

# Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2017-2020



Sammendragsrapport

**Rådgivende Biologer AS 3664**





# Rådgivende Biologer AS

**RAPPORT TITTEL:**

Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2017-2020.

**FORFATTERE:**

Ingeborg Økland, Christiane Todt, Joar Tverberg & Mette Eilertsen

**OPPDRAKSGIVER:**

Bergen kommune

**OPPDRAGET GITT:**

Juni 2016

**RAPPORT DATO:**

19. mai 2022

**RAPPORT NR:**

3664

**ANTALL SIDER:**

49

**ISBN NR:**

978-82-8308-926-4

**EMNEORD:**

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Resipientundersøkelse</li><li>- Sedimentkvalitet</li><li>- Bløtbunnsfauna</li><li>- Fjæres</li><li>- Vannkvalitet</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Hordaland</li><li>- Vestland</li><li>- Hydrografi</li><li>- Miljøgifter i sediment</li></ul> |
|---|--|

**KONTROLL:**

Godkjenning/kontrollert av	Dato	Stilling	Signatur
Mette Eilertsen	02.06.2021	Fagansvarlig Marin	

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS  
Edvard Griegs vei 3, N-5059 Bergen  
Foretaksnummer 843667082-mva  
[www.radgivende-biologer.no](http://www.radgivende-biologer.no)    Telefon: 55 31 02 78    E-post: [post@radgivende-biologer.no](mailto:post@radgivende-biologer.no)

**Rapporten må ikke kopieres ufullstendig uten godkjenning fra Rådgivende Biologer AS.**

## FORORD

Bergen kommune har siden 1973 satt fokus på miljøtilstanden i fjorder og sjøområder rundt Bergen gjennom overvåkingsprogrammet «Byfjordsundersøkelsen». Nabokommunene Fjell, Lindås, Meland, Os, og Sund har gjennomført egne lokale resipientundersøkelser i utvalgte områder. Etter hvert ble det utviklet et felles overvåkingsprogram «Resipientovervåking i fjordsystemene rundt Bergen» med hensikt å dokumentere og vurdere miljøtilstand i fjæresone, sjøvann og på sjøbunn. Da undersøkelsene har foregått over en lang tidsperiode kan utviklingen av miljøtilstand og graden av påvirkning av utslipp fra avløp og annen menneskelig aktivitet dokumenteres.

Befolkningen i Bergen og omegn har gradvis økt siden 70-tallet, og avløps- og rensesystem har over tid gjennomgått store forandringer, med forbedringer av filtersystemer og etablering av større renseanlegg i sjøområder med bedre vannutskifting, slik at områder rundt avløpene i mindre grad blir påvirket. Utslipp fra avløpsanlegg vil uansett ha en lokal påvirkning og overvåkingsprogrammet skal mellom annet sikre at påvirkningen ikke går ut over nærområdet til utslippspunkter og ikke påvirker miljøtilstanden i resipienten negativt.

Denne rapporten inneholder en sammenstilling av resultatene for perioden 2017-2020, med beskrivelser av miljøtilstanden og utviklingen i fjordsystemene som har blitt undersøkt i denne perioden, i tillegg til at det er inkludert historiske data fra tidligere perioder i dette overvåkingsprogrammet for å se på utviklingstrender i fjordsystemene over tid. Rapporten tar for seg områdene hver for seg, med eksempler fra enkeltstasjoner.

