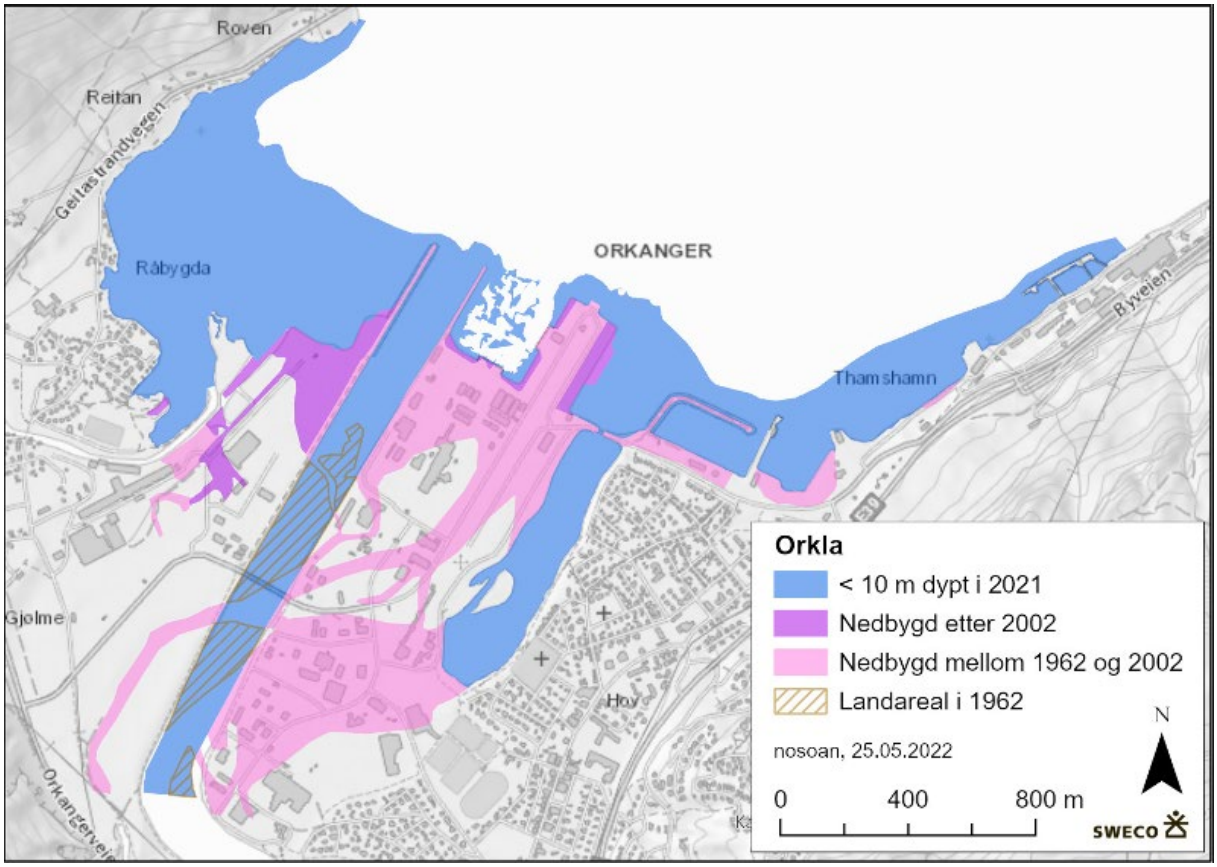
Vannforekomst navn		Stjørdals-elva nytt utløp	Grandvika				Gaul-osen	Åsen-fjorden	Hommel-vika
Stasjonskode		SU1	GR1		GR2	GR3	GA1	ÅS1	HO1
RBGC	Art/Dato	10.07 2019	12.10 2017	14.09 2021	12.10 2017	14.09 2021	06.07 2011	05.07 2011	05.07 2011
B	Ascophyllum nodosum			2	1	3	5	5	2
B	Brun skorpe-formet alge - mørk			1		2			1
B	Dictyosiphon foeniculaceus					2			
B	Ectocarpus (Slekt)	4							
B	Elachista fucicola	2	3	3	2	3	2	2	2
B	Fucus distichus subsp. eva-nescens	6							
B	Fucus serratus			6		5	2	5	
B	Fucus spiralis			2	2		2	3	4
B	Fucus vesiculosus		2	3	5	3	3	3	3
B	Pelvetia canaliculata		3	2	3	2	2	4	4
B	Pylaiella littoralis			2		2	3	2	2
B	Spongonema tomentosum							2	2
G	Blidingia (Slekt)	4							
G	Blidingia min-ima		2				1		
G	Chlorophyta (Rekke)					2			
G	Cladophora albida							1	
G	Cladophora rupestris				2	2		2	
G	Prasiola stipitata								1
G	Spongomorpha (Slekt)	2							
G	Spongomorpha aeruginosa			1			1		2
G	Ulothrix (Slekt)								1
G	Ulva compressa			2					2
G	Ulva intestinalis						3	2	
C	Calothrix (Slekt)	6							
C	Cyanophyceae (Klasse)				6				

VEDLEGG 6: SJØØRRET

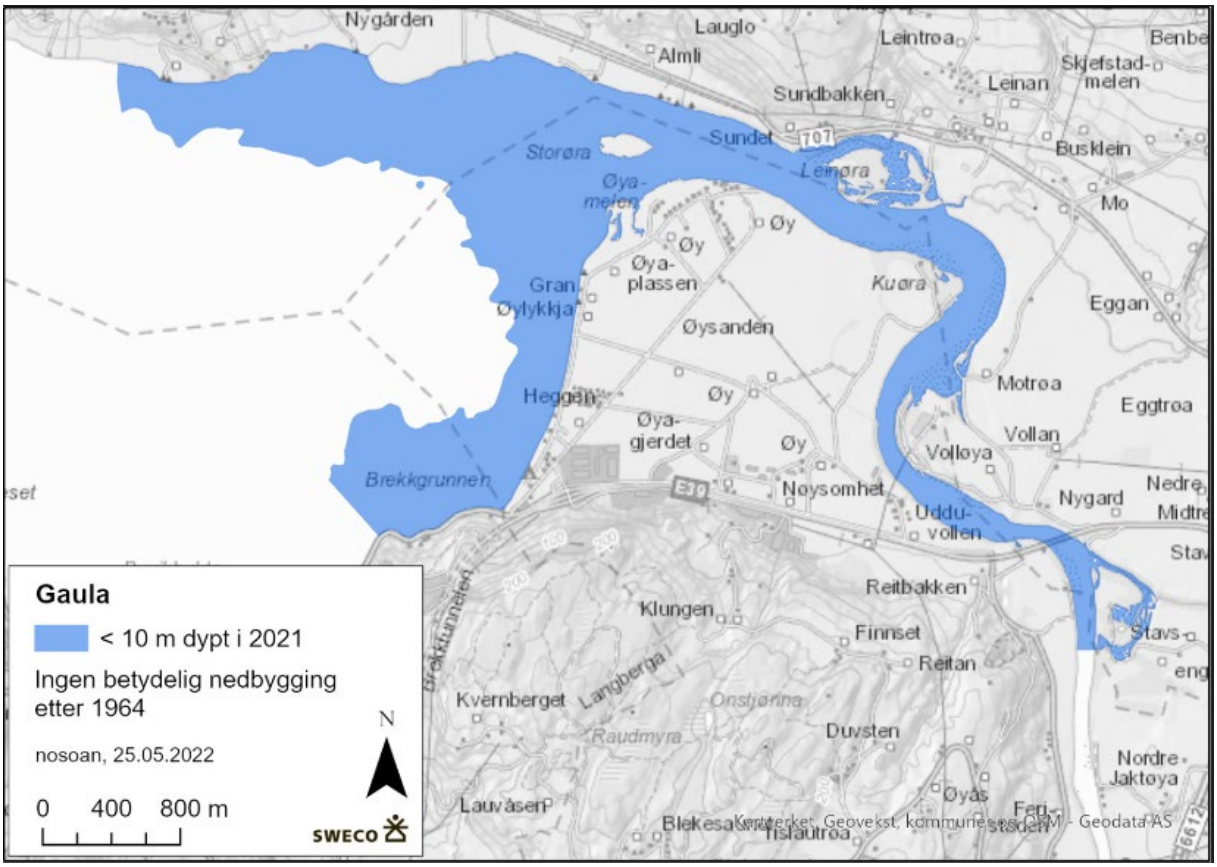
Vedlegg 6.1: AREALBESLAG VED UTLØPSOMRÅDENE TIL DE STØRSTE ELVENE

Kartutsnittene under viser arealbeslag for utløpsområdene til de største vassdragene i Trondheimsfjorden, fra ca. 1960 og fram til i dag.

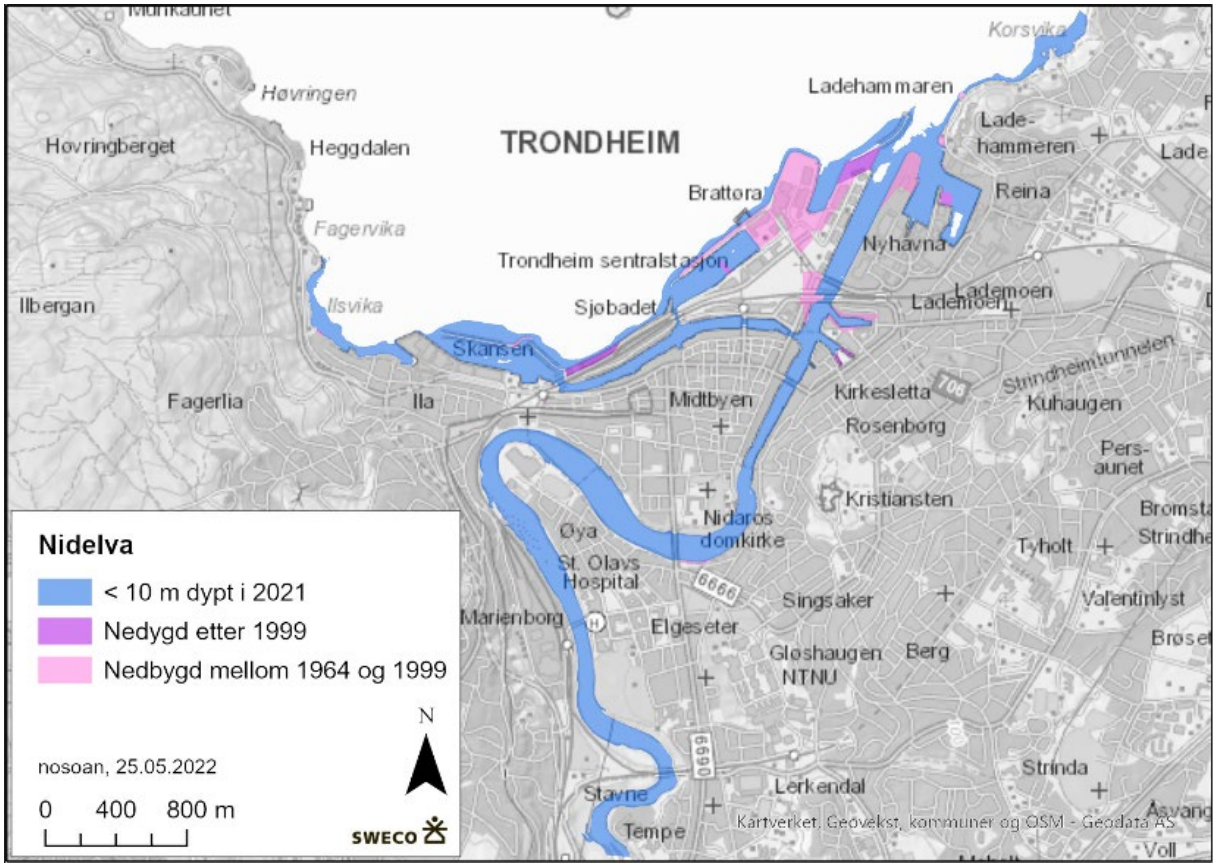
Kommentar til kartgrunnlag Orkla: sjøkartdata er justert manuelt da flyfoto fra 2021 viste mer nedbygd areal enn sjøkart.



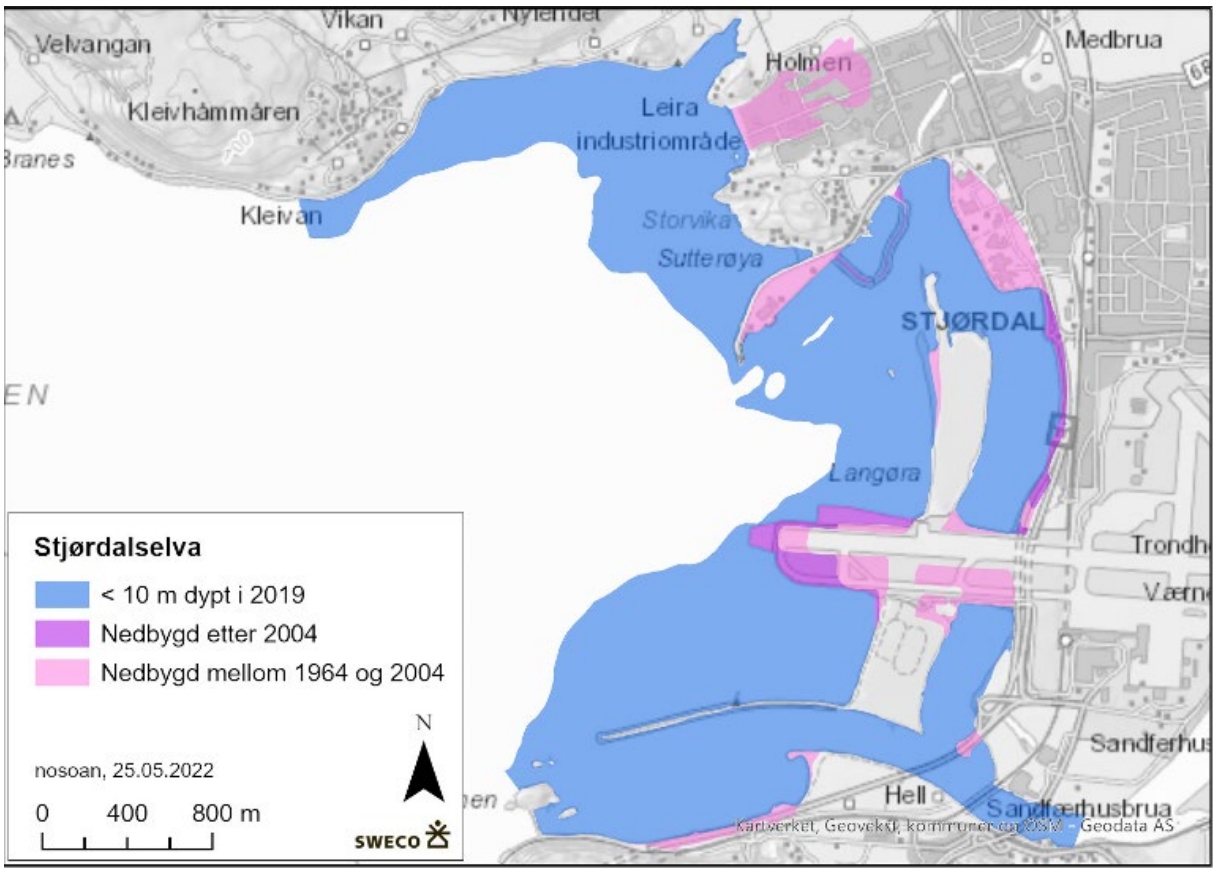
Kommentar til kartgrunnlag Gaula: det er gjennomført betydelige erosjonstiltak i nedre deler av elva. Dette har stoppet naturlige prosesser, men er ikke tatt inn som direkte beslag av areal.



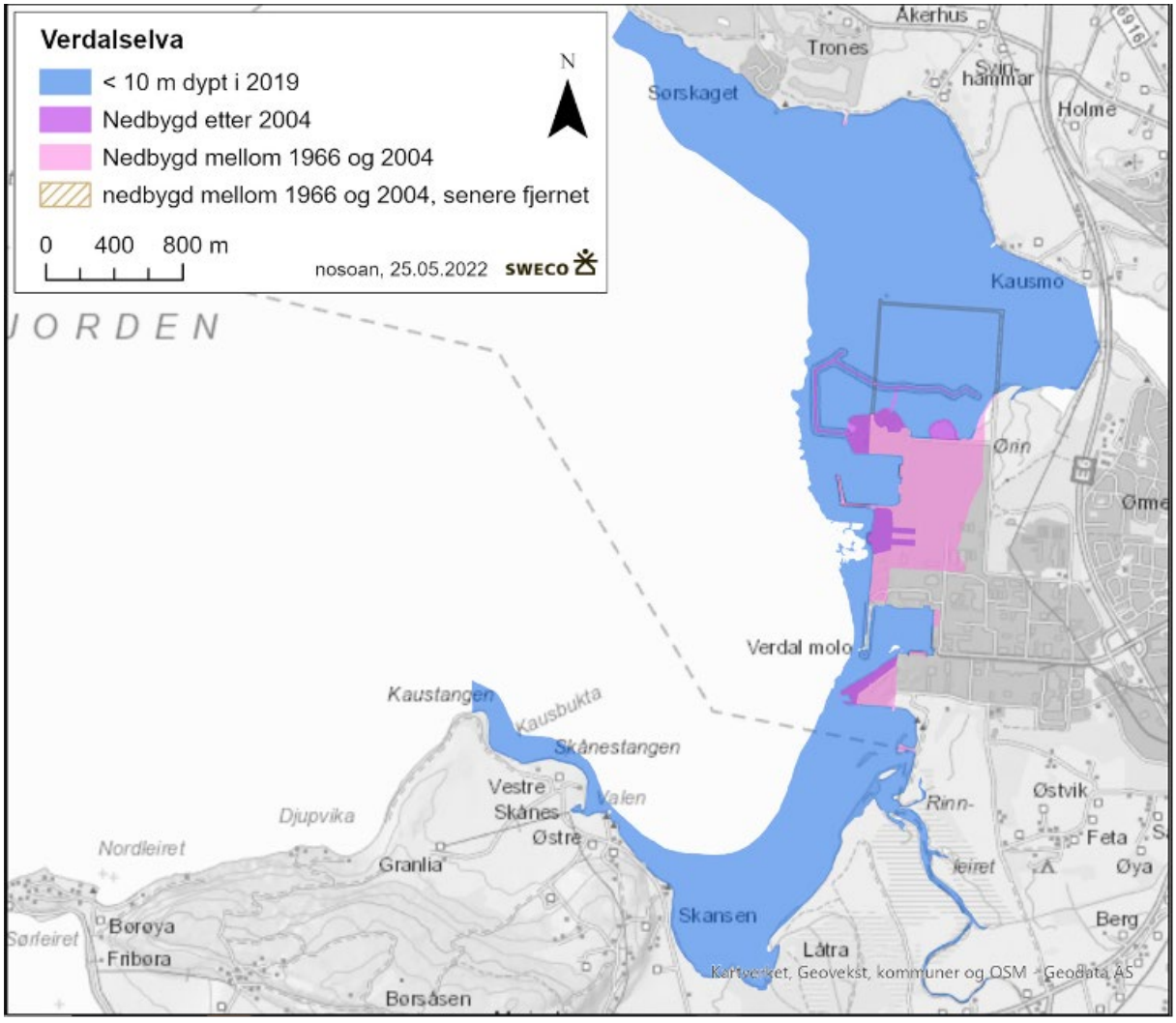
Kommentar til kartgrunnlag Nidelva: noen mindre justeringer på areal da flyfoto for 2021 viser noe mer nedbygd areal enn sjøkart.



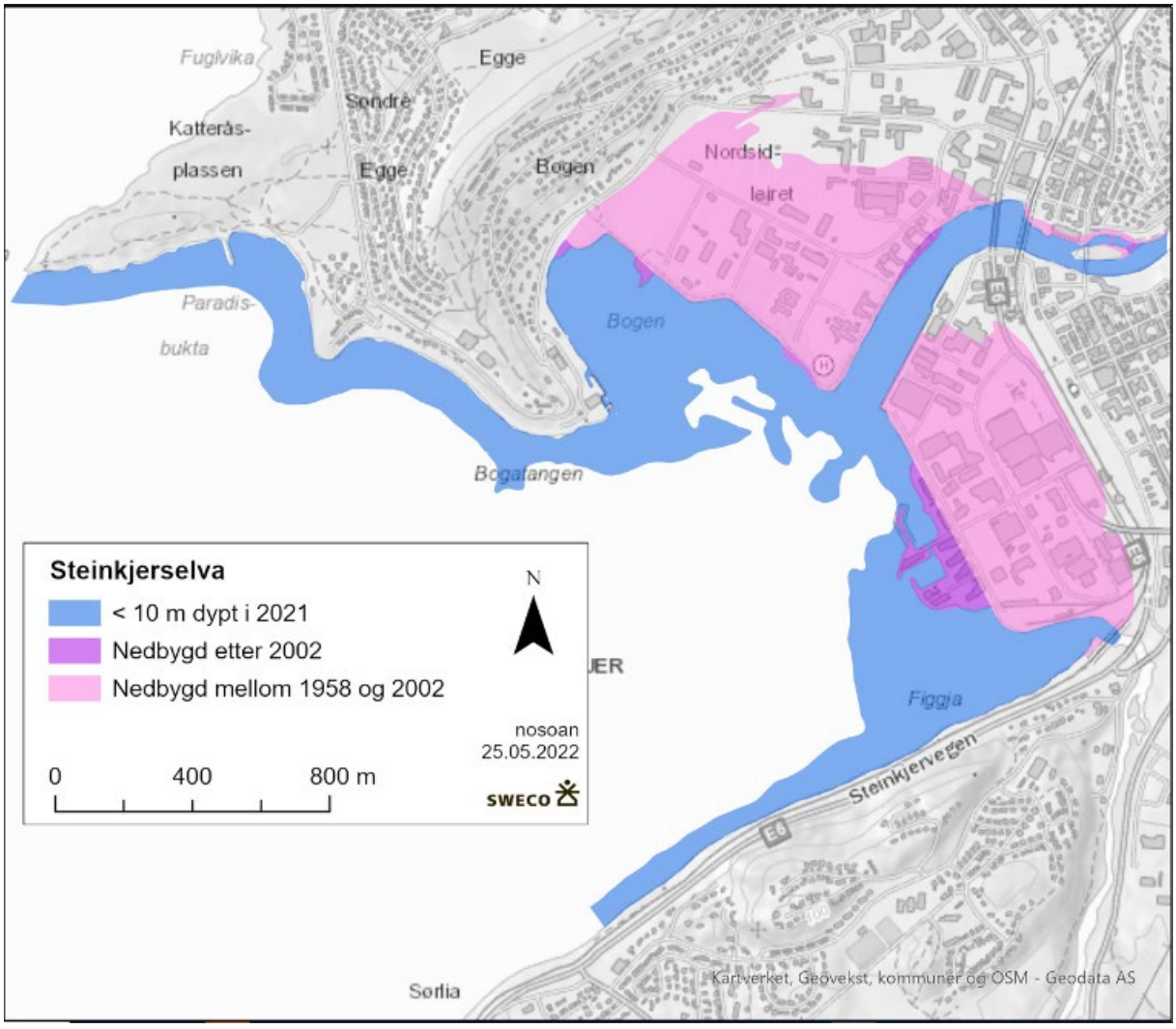
Kommentar til kartgrunnlag Stjørdalselva: her er det tatt utgangspunkt i flyfoto fra 2019, da nyere gode foto mangler. Her er det pågående utfylling på Hell i forbindelse med ny E6.