## INNHold

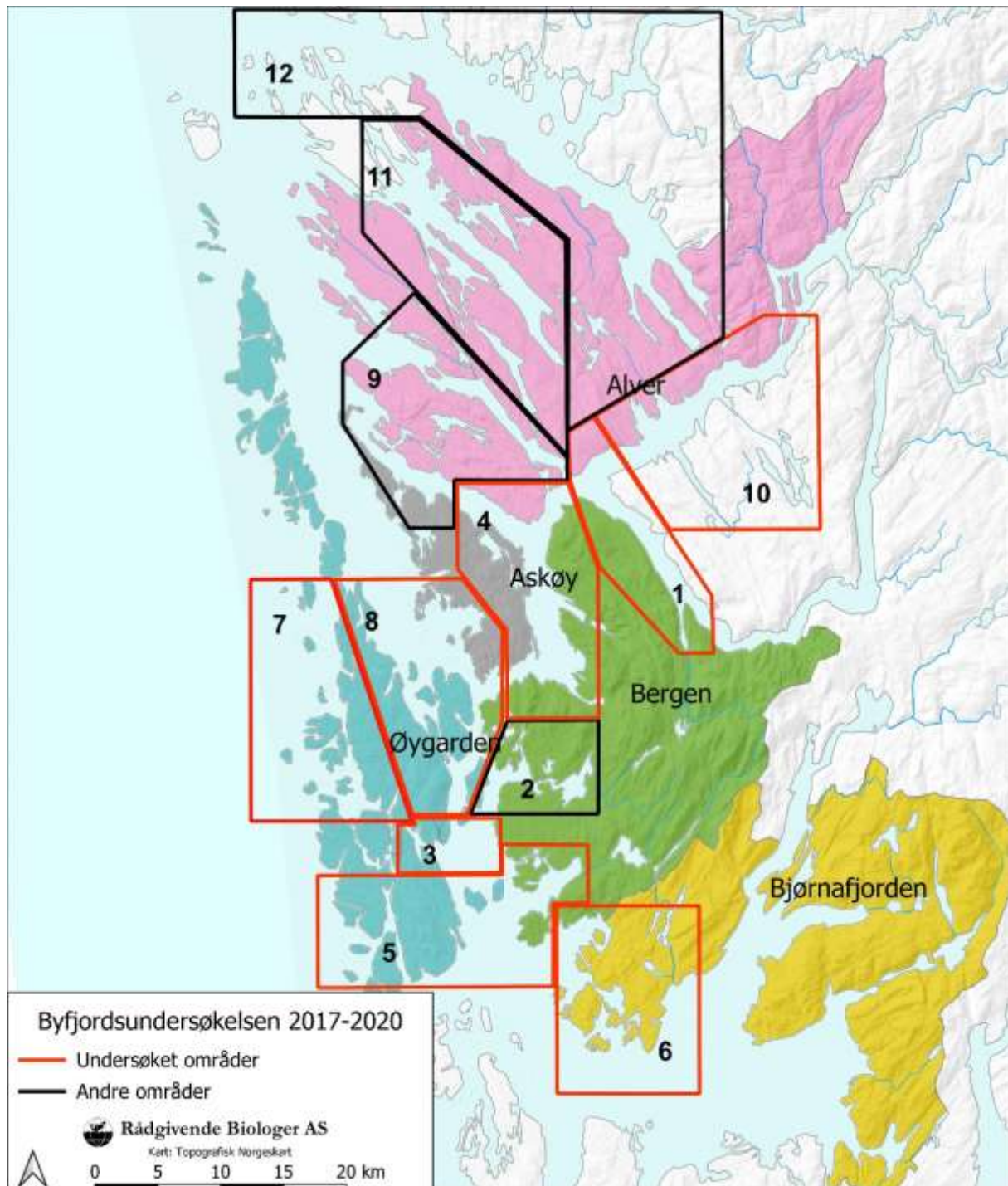
Forord.....	2
Undersøkelsesområdet.....	3
hvordan står det til med fjordene våre? .....	4
Hva har blitt undersøkt og hvorfor? .....	5
Vannkvalitet .....	6
Fjæresamfunn .....	8
Sedimentkvalitet.....	9
ROV-undersøkelser .....	10
Resultater.....	12
Område 1 – Arnavågen og Sørfjorden.....	12
Område 3 – Raunefjorden .....	17
Område 4 – Byfjorden, Salhusfjorden og Herdefjorden .....	21
Område 5 – Kviturdviks- og Vågsbøpollen, Fanafjorden, Korsfjorden og sørlige deler av Sund ....	30
Område 6 – Os.....	33
Område 7 – Vestsiden av Fjell .....	39
Område 8 – Vatløstraumen-Hjeltefjorden .....	42
Område 10 – Osterfjorden.....	46
Oppsummering .....	48
Referanser.....	49

Rapporten refereres til som:

**Økland I. E., C. Todt, J. Tverberg & M. Eilertsen 2022. Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2017-2020. Sammendragsrapport. Rådgivende Biologer AS, rapport 3664, 52 sider, ISBNxxx.**

## UNDERSØKELSE SOMRÅDET

Fjordsystemene rundt Bergen er delt inn i områder basert på tidligere undersøkelser (Byfjordsundersøkelsen, område 1-5), med en utvidelse av overvåkingsprogrammet i perioden 2011-2016 (område 6-12), som inkluderer flere av Bergens nabokommuner (**figur 2**).