Kommentar til kartgrunnlag Verdalselva: her er det tatt utgangspunkt i flyfoto fra 2019, da nyere gode foto mangler. Det er pågående utfylling på Ørin. Den store firkantete moloen ved Ørin som beslagla et stort område, ble fjernet mellom 2006 og 2010.



Kommentar til kartgrunnlag Steinkjerelva: her stemmer sjøkartene godt med flyfoto for 2021.



VEDLEGG 7: MANETER

Vedlegg 7.1: Manetarter i Trøndelag

Tabellen under viser manetarter og grupper registrert i Trøndelag basert Norsk Artskarttjeneste (Artskart), Norsk Database over Artsnavn (Artsnavnebase) and HYPNO, GooseAlien and GoJelly prosjektene.

Vitenskapelig navn	Beskrevet av	Norsk navn	Livssyklus	Antall observasjoner
Scyphozoa		**stormaneter**		**299**
Cyanea capillata	(Linnaeus, 1758)	brennmanet	Meroplanktonisk	143
Aurelia aurita	(Linnaeus, 1758)	glassmanet	Meroplanktonisk	135
Periphylla periphylla	(Péron & Lesueur, 1809)	kronemanet	Holoplanktonisk	16
Cyanea lamarckii	Péron & Lesueur, 1810	blå brennmanet	Meroplanktonisk	5
Hydrozoa		**småmaneter**		**718**
Dynamena pumila	(Linnaeus, 1758)		Bentisk	74
Tubularia	Linnaeus, 1758			50
Obelia dichotoma	(Linnaeus, 1758)		Meroplanktonisk	49
Stylaster gemmascens	(Esper, 1794)		Bentisk	27
Campanulariidae	Johnston, 1836			25
Clava multicornis	(Forskål, 1775)		Bentisk	24
Sertularia tenera	G.O. Sars, 1874		Bentisk	22
Hydridae	Dana, 1846			19
Obelia geniculata	(Linnaeus, 1758)		Meroplanktonisk	18
Ectopleura larynx	(Ellis & Solander, 1786)		Bentisk	16
Laomedea	Lamouroux, 1812			15
Acaulis primarius	Stimpson, 1854		Bentisk	14
Stylaster norvegicus	(Gunnerus, 1768)		Bentisk	14
Tubularia indivisa	Linnaeus, 1758		Bentisk	13
Obelia	Péron & Lesueur, 1810			11
Eudendrium rameum	(Pallas, 1766)		Bentisk	10
Laomedea flexuosa	Alder, 1857		Bentisk	10
Eudendrium ramosum	(Linnaeus, 1758)		Bentisk	9
Hydra	Linnaeus, 1758			9
Obelia longissima	(Pallas, 1766)		Meroplanktonisk	9
Stylasteridae	Gray, 1847			9
Thuiaria thuja	(Linnaeus, 1758)		Bentisk	9
Tubulariidae	Fleming, 1828			9
Halecium halecinum	(Linnaeus, 1758)		Bentisk	8
Corymorpha nutans	M. Sars, 1835		Meroplanktonisk	7

Coryne loveni	M. Sars, 1846		Bentisk	7
Stylaster	Gray, 1831			7
Coryne pusilla	Gaertner, 1774		Bentisk	6
Corynidae	Johnston, 1836			6
Lafoea dumosa	(Fleming, 1820)		Bentisk	6
Sarsia tubulosa	(M. Sars, 1835)		Meroplanktonisk	5
Sertularia	Linnaeus, 1758			5
Aglantha	Haeckel, 1879			4
Kirchenpaueria pinnata	(Linnaeus, 1758)		Bentisk	4
Sertularella gayi	(Lamouroux, 1821)		Bentisk	4
Bougainvillia muscus	(Allman, 1863)		Meroplanktonisk	3
Cladocarpus integer	(G.O. Sars, 1873)		Bentisk	3
Diphasia fallax	(Johnston, 1847)		Bentisk	3
Halecium	Oken, 1815			3
Halecium beanii	(Johnston, 1838)		Bentisk	3
Halecium sessile	Norman, 1867		Bentisk	3
Hydractinia	van Beneden, 1841			3
Hydractinia carnea	(M. Sars, 1846)		Meroplanktonisk	3
Lafoea	Lamouroux, 1821			3
Thuiaria	Fleming, 1828			3
Abietinaria	Kirchenpauer, 1884			2
Aglantha digitale	(O.F. Müller, 1776)		Holoplanktonisk	2
Calycella syringa	(Linnaeus, 1767)		Bentisk	2
Campanularia	Lamarck, 1816			2
Clytia gracilis	(M. Sars, 1850)		Meroplanktonisk	2
Clytia hemisphaerica	(Linnaeus, 1767)		Meroplanktonisk	2
Corymorpha groenlandica	(Allman, 1876)		Bentisk	2
Eudendrium annulatum	Norman, 1864		Bentisk	2
Eudendrium capillare	Alder, 1856		Bentisk	2
Gonionemus vertens	A. Agassiz, 1862	klamremanet		2
Halecium muricatum	(Ellis & Solander, 1786)		Bentisk	2
Lafoeina tenuis	M. Sars i G.O. Sars, 1874		Bentisk	2
Cyclocanna producta	(G.O. Sars, 1874)		Meroplanktonisk	2
Modeeria rotunda	(Quoy & Gaimard, 1827)		Meroplanktonisk	2
Physophora hydrostatica	Forskål, 1775		Holoplanktonisk	2
Plumularia	Lamarck, 1816			2
Polyplumaria gracillima	(G.O. Sars, 1873)		Bentisk	2
Sertularella polyzonias	(Linnaeus, 1758)		Bentisk	2
Sertularella rugosa	(Linnaeus, 1758)		Bentisk	2
Tamarisca tamarisca	(Linnaeus, 1758)		Bentisk	2

Abietinaria abietina	(Linnaeus, 1758)		Bentisk	1
Abietinaria fusca	(Johnston, 1847)		Bentisk	1
Apolemia uvaria	(Lesueur, 1815)		Holoplanktonisk	1
Bonneviella	Broch, 1909			1
Campanularia integra	MacGillivray, 1842		Bentisk	1
Campanularia volubilis	(Linnaeus, 1758)		Bentisk	1
Cladocarpus bicuspis	(G.O. Sars, 1874)		Bentisk	1
Corymorpha	M. Sars, 1835			1
Diphasia attenuata	(Hincks, 1866)		Bentisk	1
Dynamena	Lamouroux, 1812			1
Eudendriidae	L. Agassiz, 1862			1
Eudendrium	Ehrenberg, 1834			1
Eudendrium arbuscula	Wright, 1859		Bentisk	1
Filellum serpens	(Hassall, 1848)		Bentisk	1
Gonothyrea loveni	(Allman, 1859)		Bentisk	1
Halecium tenellum	Hincks, 1861		Bentisk	1
Hydractinia echinata	Fleming, 1828		Bentisk	1
Hydrallmania falcata	(Linnaeus, 1758)		Bentisk	1
Leuckartiara octona	(Fleming, 1823)		Meroplanktonisk	1
Monocoryne gigantea	(Bonnevie, 1899)		Bentisk	1
Nanomia cara	Agassiz, 1865		Holoplanktonisk	1
Nemertesia antennina	(Linnaeus, 1758)		Bentisk	1
Nemertesia ramosa	(Lamarck, 1816)		Bentisk	1
Octophialucium funerarium	(Quoy & Gaimard, 1827)		Meroplanktonisk	1
Opercularella lacerata	(Johnston, 1847)		Bentisk	1
Pliobothrus	Pourtalès, 1869			1
Rathkea octopunctata	(M. Sars, 1835)		Bentisk	1
Sarsia	Lesson, 1843			1
Schizotricha frutescens	(Ellis & Solander, 1786)		Bentisk	1
Sertulariidae	Lamouroux, 1812			1
Staurostoma mertensii	(Brandt, 1834)		Meroplanktonisk	1
Stegopoma plicatile	(M. Sars, 1863)		Meroplanktonisk	1
Thuiaria carica	Levinsen, 1893			1
Ctenophora		**kammaneter**		**93**
Bolinopsis infundibulum	(O.F. Müller, 1776)	lobekammanet	Holoplanktonisk	3
Pleurobrachia pileus	(O.F. Müller, 1776)	kulekammanet	Holoplanktonisk	2
Beroe gracilis	Künne, 1939	dvergagurk-kammanet	Holoplanktonisk	1
Beroe	Gronov (ex Browne, 1756) 1760		Holoplanktonisk	1
Beroe cucumis	Fabricius, 1780	gurkkammanet	Holoplanktonisk	
Euplokamis dunlapae	Mills, 1987		Holoplanktonisk	
Ctenophora indet			Holoplanktonisk	

VEDLEGG 9: SJØFUGL

INNHOLD

Vedlegg 9.1: Statistikk hekkende ærfugl og overvintrende sjøfugl ..... s. 74

Vedlegg 9.2: Overvåkningsprosjektet for måkefugler ..... s. 74

Vedlegg 9.3: Data fra overvåkning av hekkende måker ..... s. 75

Vedlegg 9.1: Statistikk for hekkende ærfugl og overvintrende sjøfugl

Tabellen under viser statistikk for trender i bestandsutviklingen for hekkende ærfugl og overvintrende sjøfugler i Trondheimsfjorden, gitt for hele overvåkingsperioden og de siste 11 årene.

Art	Periode	Antall år med data	Årlig endring (%)	p
Hekkesesong				
Ærfugl	1982-2022	24	-6,4	< 0,001
	2012-2022	11	-6,0	0,029
Fiskemåke	2001-2021	20	-0,92	0,200
		11	-4,14	0,015
Hettemåke	2001-2021	20	-5,22	0,158
		11	-16,03	0,034
Gråmåke	2001-2021	20	-4,06	0,019
		11	-0,88	0,514
Svartbak	2001-2021	20	0,29	0,537
		11	1,34	0,256
Terner	2001-2021	20	2,84	0,038
		11	2,31	0,438
Overvintrende arter				
Smålom	1980-2022	43	4,1	0,002
	2012-2022	11	6,9	0,066
Stokkand	1980-2022	43	0,4	0,113
	2012-2022	11	4,1	0,025
Havelle	1980-2022	43	-6,8	0,001
	2012-2022	11	-3,6	0,141
Ærfugl	1980-2022	43	-5,4	< 0,001
	2012-2022	11	-1,8	0,083
Sjøorre	1980-2022	43	-4,1	<0,001
	2012-2022	11	-0,9	0,188

Vedlegg 9.2: Overvåkningsprosjektet for måkefugler

Holmer og skjær som er omfattet av overvåkingsprosjektet for måkefugler i indre deler av Trondheimsfjorden:

Beitstadfjorden: Hoøya, Låtra, Vaggen, Giplingøya, Rambergholmen, Gluggen, Hustadøya

Borgenfjorden: Rolsøya og Nesskjæret

Midtfjorden: Alnesholmen, Kjølsvik/Vannsvikholmen, Kvamsholman

Åsenfjorden: Hoøya, Skarvholman, Sandvikholman, Storholmen/Småskjæra

Frosta: Øksningen

Vedlegg 9.3: Data fra overvåkning av hekkende måker

Tabellene under viser data fra overvåkning av hekkende måkefugler i Trondheimsfjorden (antall hekkende par), jfr. den geografiske avgrensningen vist i Vedlegg 9.2.