**Figur 1.** Kart over kommuner og områdeinndeling i «Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen». I perioden er det undersøkt stasjoner i område 1, 3, 4, 5, 6, 8 og 10 (rød markering).

## HVORDAN STÅR DET TIL MED FJORDENE VÅRE?

Vannkvaliteten kan variere over relativt kort tid, men ved de tidspunktene det har blitt undersøkt vannkvalitet har den vært god i alle de undersøkte fjordene, med generelt lavt innhold av næringssalter og klorofyll, og uten tegn til oppblomstringer av planktonalger på grunn av økte tilførsler av næringssalter. På stasjonene som ligger nær avløpsutslipp var det større variasjon i næringssalt og klorofyll på ulike dyp enn det var på resipientstasjonene som ligger i dypområdene i fjorden. Dette kan skyldes påvirkning fra avløpene, men vannkvaliteten kan også være påvirket av avrenning fra land, som også inneholder næringssalter. Undersøkelser av fjæresamfunnet på stasjoner i område 1, 3, 6 og 8 bekreftet at det ikke har vært langvarig påvirkning av nærstoffrikt vann på algene, som ville ført til eksessiv vekst av grønnalger. På stasjonen ved Garnes i Sørfjorden var det mange trådformete, hurtigvoksende brunalger og artsdiversiteten var lav, men dette skyldes først og fremst det relativt tykke og stabile brakkvannslaget i overflaten i indre deler av fjorden.

Oksygeninnholdet i bunnvannet har vært høyt i de fleste av de store fjordene både i perioden 2017-2020 og ved tidligere undersøkelser. Unntaket var Sørfjorden, hvor det ser ut til å ha vært en nedadgående trend i oksygeninnholdet de siste 5-10 årene. Ved den siste undersøkelsen for perioden, i oktober 2020, var oksygennivået innenfor "dårlig" tilstand og dette gir grunn til bekymring, siden svært lave oksygenkonsentrasjoner gjør det vanskelig for bunndyr å overleve. Møvikaosen og Nesosen i område 5, Lysefjorden og Skeisosen i område 6, Kolltveitosen i område 8 og Lonevågen i område 10 er mindre resipienter med grunne terskler som også periodevis har lave konsentrasjoner av oksygen i bunnvannet. Her ser en tydelig at bunndyrsamfunnet er påvirket og at bare noen få arter overlever de varierende oksygenforhold ved sjøbunnen. På de dype stasjonene i Lysefjorden og Lonevågen ble det ikke funnet dyr ved undersøkelser henholdsvis 2019 og 2020. Reduserte utskiftingsforhold kan anses som naturtilstand i slike sjøområder, som fra naturens side er lite egnet å motta organiske utslipp fra avløpsanlegg eller andre kilder.

Det ble observert noe lokal negativ påvirkning av sjøbunnen ved hoved-rensanleggene i Byfjorden (Holen RA, Ytre Sandviken RA, Kverneviken RA), hvor miljøtilstanden basert på bunndyrsamfunnet ikke har vært innenfor "god" tilstandsklasse på mange år. Anleggene har gjennomgått betydelig oppgradering før 2017, men det kan ta tid for bunndyrsamfunnet å regenereres i områder som har mottatt mengder med organiske utslipp i mange år. Ved Kverneviken RA, hvor utslippet ble flyttet fra indre deler av Kverneviken til lengre ut, kunne det dokumenteres en markant forbedring ved det gamle utslippspunktet, mens det nye utslippspunktet hadde "god" miljøtilstand også etter flere år med utslipp av fullrenset avløpsvann. Ved Holen RA og Ytre Sandviken RA har ikke utviklingen vært like positiv ennå etter oppgradering av anlegg.

Generelt sett har miljøtilstanden basert på bunndyr vært "god" til "svært god" i de store resipientene, som Byfjorden, Sørfjorden, Osterfjorden, Hauglandsosen og Raunefjorden, og det er lite påvirkning på bunndyr ved overvåkingsstasjoner for mindre avløpsanlegg og ved Flesland/Sletten RA. Mange av disse anleggene har utslipp hvor det er relativt mye bunnstrøm og hvor organisk materiale i utslippsvannet fortynnes og spres over større områder. En vil dermed ikke finne lokale effekter, men utslippene vil bidra til generell økt næringstilgang for bunndyr i fjordsystemene. En sammenligning av resultater fra bunndyrsundersøkelser gjort tidligere med undersøkelser de siste 5-10 år viser at antallet av arter og individer av bunndyr har økt markant i fjordene rundt Bergen. Det er først og fremst noen få opportunistiske og partikkelspisende arter som har blitt svært tallrike sammenlignet med det som har blitt funnet på 80- og 90.-tallet. Dette indikerer at det generelt har blitt mer næring for bunndyr på dyp fjordbunn. Både menneskelig påvirkning som utslipp fra avløp og akvakultur, og økt avrenning fra land på grunn av klimaendringer, som kan føre til en økning i mengden av planktonalger, kan ha bidratt til effekten (Johansen m.fl. 2018). Det er imidlertid viktig å nevne at antallet av individer ikke har økt jevnt de siste 10 år, men at det har vært mest individer av bunndyr i perioden 2014-2016. Antallet har minnet igjen, men er fremdeles betydelig høyere enn før 2012.



Innholdet av miljøgifter i sedimentet ble undersøkt ved flere resipientstasjoner i 2020. Samtlige stasjoner hadde innhold av et eller flere miljøgifter høyere enn det som er kravet for at resipienten skal oppnå satte miljømål om god kjemisk tilstand. De miljøgiftene som oftest har for høye konsentrasjoner av er PAH-forbindelser og  $\Sigma$ PCB 7, og i tillegg har en forhøyede konsentrasjoner av sink, kvikksølv og tributyltinn (TBT) på mange stasjoner. Det kan være vanskelig å bestemme kildene til miljøgiftene i sedimentet. PAH-forbindelser dannes ved ufullstendig forbrenning av fossile brensel og organisk materiale og finnes også i tjære og koks. PCB 7-forbindelsene er forbudt å bruke i dag, men finnes fremdeles blant annet i gamle bygg og gammelt elektrisk utstyr, og kan også stamme fra forurenset grunn. Både PAH- og PCB-forbindelser kan bli transportert over lange avstander både gjennom luft og vann. Tributyltinn har tidligere blitt brukt i båtmaling og treimpregnering, men har vært forbudt i Norge siden 2003. Fremdeles finnes det ofte TBT i områder der det har vært marinaer, havner eller skipsverft. Det er vanskelig å gjøre noe med miljøgifter i dype sjøområder. Det er viktig å finne kilder og forhindre ny tilførsel av miljøgifter. Naturlig sedimentering vil da føre til at rene sedimenter over tid dekke over de forurensete sedimentene.

## HVA HAR BLITT UNDERSØKT OG HVORFOR?

Resipientovervåkingen av fjordsystemene rundt Bergen har som mål å undersøke miljøtilstanden i fjordsystemene rundt oss fra fjæren til sjøvannet, og videre ned på sjøbunnen. Undersøkelsene har hatt fokus på hvordan utslipp fra kommunale avløp påvirker fjordmiljøet rundt oss, men også på tilstand og påvirkning fra miljøgifter, som kan komme fra flere kilder, på sjøbunnen. Det er undersøkt stasjoner nær utslipp fra kommunale avløp for å avdekke hvordan miljøet er påvirket lokalt, men også stasjoner som ligger sentralt og på det dype i sjøområdene, som forteller oss hvordan tilstanden generelt er i fjorden eller resipienten.