	Fiskemåke	Hettemåke	Gråmåke	Svartbak	Terner
2001	1133	178	320	36	11
2002	918	203	245	74	6
2004	1132	283	217	62	15
2005	939	442	178	27	3
2006	1045	320	134	25	4
2007	1037	322	257	25	0
2008	1292	440	194	21	0
2009	1220	363	192	26	0
2010	1299	320	92	32	21
2011	1296	306	105	39	28
2012	1072	324	177	43	55
2013	1083	376	140	33	20
2014	1252	380	140	33	78
2015	1231	366	123	35	26
2016	955	235	123	47	36
2017	994	211	98	36	65
2018	1029	50	89	33	63
2019	831	89	116	30	35
2020	929	121	143	51	60
2021	759	86	144	48	28

Gråmåke – for noen viktige områder:

	Hoøya i Beitstad-fjorden	Øvrige i Beitstad-fjorden	Borgen-fjorden	Midt-fjorden	Åsen-fjorden	Øksningen
2001	250	22	5	14	7	17
2002	160	26	5	17	18	12
2004	150	36	2	7	10	12
2005	90	32	4	27	13	12
2006	67	24	2	21	15	5
2007	148	24	5	12	8	60
2008	97	25	2	13	7	50
2009	89	35	3	13	7	45
2010	39	16	3	7	7	20
2011	46	18	2	8	7	24
2012	96	30	4	9	8	28
2013	49	28	12	15	12	24
2014	58	30	11	15	10	16
2015	21	45	6	21	14	17
2016	16	49	9	15	9	25
2017	5	39	11	10	5	28
2018	2	35	4	12	6	29
2019	1	64	10	23	10	8
2020	0	54	11	23	14	41
2021	0	48	9	58	4	25

Fiskemåke - for noen viktige områder

	Hoøya i Åsenfjorden	Øvrige i Åsenfjorden	Midt-fjorden	Beitstad-fjorden
2001		220	210	560
2002		116	238	474
2004		274	188	503
2005		95	278	449
2006		110	356	430
2007		222	377	338
2008		270	360	470
2009		237	396	479
2010	189	381	439	410
2011	295	393	369	464
2012	180	179	428	404
2013	195	191	328	510
2014	235	258	533	412
2015	191	209	530	438
2016	234	236	291	375
2017	230	204	428	330
2018	147	135	701	165
2019	193	126	431	242
2020	188	123	455	322
2021	217	118	408	215

Hettemåke - for noen viktige områder

	Kvams-holman	Alnes-holmen	Sandvik-holman	Hustadøya	Ramberg-holmen	Rolsøya
2001	0	20	5	0		5
2002	65	10	20	0		65
2004	90	10	60	0	25	80
2005	200	20	27		40	150
2006	150		15	0	10	120
2007		25	55		50	17
2008		35	130		5	95
2009	200	25			0	15
2010	194	20	103	2	0	0
2011	200	7	90	9	0	0
2012	141	75	95	13	0	0
2013	225	75	51	25	0	0
2014	225	75	55	23	0	0
2015	225	55	52	34	0	0
2016	25	90	61	45	0	14
2017	47	116	0	48	0	0
2018	10	15	0	25	0	0
2019	53	30	0	6	0	0
2020	60	0	0	60	0	0
2021	45	0	0	40	0	0

VEDLEGG 10: FYSISKE INNGREP, MENNESKELIG AKTIVITET OG SAMLET PÅVIRKNING PÅ VIKTIGE NATUROMRÅDER

INNHOLD

Vedlegg 10.1: Sårbarhetsvurderinger ..... s. 80

Vedlegg 10.2: Påvirkning av naturvernområder ..... s. 82

Vedlegg 10.3: Påvirkning av gyteområder ..... s. 84

Vedlegg 10.4: Påvirkning av ålegrasenger ..... s. 85

Vedlegg 10.5: Påvirkning av lakseelver (estuarier) ..... s. 87

Vedlegg 10.1: Sårbarhetsvurderinger

Sårbarhet til spesifikke verneområder i Trondheimsfjorden (Miljødirektoratets Naturbase) og enkelte viktige arter/habitat som koraller, ålegraseng, lakseelv og sjøørret ble vurdert og kategorisert til lav, middels eller høy (1-3) med tanke på ulike påvirkningsfaktorer. I vurderingen la vi til grunn verneformålet til det aktuelle området samt generell kunnskap om sårbarhet hos de biologiske verdiene for ulike typer påvirkning. For eksempel, marine verneområder ble vurdert til å ha høy sårbarhet for skipstrafikk som vektor for spredning av fremmede marine organismer, f.eks. havnespy[1]. Ålegrasenger generelt ble vurdert til å ha høy sårbarhet for inngrep under vann og dårlig vannkvalitet/overgjøding.

Naturområde	Beskrivelse	Inngrep i kystsonen	Inngrep under vann	Småbåt-trafikk	Skips-trafikk	Avrenning landbruk	Avren-ning bef. tetthet
Rinnleiret naturreservat	VV00001507	Middels	Høy	Lav	Lav	Lav	Middels
Hammeren naturreservat	VV00001517	Høy	Høy	Middels	Middels	Lav	Lav
Hoøya natur-reservat	VV00002264	Middels	Lav	Høy	Lav	Lav	Middels
Øksningen naturreservat	VV00002269	Middels	Lav	Middels	Lav	Lav	Lav
Grønningsbukta naturreservat	VV00001495	Middels	Høy	Middels	Lav	Middels	Middels
Ramberg-holmen natur-reservat	VV00002263	Middels	Lav	Høy	Middels	Lav	Middels
Tautra natur-reservat	VV00000697	Høy	Høy	Lav	Høy	Middels	Lav
Ørin natur-reservat	VV00003236	Høy	Høy	Middels	Høy	Høy	Middels
Gaulosen naturreservat	VV00000708	Høy	Høy	Middels	Middels	Middels	Høy
Rolsøya natur-reservat	VV00002238	Middels	Lav	Høy	Lav	Lav	Middels
Skarnsundet marine ver-neområde	VV00003637	Høy	Høy	Lav	Høy	Middels	Middels
Gaulosen ma-rine verneom-råde	VV00003233	Høy	Høy	Middels	Høy	Høy	Middels
Tauterryggen marine ver-neområde	VV00003080	Høy	Høy	Lav	Høy	Middels	Middels
Rødberget ma-rine verneom-råde	VV00003235	Høy	Høy	Lav	Høy	Høy	Høy

Lundleiret fuglefredning-område	VV00002245	Høy	Høy	Lav	Middels	Lav	Middels
Hovsfjæra fuglefredning-område	VV00001492	Høy	Høy	Lav	Lav	Middels	Middels
Vinnan og Velvangen fuglefrednings-område	VV00002240	Høy	Høy	Lav	Lav	Lav	Middels
Vikaleiret fuglefrednings-område	VV00002248	Høy	Middels	Lav	Lav	Lav	Lav
Vikanbukta fuglefredning-område	VV00002646	Høy	Middels	Lav	Lav	Middels	Lav
Vaggen dyrefrednings-område	VV00002246	Høy	Lav	Lav	Middels	Lav	Lav
Svaet dyrefredningsområde	VV00003624	Høy	Høy	Høy	Middels	Lav	Lav
Vellamelen fuglefredning-område	VV00002244	Høy	Høy	Middels	Lav	Middels	Lav
Alnes fuglefredningsområde	VV00002251	Høy	Høy	Middels	Lav	Middels	Lav
Bjørga dyrefredningsområde	VV00002249	Høy	Høy	Middels	Lav	Middels	Lav
Tynesfjæra fuglefredning-område	VV00002250	Høy	Høy	Middels	Lav	Middels	Lav
Eidsbotn fuglefredningsområde	VV00001511	Høy	Høy	Middels	Lav	Høy	Middels
Strømmen fuglefredning-område	VV00001496	Høy	Høy	Høy	Lav	Middels	Lav
Giplingøya fuglefredning-område	VV00002247	Høy	Middels	Middels	Middels	Middels	Lav
Falstadbukta fuglefredning-område	VV00002252	Høy	Høy	Middels	Lav	Lav	Lav
Kjølsvikholmen biotopvernområde	VV00002265	Middels	Middels	Middels	Middels	Middels	Lav
Kvamsholman biotopvernområde	VV00002239	Middels	Middels	Lav	Middels	Lav	Lav
Litlholmen biotopvernområde	VV00002266	Middels	Middels	Middels	Middels	Middels	Lav

Småskjæra og Storholmen biotopvernom-råde	VV00002267	Middels	Middels	Middels	Lav	Middels	Lav
Sandvikholman biotopvernom-råde	VV00002268	Høy	Middels	Lav	Lav	Middels	Lav
Børgin (Strau-men, Inderøy)	Naturbase faktaark	Høy	Høy	Høy	Høy	Middels	Middels
Generelt gy-teområde for fisk		Høy	Høy	Høy	Middels	Middels	Middels
Generelt korall-forekomst		Middels	Høy	Lav	Høy	Middels	Middels
Generelt ålegraseng		Høy	Høy	Lav	Høy	Høy	Høy
Generelt lak-selv		Middels	Middels	Middels	Middels	Middels	Middels
Generelt sjøør-ret		Høy	Høy	Høy	Middels	Middels	Middels

Referanser

1. Fossøy, F., Sivertsgård, R., Ambjørndalen, V.M., Brandsegg, H., Andersskog, I.P.Ø., Husa, V. & Forsgren, E. 2022. Kartlegging av den fremmede marine arten havnespy Didemnum vexillum ved hjelp av miljø-DNA. En rask respons undersøkelse. NINA Rapport 2092. Norsk institutt for naturforskning

Vedlegg 10.2: Påvirkning av naturvernområder

Samlet påvirkning av naturvernområder forårsaket av direkte fysiske inngrep i kystsonen og på sjøbunnen.

Verneområder	ID	Verneformål	Areal km2	Gjennomsnittlig sam-let påvirkning (0-1)
Skarnsundet	VV00003637	marintVerneområde	18.48	0.22
Vaggen	VV00002246	dyrefredningsområde	0.07	0.54
Lundleiret	VV00002245	dyrefredningsområde	2.04	0.28
Hovsfjæra	VV00001492	dyrefredningsområde	1.16	0.39
Gaulosen	VV00003233	marintVerneområde	10.84	0.27
Vinnan og Velvangen	VV00002240	dyrefredningsområde	1.91	0.55
Svaet	VV00003624	dyrelivsfredning	12.40	0.48

Vikaleiret	VV00002248	dyrefredningsområde	0.42	0.60
Tauterryggen	VV00003080	marintVerneområde	43.77	0.12
Vikanbukta	VV00002646	dyrefredningsområde	0.77	0.41
Rinnleiret	VV00001507	naturreservat	1.01	0.47
Kjølsvikholmen	VV00002265	biotopvernVilt	0.02	0.07
Hammeren	VV00001517	naturreservat	0.33	0.65
Vellamelen	VV00002244	dyrefredningsområde	0.77	0.58
Hoøya	VV00002264	naturreservat	0.07	0.12
Alnes	VV00002251	dyrefredningsområde	1.11	0.28
Kvamsholman	VV00002239	biotopvernVilt	0.05	0.23
Bjørga	VV00002249	dyrefredningsområde	0.96	0.41
Øksningen	VV00002269	naturreservat	0.02	0.06
Litlholmen	VV00002266	biotopvernVilt	0.02	0.31
Småskjera og Storholmen	VV00002267	biotopvernVilt	0.07	0.01
Grønningsbukta	VV00001495	naturreservat	0.50	0.27
Rødberget	VV00003235	marintVerneområde	14.12	0.21
Tynesfjæra	VV00002250	dyrefredningsområde	1.03	0.38
Rambergholmen	VV00002263	naturreservat	0.06	0.43
Sandvikholman	VV00002268	biotopvernVilt	0.05	0.36
Tautra	VV00000697	naturreservat	0.39	0.31
Eidsbotn	VV00001511	dyrefredningsområde	2.03	0.39
Strømmen	VV00001496	dyrefredningsområde	0.18	0.77
Ørin	VV00003236	naturreservat	1.98	0.54
Giplingøya	VV00002247	dyrefredningsområde	0.06	0.27
Gaulosen	VV00000708	naturreservat	1.66	0.29
Falstadbukta	VV00002252	dyrefredningsområde	1.25	0.66
Rolsøya	VV00002238	naturreservat	0.05	0.00
Børgin	VP00000468	marintVerneområde	21.96	0.46