Miljøtilstanden er vurdert etter vannforskriftens veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen Vanddirektivet 2018), som bruker et utvidet ampelsystem med fem farger for å vise tilstandsklasser (**tabell 1**).

**Tabell 1.** Tilstandsklasser for miljøtilstand etter veileder 02:2018, Klassifisering av miljøtilstand i vann.

Tilstandsklasser 02:2018	I – svært god	II – god	III – moderat	IV – dårlig	V – svært dårlig
--------------------------	---------------	----------	---------------	-------------	------------------

I de 20 øverste meterne i vannsøylen er det tatt vannprøver til analyse av næringssalter, undersøkt innholdet av klorofyll og målt siktedyp. Det er målt temperatur, saltinnhold og oksygen fra vannoverflaten til sjøbunnen. I fjæra er det kartlagt alger og dyr. I tillegg er det tatt prøver av sedimentene på sjøbunnen for å undersøke bunndyr, sedimentets kornfordeling og innhold av organisk materiale og miljøgifter.

Innholdet av miljøgifter ble klassifisert etter tilstands-klassifisering i M-608:2016, og vurdert i forhold til grenseverdier i EU's liste over prioriterte stoffer eller grenseverdier for vannregion-spesifikke stoffer i henhold til veileder 02:2018 (**tabell 2**). Et stoff som havner i "moderat" til "svært dårlig" tilstandsklasse vil føre til "ikke god" kjemisk tilstand, og ikke oppnådde miljømål for hele stasjonen.

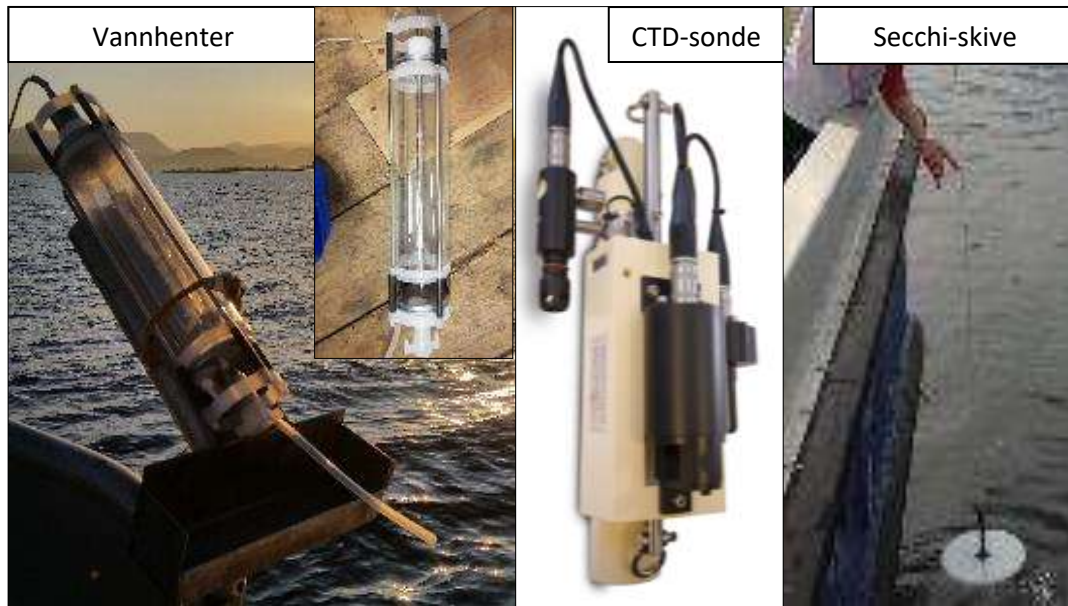
**Tabell 2.** Sammenligning av tilstandsklasser i M-608:2018 og vurdering i forhold til grenseverdier i 02:2018

Tilstandsklasse (M-608:2016)	Kjemisk tilstand (02:2018)	Miljømål kjemisk tilstand
"bakgrunn"	"god"	Oppnådd
"god"		
"moderat"	"ikke god"	Ikke oppnådd
"dårlig"		
"svært dårlig"		

Under er det beskrevet hvordan de ulike prøvene er tatt, hva som er analysert og hva det kan fortelle oss.

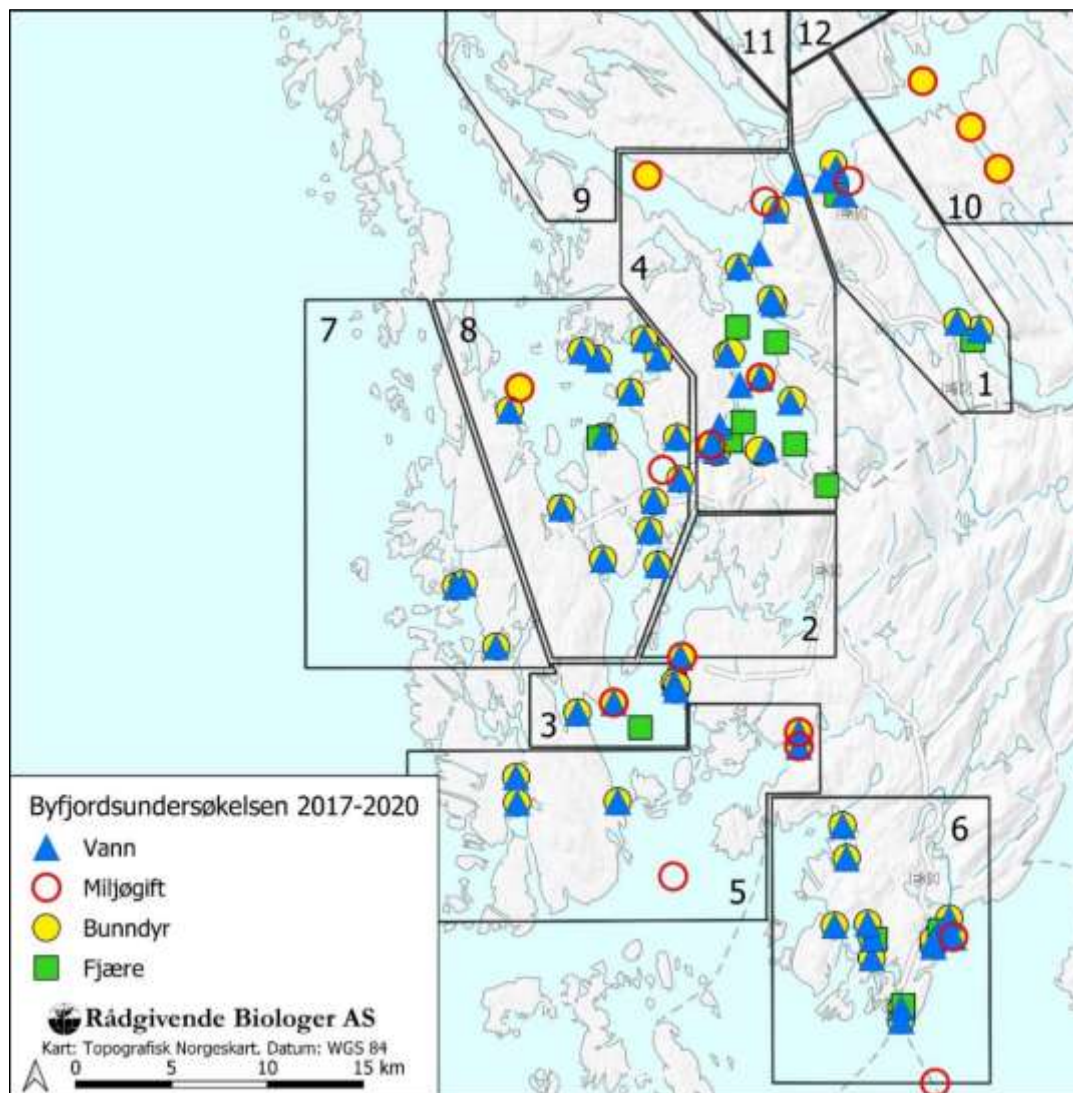
## VANNKVALITET

Det ble tatt vannprøver fra faste dyp for analyse av næringsalter. En vannhenter ble senket til 0, 2, 5, 10 og 20 m dyp, og ble så lukket ved hjelp av et lodd, før vannhenteren ble hentet opp igjen (**figur 2**). Saltinnhold, temperatur, oksygen og klorofyll i vannsøylen ble målt med en CTD-sonde, et instrument som har sensorer som kan måle dette direkte fra vannet. Sonden ble senket helt til bunnen, og dataene ble lest av når instrumentet kom om bord i båten igjen. Siktedyp ble målt ved å senke en hvit skive (Secchi skive) til en ikke lenger kunne se den, og dypet ble notert. Vannkvalitet ble undersøkt i nærområder til kommunale rensesanlegg og i dypområder som er representative for resipienten (**figur 3**).



**Figur 2.** Vannhenter som blir brukt til vannprøvetaking, CTD som blir brukt til måling av saltinnhold, temperatur, oksygeninnhold og klorofyllinnhold og Secchi-skive som blir brukt til måling av siktedyp.





**Figur 3.** Oversikt over stasjoner som har blitt undersøkt i perioden 2017-2020.

### NÆRINGSSALTER, KLOROFYLL OG SIKTEDYP

Menneskelig aktivitet som blant annet kloakkutslipp, utslipp fra landbruk og akvakultur gir økte tilførsler av næringssalter (eutrofiering) som kan medføre til økt algevekst, både av alger i fjæren og planktonalger i vannsøylen, og mulig opphoping av algerester på sjøbunnen. Nedbryting av algerester og annet organisk materiale er en prosess som forbruker oksygen, og en kan derfor få oksygenfattige forhold ved sjøbunnen i enkelte vannforekomster. Næringssalter omfatter ulike nitrogen- og fosforforbindelser som er uorganiske, og som alger trenger for å kunne vokse. Innholdet av næringssalter er derfor lavere i sommerhalvåret, som er vekstsesongen for alger, og høyere om vinteren. Om sommeren er det innholdet av