Vedlegg 10.3: Påvirkning av gyteområder

Samlet påvirkning av gyteområder forårsaket av direkte fysiske inngrep i kystsonen og på sjøbunnen

Gyteområder	Gytende arter	Areal km2	Gjennomsnittlig samlet på-virkning (0-1)
Beistadfjorden - Innerøylandet	TORSK	159.72	0.05
Gaulåsen	TORSK	24.28	0.09
Tautra	TORSK	5.09	0.08
Borginfjorden	TORSK	6.26	0.22
Høsholmen - Kvamsholmen	TORSK	5.48	0.34
Malmsund	TORSK	2.86	0.42
Fånes	TORSK	1.99	0.50
Verrabotn	TORSK	3.01	0.42
Verrasundet	TORSK	9.67	0.30
Orkdalsfjorden	TORSK	12.08	0.18
Skogn - Levanger	TORSK	4.58	0.11
Ramsberget	LYSING	0.72	0.21
Hestøygrunnen	TORSK, LYR	0.51	0.27
Hoøya	SILD	1.71	0.11
Bernvågen	SILD	1.24	0.51
Yttervada	SILD	0.88	0.30
Vikasanden	SILD	0.71	0.22
Sandneset	SILD	0.21	0.22
Sørvika	SILD	0.81	0.56
Skarnsundet øst	SILD	4.95	0.38
Svean	SILD	0.85	0.42
Verrastrand	SILD	0.33	0.29
Ytre Beistadsundet	TORSK, SEI	1.26	0.47
Midtre Verrasund	SILD, TORSK, SEI	3.58	0.60
Frengenbukta	TORSK, SEI	1.19	0.46
Stornes	SILD	1.63	0.31
Skarnsundet vest	SILD	1.18	0.50
Sundnestangen	TORSK	8.57	0.29
Sendvik	TORSK	0.26	0.44
Lund	SILD	1.83	0.05
Galgneset	SILD	1.19	0.32
Furuneset	TORSK, SEI, HYSE, SILD, LYS-ING	4.26	0.43
Kjerknesvågen	SILD	0.96	0.56
Fiborgtangen	TORSK LYR	1.09	0.30
Gipling	SILD	1.42	0.27
Hanger-Stene	TORSK	2.56	0.19

Nordfjorden	TORSK	1.53	0.34
Indre Gulosen	SILD	1.06	0.21
Mula	TORSK	0.79	0.10
Sørfjorden	TORSK	3.67	0.46

Vedlegg 10.4: Påvirkning av ålegrasenger

Samlet påvirkning av Ålegrasenger forårsaket av direkte fysiske inngrep i kystsonen og på sjøbunnen

ID	Ålegrasområder	Areal km2	Gjennomsnittlig samlet påvirkning (0-1)
BM00120517	Sundsneset	0.1054	0.80
BM00120530	Alstadhaugbukta sør - gml-reg	0.0701	0.35
BM00120544	Byneset/Børsa	0.1579	0.37
BM00120525	Kattangen - gml-reg	0.2356	0.43
BM00120546	Reinsbukta	0.0318	0.91
BM00120543	Buvikbukta	0.1634	0.83
BM00120522	Verdalsleiret/Hyllbukta - gml-reg	0.618	0.34
BM00120572	Verdalsleiret/Hyllbukta	0.0457	0.37
BM00120532	Falstadbukta - gml-reg	0.4051	0.54
BM00120518	Vikaleiret	0.3352	0.73
BM00120539	I bukta ved Haugsberget	0.0281	0.45
BM00120579	Nessiskjæret	0.0119	0.89
BM00120576	Innenfor Alnesholmen	0.0045	0.24
BM00120531	Hotterbukta midt - gml-reg	0.1037	0.94
BM00120496	Lundleiret	0.3392	0.35
BM00120560	Hotterbukta vest	0.0041	0.71
BM00120498	Tjeldberget	0.0896	0.78
BM00120547	Sundsbukta	0.1796	0.39
BM00120499	Langåsleiret	0.3358	0.45
BM00120506	Leksvik	0.0414	0.94
BM00120540	Malvikbukta	0.0157	0.45
BM00120504	Børgin	0.1085	0.71
BM00120503	Leksvik	0.0978	0.73
BM00120541	Munkholmen	0.0133	0.91
BM00120512	Sør-Tautra	0.8335	0.32
BM00120562	Falstadbukta, Nordholmen	0.001	0.45
BM00120566	Strandlia vest	0.0049	0.91
BM00120564	Granlund/Alstad	0.0081	0.40

BM00120569	Eidsbotn nord	0.006	0.48
BM00120527	Nessiskjæret - gml-reg	0.0499	0.92
BM00120538	Vest for Midtsandneset	0.0084	0.86
BM00120542	Munkholmen	0.004	0.92
BM00120568	Falstadbukta midt	0.0007	0.77
BM00120534	Åtlosanden	0.0109	0.70
BM00120511	Nordfjærabukta/Tautrasvaet	0.3846	0.64
BM00120573	Alstadhaugbukta sør	0.0047	0.33
BM00120516	Sundnesleiret	0.3008	0.39
BM00120575	Eidsbotn sørvest	0.2022	0.32
BM00120514	Tautra, Nordhamna	0.213	0.83
BM00120559	Falstadbukta, Gustandtangen	0.0096	0.77
BM00120513	Muletangen/Byneset	0.2676	0.39
BM00120545	Orkangerfjorden	0.0104	0.62
BM00120515	Dammen	0.1777	0.83
BM00120500	Børgin	0.3814	0.67
BM00120535	Skulsvikbukta	0.2794	0.81
BM00120521	Einbukta	0.1413	0.49
BM00120570	Strandlia øst	0.0023	0.91
BM00120571	Levangerbukta - Røstad vest	0.0081	0.79
BM00120537	Øst for Midtsandneset	0.0641	0.89
BM00120523	Øvresbukta	0.0176	0.88
BM00120558	Vestrembukta nord	0.0066	0.69
BM00120519	Vikaleiret	0.0351	0.66
BM00120565	Kattangen	0.0364	0.46
BM00120502	Børgin	0.1691	0.37
BM00120577	Levanger, Nesset, Nordvik	0.0598	0.91
BM00120555	Hotterbukta øst	0.0017	0.98
BM00120509	Nord-Tautra	0.0445	0.60
BM00120561	Eidsbotn sørøst	0.0721	0.47
BM00120578	Falstadbukta vest, Ekne	0.0189	0.79
BM00120526	Levangerbukta - Røstad vest - gml-reg	0.0355	0.79
BM00120556	Hotterbukta midt	0.0119	0.90
BM00120574	Alstadhaugbukta, ved Tangen	0.0098	0.33
BM00120536	Stjørdalsfjorden	0.0032	0.98
BM00120505	Tautra, ved Sørhamna	0.1985	0.79
BM00120554	Levangerbukta - Skarpenget	0.0429	0.90
BM00120563	Sørleiret	0.0182	0.37
BM00120528	Levangerbukta - Skarpenget - gml-reg	0.1211	0.89
BM00120497	Tjeldberget	0.0961	0.70
BM00120529	Håabukta - gml-reg	0.0564	0.65
BM00120553	Vika i Åsenfjorden	0.0179	0.92
BM00120508	Børgin	0.6615	0.51
BM00120557	Øvresbukta	0.0034	0.87
BM00120533	Vestrembukta	0.0316	0.41

BM00120494	Elnvågen	0.1566	0.38
BM00120495	Hoøvågen	0.2632	0.34
BM00120520	Revet ved Sørvika	0.2928	0.70
BM00120524	Sørleiret - gml-reg	0.3816	0.36
BM00120567	Håabukta	0.0186	0.65
BM00120501	Børgin	0.1453	0.37
BM00120507	Orkangerfjorden	0.0001	0.48

Vedlegg 10.5: Påvirkning av lakseelver (estuarier)

Samlet påvirkning av lakseelver (estuarier) forårsaket av direkte fysiske inngrep i kystsonen og på sjøbunnen

Vassdragsnummer	Navn	Gjennomsnittlig samlet påvirkning (0-1)
119.9Z	Fremstadelva	0.53
120.11Z	Grønningselva	0.42
120.1Z	Størdalselva	0.45
120.2Z	Lena	0.45
121.1Z	Skjenaldelva	0.49
128.3Z	Figga	0.60
131.1Z	Mossa	0.49
132.1Z	Flyta	0.31
120.3Z	Tennelelva	0.25
122.1Z	Børsa	0.39
129.2Z	Moldelva	0.27
129.Z	Follavassdraget	0.38
131.9Z	Prestelva	0.27
132.2Z	Hasselvassdraget	0.35
133.2Z	Osaelva Sørfjorden	0.50
122.21Z	Hammerbekken	0.46
122.2Z	Vigda	0.44
123.22Z	Storelva (Malvik)	0.35
123.2Z	Vikelva (Trondheim)	0.55
123.3Z	Sagelva (Malvik)	0.39
123.4Z	Homla	0.45
124.2Z	Gråelva	0.57
120.112Z	Åremselva	0.42
120.4Z	Ingdalselva	0.22
121.2Z	Viggja	0.43
125.1Z	Langsteinelva	0.54
125.2Z	Fættenelva	0.29

125.4Z	Hopla	0.61
125.50X1	Steinsbekken (Frosta)	0.42
125.5Z	Vikelva (Frosta)	0.52
126.3Z	Byaelva	0.52
126.4Z	Hotranvassdraget	0.58
126.7Z	Rinnelva	0.46
127.2Z	Mæresbekken	0.26
127.3Z	Granaelva	0.58
128.4Z	Lundselva	0.22
129.22Z	Gladsjøelva	0.61
129.3Z	Ressemelva	0.51
129.4Z	Brattreitelva	0.48
129.5Z	Tunselva	0.22
130.1Z	Vollsetelva	0.25
130.4Z	Sørvågelva	0.36
131.12Z	Slira	0.49
131.4Z	Innerelva	0.51
131.5Z	Ytterelva (Leksvik)	0.47
131.62Z	Hovselva	0.20
131.6Z	Tømmerdalselva	0.20
131.72Z	Hindremelva	0.46
132.22Z	Hårbergelva	0.51
133.41Z	Elv fra Eidsvatnet	0.43
125.42X1	Sunndalselva	0.61
123.1X1	Ilabekken	0.54
128.Z	Steinkjerelva	0.23
133.3Z	Nordelva i Bjugn	0.45
132.Z	Skauga (Skaudalsvassdraget)	0.44
130.32Z	Tangstadelva	0.58
127.Z	Verdalsvassdraget (hele vassdraget)	0.37
126.6Z	Levangerelva	0.52
124.Z	Stjørdalselva (hele vassdraget)	0.56
123.Z	Nidelva i Trondheim	0.57
122.1Z	Børselva i Skaun	0.39
121.Z	Orkla (hele vassdraget)	0.57
122.Z	Gaula	0.21