næringssalter som begrenser algevekst, mens det om vinteren er temperatur og sollys. Klorofyll  $a$  er et fargestoff som finnes i planter, alger og blågrønne bakterier og kan derfor brukes som et indirekte mål på innholdet av planktonalger i vannmassene. Det er av interesse å vite om det er økt innhold av planktonalger i vannmassene, siden dette kan tyde på eutrofiering. Siktedyp, hvor en måler vannets gjennomsiktighet og mengden partikler i vannet, bidrar også til vurderinger om eutrofiering ved vannoverflaten. I sommerhalvåret når det er mye alger i vannet vil en naturlig få redusert siktedyp, men i områder hvor en har mye avrenning med organisk materiale fra land kan en ha redusert siktedyp gjennom hele året.

## BAKTERIER

*E. coli* -bakterier i sjøvann viser til rester fra avføring fra pattedyr og mennesker. *E. coli* -bakterier formerer seg ikke i sjøvann, men vil være til stede i en periode etter tilførselene. Det ble målt innhold av *E. coli* i sjøvann ved utslipp fra de store kommunale rensesanleggene i Byfjorden.

## SALTINNHOOLD, TEMPERATUR OG OKSYGEN

Saltinnhold, temperatur og oksygeninnhold blir målt fra vannoverflaten til sjøbunnen. Disse dataene gir oss informasjon om hvorvidt det er sjikting, eller ulike lag i vannmassene. En har vanligvis et lag med lavere saltinnhold ved vannoverflaten i fjorder, og laget kan være spesielt tydelig i områder som er påvirket av mye avrenning fra land. Fjorder er avgrenset mot tilgrensende sjøområder ved terskler som er grunnere enn sjøbunnen innenfor, og i fjorder med spesielt grunne terskler vil det kunne være begrenset utskiftning av vann, som kan medføre at bunnvannet stagnerer og gradvis med tiden inneholde mindre og mindre oksygen. Å vite hvordan oksygenforholdene er i bunnvannet i fjordene våre er viktig, da fravær av oksygen fører til at dyr ikke kan leve der.