VEDLEGG 11: MILJØGIFTER

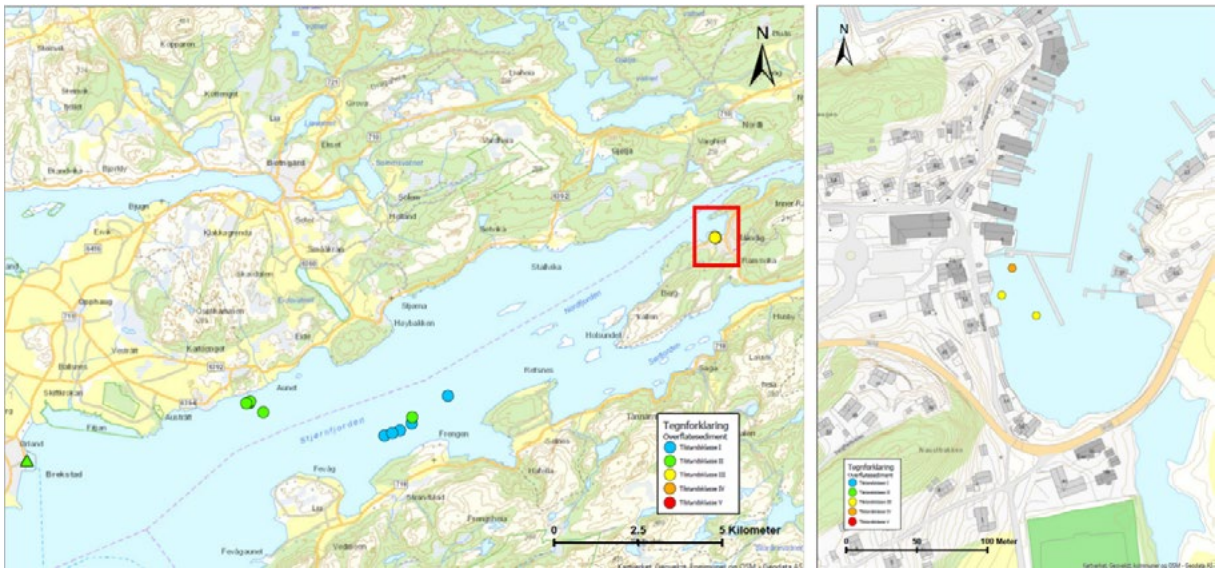
Vedlegg 11.1: Miljøgifter

Dette vedlegget presenterer tilstand og utvikling for miljøgifter i noen utvalgte områder i Trondheimsfjorden, som ikke har blitt presentert i kapittel 11 i rapporten.

Stjørnfjorden

Sedimentprøvene tatt i 2021 i Stjørnfjorden (Figur 1) viser bakgrunn til god tilstand (tilstandsklasse I-II). Blåskjellprøver tatt ved Brekstad i 2018 viser god tilstand (tilstandsklasse II). Sedimentprøvene tatt i 2015 ved Råkvåg (Figur 1, til høyre) viser moderat til dårlig miljøtilstand (tilstandsklasse III-IV) i sedimentene. Høyeste påviste miljøgifter er kobber, nikkel, PAH16 og TBT.

Prøvene i Råkvåg er tatt i forbindelse med planlagt utdyping, og antas å være påvirket av småbåter og av tidligere virksomhet (PAH fra eldre båter og bryggekonstruksjoner).



Figur 1 Stjørnfjorden med registrerte sedimentprøver analysert for miljøgifter i 2015 og 2021 og registrert blåskjellprøver (trekant) analysert for miljøgifter i 2018 til venstre. Analyser fra Råkvåg i 2015 til høyre. Kilder: Vannmiljø, Multiconsult (11).

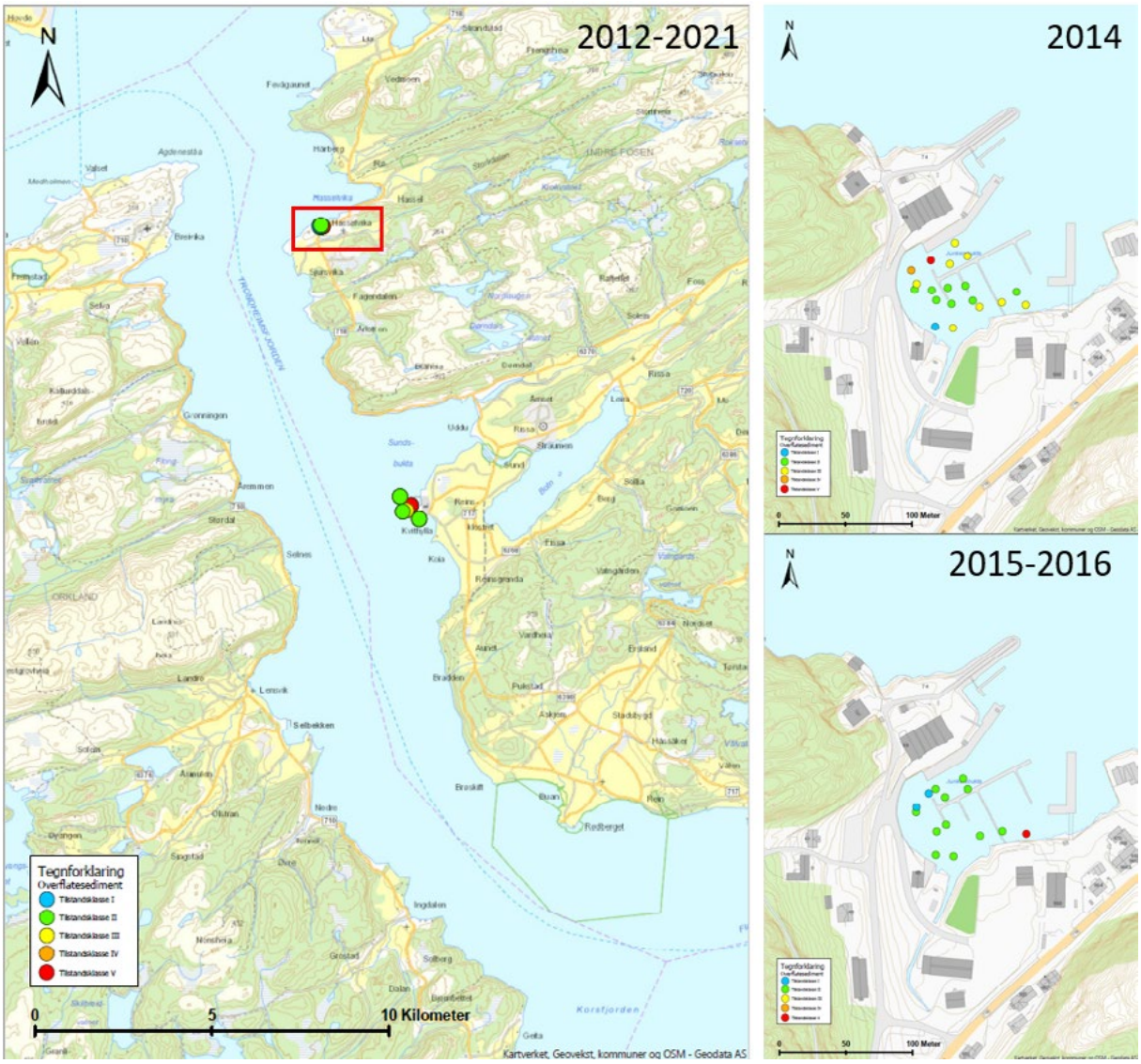
Agdenes - Geitaneset

Sedimentprøver tatt i 2014 fra Hysnes havn, øverst til høyre i Figur 2, viser bakgrunn til svært dårlig tilstand (tilstandsklasse I-V) i sedimentene. Høyeste påviste miljøgifter er kvikksølv, PAH16 og PCB7. Sedimentprøvene tatt i 2015 og 2016 etter mudring av havna (med sikte på sanering av forurensning) er vist nederst til høyre og viser generelt god tilstand (tilstandsklasse II) i sedimentene. Det er likevel påvist PAH16 tilsvarende tilstandsklasse V (svært dårlig miljøtilstand) i en prøve lengst til sørøst i havna i 2015, der sannsynlig kilde er eldre kreosotimpregnerte bryggekonstruksjoner.

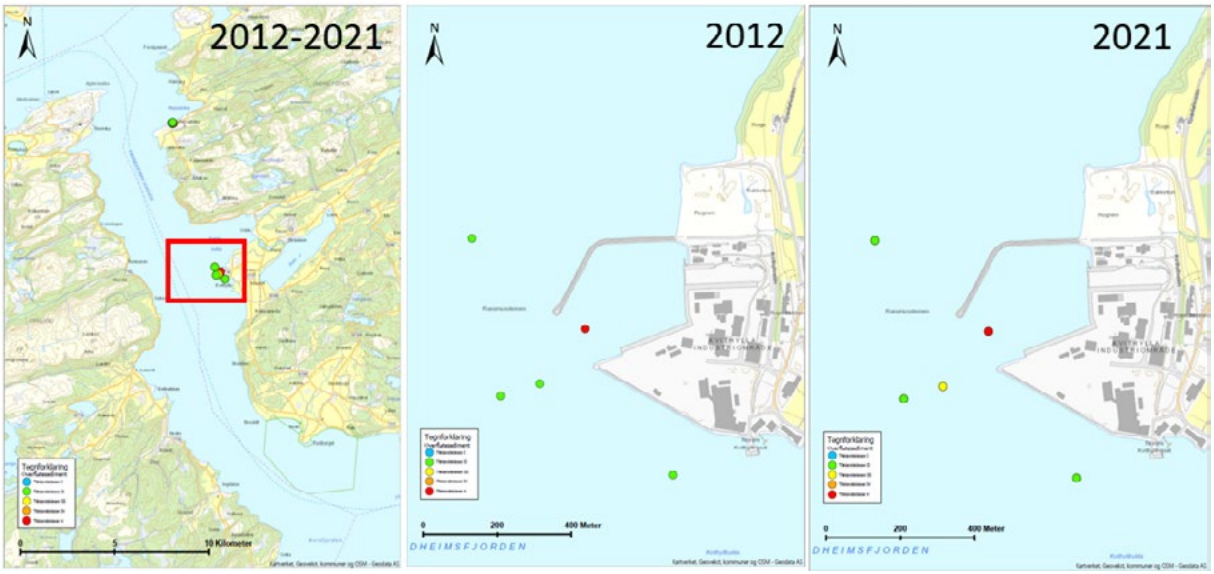
Sedimentprøver ved verftet Fosen Yards, er tatt i 2012, 2017, 2019 og 2021, jfr. Figur 3. Resultatene viser god til svært dårlig tilstand (tilstandsklasse II-V) i sedimentene for undersøkte stasjoner i perioden. I 2012 er høyeste påviste klasse for miljøgifter TBT, på stasjon like innenfor molo i området, Figur 3 i midten. Analyser fra samme område 2017 viste klasse god til klasse svært dårlig. Innenfor molo (tilstandsklasse V) og utenfor molo (tilstandsklasse IV) er påvist med høyeste tilstandsklasse for TBT. Sedimentprøvene tatt i 2019 viser god til svært dårlig tilstand (tilstandsklasse II-V) i sedimentene. Høyeste påviste tilstandsklasse er for kobber (tilstandsklasse V) sør for industriområdet og TBT (tilstandsklasse IV) innenfor molo. I 2021 er stasjon innenfor molo (tilstandsklasse V) påvist med høyeste påviste miljøgift for kobber, og utenfor molo (tilstandsklasse III) er påvist med høyeste miljøgift for TBT.

Kilde til forurensningene må antas å være virksomheten ved verftet, f.eks. ved at store fartøyer ligger til kai innenfor moloen over lengre perioder, for utrustning og ferdigstillelse. Bunnarealet innenfor moloen ble sanert for forurensning omkring år 2000, slik at det som nå registreres innenfor moloen, er forurensning som er tilført etter dette.

Det kan likevel bemerkes at registrerte forurensningsnivåer ved Fosen Yards er lave, sammenliknet med det som rapporteres fra undersøkelser ved verft andre steder langs kysten.



Figur 2 Ytre Trondheimsfjorden, strekningen Agdenes til Geitaneset, med alle registrerte sedimentprøver analysert for miljøgifter i perioden 2012 til 2021 til venstre. Analyser fra Hysnes havn i 2014 øverst til høyre, og fra 2015 og 2016 nederst til høyre. Kilder: Vannmiljø, Multiconsult (12)

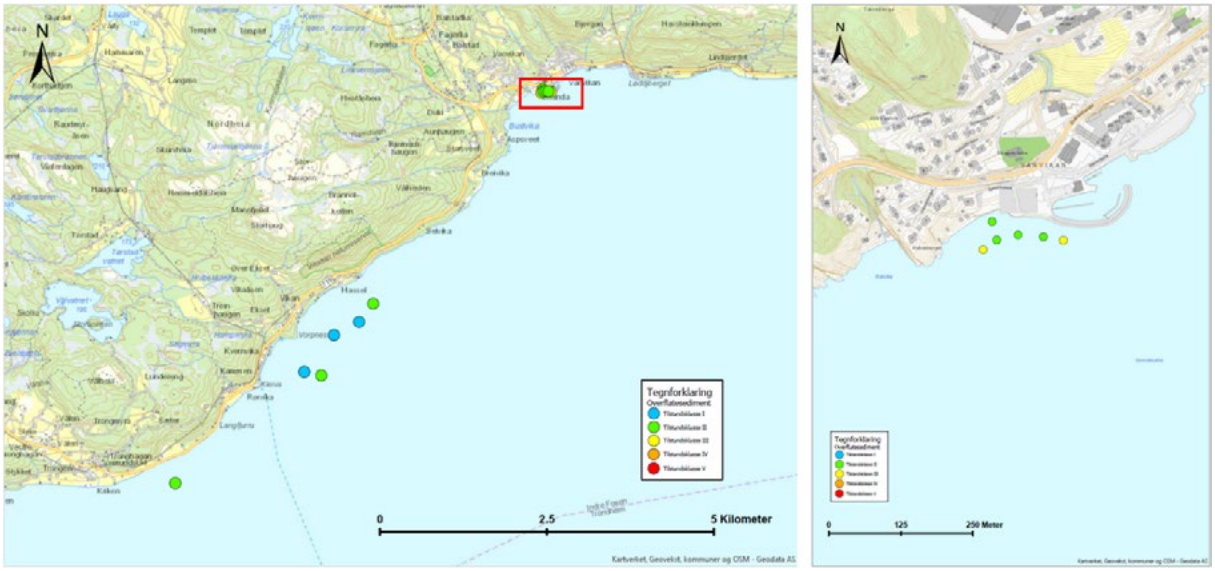


Figur 3 Ytre Trondheimsfjorden, strekningen Agdenes til Geitaneset, med alle registrerte sedimentprøver analysert for miljøgifter i perioden 2012-2021 til venstre. Analyser av prøver tatt utenfor Fosen Yards i 2012 i midten, og i 2021 til høyre. Kilder: Vannmiljø, Multiconsult (13), (14), (15).

Trongen - Vanvikan

Sedimentprøvene tatt i 2021, fra Trongen til Hassel, Figur 4, viser bakgrunn til god tilstand (tilstandsklasse I-II) i sedimentene.

Sedimentprøvene fra tre stasjoner i 2020 og 2021 ved Vanvikan (til høyre på Figur 4) viser god til moderat tilstand (tilstandsklasse II-III). Høyeste påviste miljøgifter er PAH- forbindelsen antracen (tilstandsklasse III). Analyser fra tre stasjoner i 2021 ved Vanvikan viste alle tilstandsklasse II-god. Disse prøvene er tatt i forbindelse med etablering av tomt for nye Johan Bojer videregående skole.



Figur 4 Midtre Trondheimsfjorden ved Trongen/Rørvik til Vanvikan med sedimentprøver analysert for miljøgifter i 2020-2021 til venstre. Analyser ved Vanvikan fra 2020-2021 til høyre. Resultater fra Kilder: Vannmiljø, Multi-consult

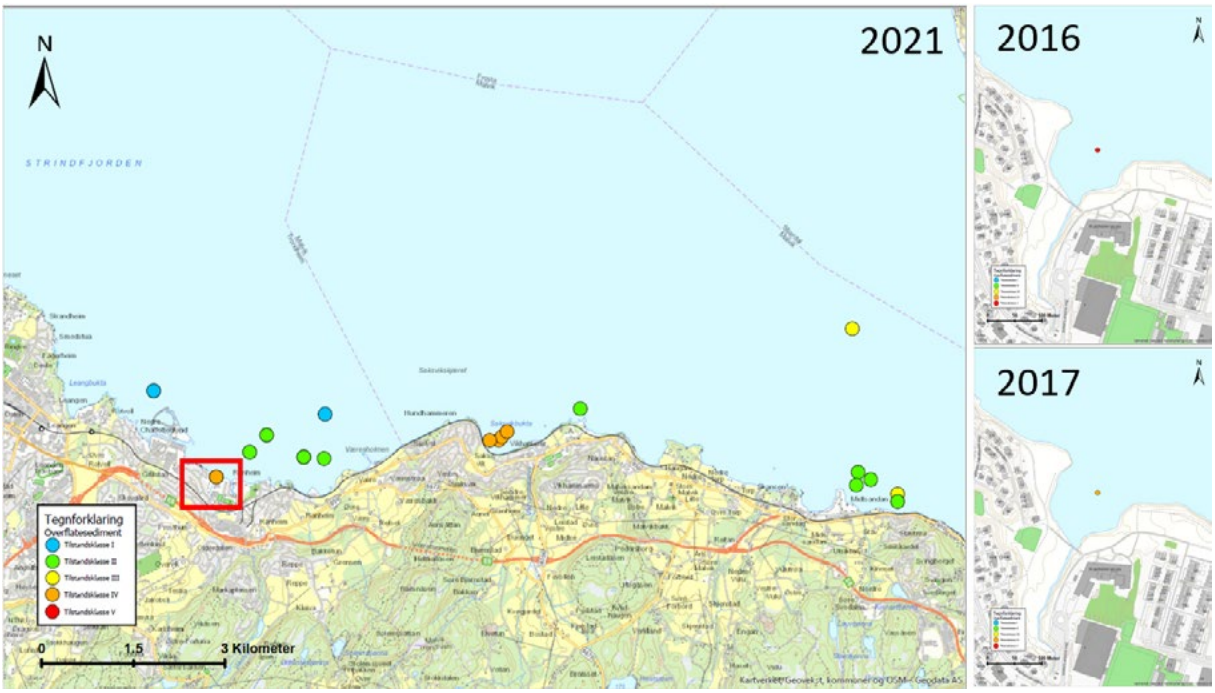
Strindfjorden (Rotvoll til Midtsanden)

Sedimentprøvene tatt i 2013, 2015, 2016, 2019 og 2021 i Strindfjorden (Figur 5) viser god til dårlig tilstand (tilstandsklasse II-IV) i sedimentene. Høyeste påviste miljøgifter er nikkel og flere av PAH forbindelser.

Sedimentprøve fra 2016 nord for Ranheim skole (rød firkant, Figur 5 til venstre) viste svært dårlig tilstand (tilstandsklasse V) i sedimentene med høyeste påviste miljøgifter PAH-forbindelser antracen og fluoranten. Sedimentprøve tatt i 2017 på samme lokalitet viste dårlig tilstand (tilstandsklasse IV) i sedimentene med høyeste påviste miljøgifter PAH-forbindelsen antracen, samt andre PAH-forbindelser. Kilder til denne forurensningen kan være overløp fra kommunal pumpestasjon for spillvann, tilførsel som har kommet via Sjøskogbekken, eller forurensningsspredning fra utfylte, forurensede masser i Ranheimsfjæra (som blant annet stammer fra Ranheim papirfabrikk).

Sedimentprøver fra Saksvikbukta i 2019 viste forurensing i tilstandsklasse IV (dårlig kjemisk tilstand) av PAH-forbindelsen benzo(b)fluoranten og sum PAH for de fire undersøkte stasjonene, Figur 5.

Sedimentprøver fra ytre Stjørdalsfjorden, nord for Midtsand, viste påvirkning i tilstandsklasse III (moderat kjemisk tilstand) med høyeste påviste miljøgifter for nikkel og antracen.



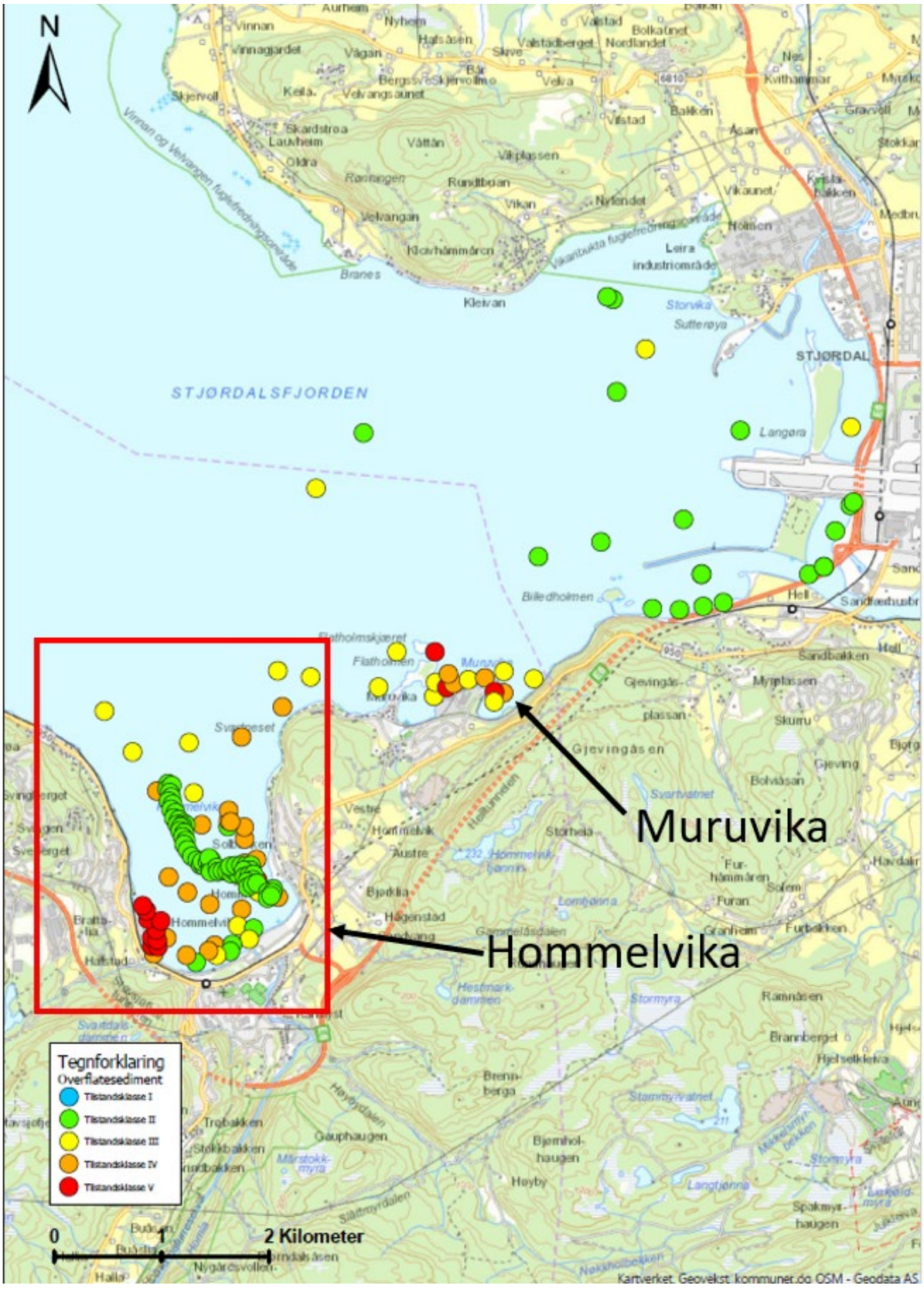
Figur 5 Strindfjorden fra Rotvoll til Midtsanden med sedimentprøver analysert for miljøgifter 2013-2021 til venstre. Analyser fra Ranheim til høyre fra 2016 øverst til høyre og fra 2017 nederst til høyre. Kilder: Vannmiljø, Multiconsult

Stjørdalsfjorden

Sedimentprøver tatt i 2013, 2016, 2018, 2019, 2020 og 2021 i Stjørdalsfjorden (Figur 6) viser god til dårlig tilstand (tilstandsklasse II-IV) i sedimentene. Høyeste påviste miljøgifter er nikkel og flere PAH-forbindelser.

Sedimentprøver tatt årlig mellom 2018-2021 nær Stjørdal og flyplassen, samt vestover i fjorden (Figur 6) viser god til moderat tilstand (tilstandsklasse II-III). Høyeste påviste miljøgifter er nikkel og antracen. Sedimentprøven fra det gamle elveleiet med moderat kjemisk tilstand er også analysert for PFAS, men PFAS er ikke klassifisert i den viste framstillingen. Fjorden utenfor utløpet til Stjørdalselva virker i liten grad å være påvirket av historiske og pågående utslipp fra gruver og metallurgisk industri oppstrøms.

Sedimentprøver tatt i 2013 fra Svartneset til Muruvikbukta viste alle moderat til svært dårlig tilstand (tilstandsklasse III-V). Høyeste påviste miljøgifter er PAH-forbindelser i dette området. Resultatene virker å være betydelig påvirket av havnevirksomheten i Muruvika.



Figur 6 Stjørdalsfjorden med sedimentprøver analysert for miljøgifter 2013-2021 til venstre. Analyser fra Hommelvika i 2013 til 2019 øverst til høyre inkludert analyse av blåskjell (trekant) i 2013. Analyser fra 2021 er vist nederst til høyre. Kilder: Vannmiljø, Multiconsult

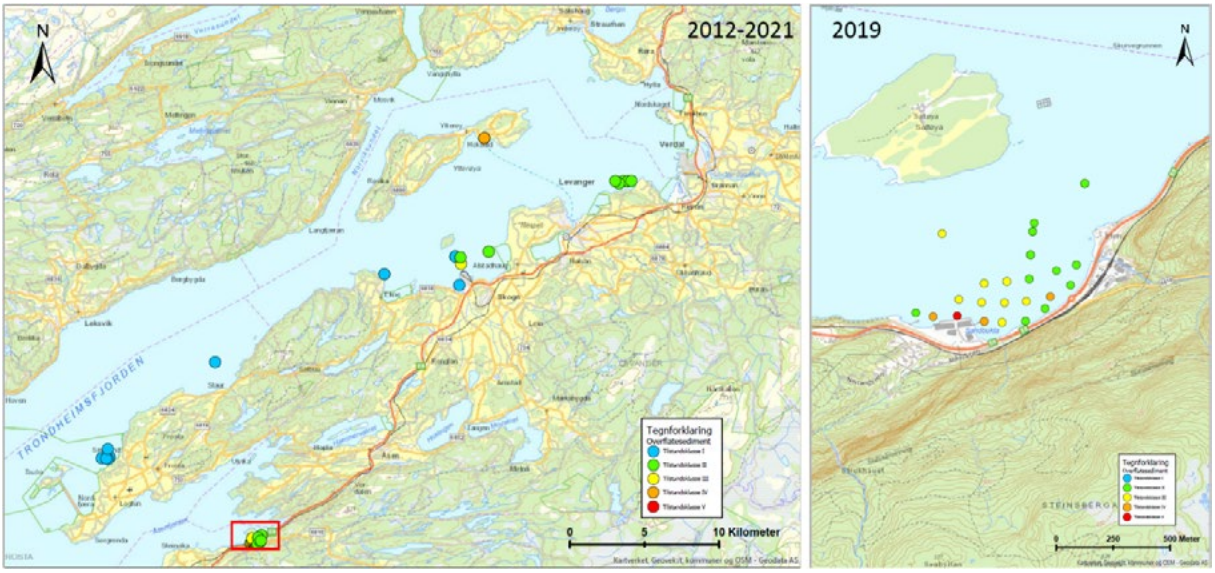
Midtfjorden

Sedimentprøvene tatt i 2012, 2014, 2015, 2019 og 2021 i Midtre Trondheimsfjorden (Figur 7) viser generelt bakgrunn til god tilstand (tilstandsklasse I-II) i sedimentene. Noen områder viste forurensing, som ved Fiborgtangen (Norske Skog), Langstein og Ytterøya.

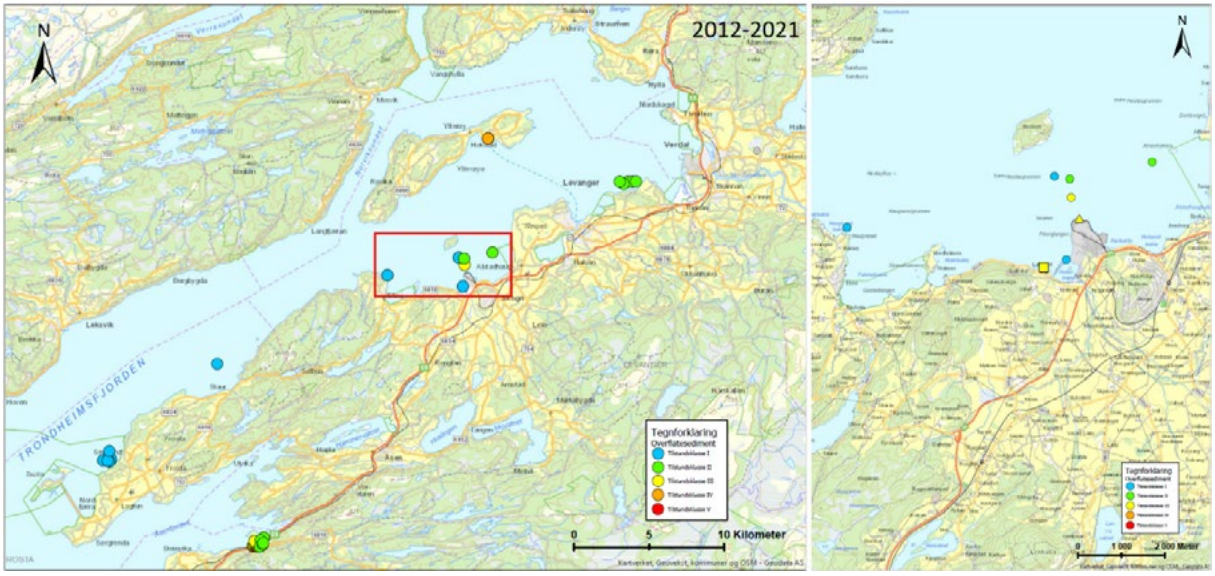
I ett prøvepunkt mellom Fiborgtangen og Hestøya er det påvist miljøgift TBT med høyeste tilstandsklasse III (moderat), Figur 8. I prøver av blåskjell og stor strandsnegl er det påvist arsen og krom med moderat tilstand (tilstandsklasse III).

Sedimentprøvene fra 2015 og 2019 ved Langstein viser god til svært dårlig tilstand (tilstandsklasse II-V) i sedimentene. Høyeste påviste miljøgifter er kobber og flere PAH forbindelser, nær kaiområdet ved Langstein, Figur 7.

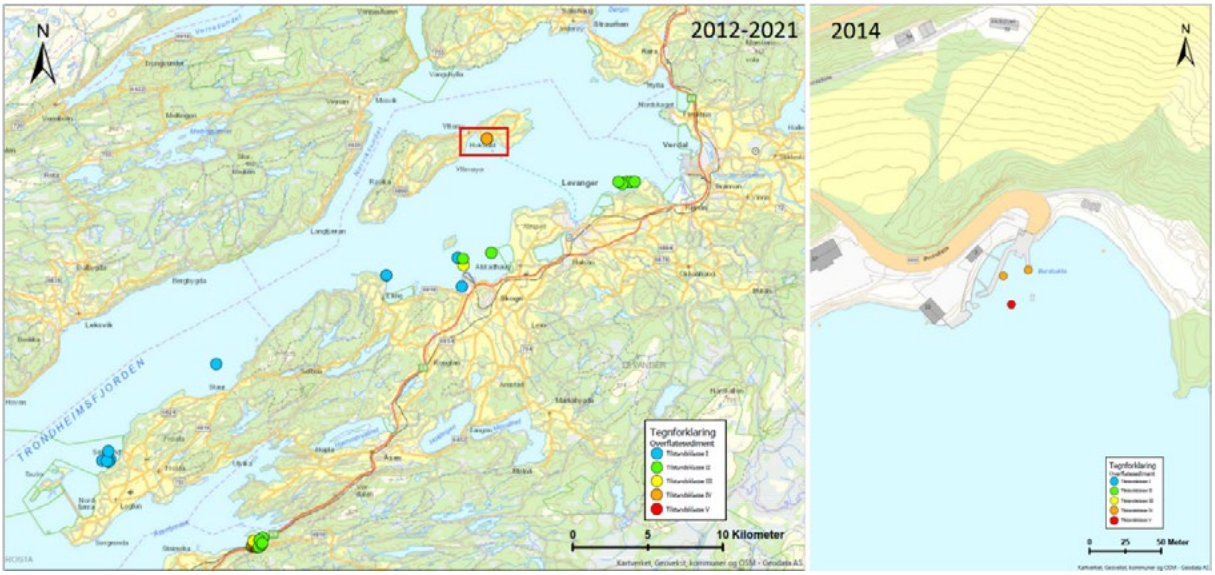
Sedimentprøvene tatt i 2014 ved Ytterøya viser dårlig til svært dårlig tilstand (tilstandsklasse IV-V) i sedimentene. Miljøgifter som ble påvist i høyest nivå på disse stasjonene, var kobber og sink, Figur 9. Prøvene ble tatt i forbindelse med utdypingsarbeider ved Hokstad fergekai, og deler av de registrert forurensede massene ble mudret opp og sendt til eksternt deponi. Kilde til registrert forurensning antas å være gruvevirksomhet.



Figur 7 Indre Trondheimsfjorden med sedimentprøver analysert for miljøgifter 2012-2021 til venstre. Langstein 2019 til høyre. Kilder: Vannmiljø, Multiconsult



Figur 8 Indre Trondheimsfjorden med sedimentprøver analysert for miljøgifter 2012-2021 til venstre. Fiborgtangen og Hestøya 2012 og 2021 til høyre. Blåskjell (trekant) og stor strandsnegl (firkant) ble analysert for miljøgifter i 2015 Kilder: Vannmiljø, Multiconsult



Figur 9 Indre Trondheimsfjorden med sedimentprøver analysert for miljøgifter 2012-2021 til venstre. Ytterøya fra 2014 til høyre. Kilder: Vannmiljø, Multiconsult 416582-RIGm-RAP-001