## FJÆRESAMFUNN

Det ble i perioden 2017-2021 kartlagt organismer i fjæren ned til laveste lavvann på 14 stasjoner, hovedsakelig i Bergen og Os kommune (**figur 3**). Deler av fjæresamfunnet ligger vanligvis over vann under undersøkelsen, og ved hjelp av fridykking og vanntett kamera undersøkes livet under vann. Hver stasjon omfatter et 12-15 m langt belte langs vannkanten (**figur 4**), hvor det noteres alle arter av alger og større fastsittende og mobile dyr (som blant annet fjærerur, albuesnegl og blåskjell). For arter som ikke kan identifiseres i felt tas prøver med til laboratoriet. Forekomst av artene blir estimert på en skala fra 1-6 (1-5 for mobile dyr), hvor fastsittende dyr og planter vurderes etter dekningsgrad og mobile dyr etter antall. Basert på dette beregnes det økologiske indekser og en samlet indeks (nEQR), som indikerer miljøtilstanden på stasjonen. Miljøtilstanden kan ligge mellom tilstand I ("svært god") og V ("svært dårlig") (**tabell 1**).

Tang, tare og andre alger i fjæresonen trenger lys og næringsalter fra sjøvann for å vokse. Noen arter av alger er tilpasset næringsfattige forhold, mens andre arter trives best når det høye konsentrasjoner av næringsalter. Arter som vokser fort når det er mye næring tilgjengelig kalles for opportunistiske arter. Slike arter er ofte små, men kan dekke til og redusere lystilgangen for større alger som er flerårig og vokser saktere. I tillegg tåler algene i forskjellig grad ferskvann og enkelte arter er vanlig nær elvemunninger eller i sterkt ferskvannspåvirkete fjorder, mens andre finnes kun der det er lite ferskvann i overflaten. Noen arter av grønnalger er hurtigvoksende opportuniste, som i tillegg ofte er ferskvannstolerante, og forekomst av slike alger kan indikere eutrofiering i et sjøområde.



**Figur 4.** Kartlegging av fjæresamfunn ved fridykking (**til venstre**) og undervannsbilde av algesamfunn (**til høyre**).

## SEDIMENTKVALITET

Sedimentprøver ble tatt med en grabb som slippes ned til sjøbunn ved hjelp av et tau/wire. Når grabben treffer bunnen lukkes den og tar en bit av bunnen med seg opp når den blir løftet (**figur 5**). Når grabben kom om bord i båten ble surhet (pH) og redokspotensialet ( $E_h$ ) i sedimentoverflaten av prøven målt, før grabben ble åpnet. Surhet og redokspotensiale gir informasjon om den kjemiske tilstanden i sedimentet og om det er oksygen i prøven. På hver stasjon ble det tatt fire grabbprøver til analyse av bunndyr, og en grabbprøve til analyse av kornfordeling og organisk materiale. På enkelte stasjoner ble det tatt tre grabbprøver for analyse av miljøgifter.



**Figur 5.** Øverst t.v.: grabben før den blir sendt ned for å ta prøve. Øverst t.h.: Måling av pH og redokspotensiale i sedimentoverflaten. Nederst t.v.: Sedimentprøve på spylebord. Nederst t.h.: Dyr og sediment som er igjen etter en har skylt vekk sediment og organismer som er mindre enn 1 mm.

## BUNNDYR

Bunndyrssamfunnet blir benyttet som indikator på miljøforhold, og for å karakterisere virkningene av en eventuell forurensning på sjøbunnen. Mange dyr med sediment som levested er flerårige og relativt lite mobile, og bunndyrssamfunn kan være relativt stabile over tid. Bunndyrssamfunnet kan beskrives og tallfestes, og ut fra dette kan en derfor registrere unaturlige forstyrrelser på miljøet. Ved hjelp av slik informasjon kan en se om negative påvirkninger har ført til en dominans av forurensningstolerante arter, reduksjon i antall arter og reduksjon i mangfold. Er det gode og upåvirkede bunnforhold med oksygenrikt sediment blir dette vist av større, dyptgravende individer. Her vil det være mange arter som er representert ved få individer hver. I områder med moderate tilførsler vil bunnen få en "gjødslingseffekt", som fører til at en vil se dyr av mindre størrelse, samt en økning av tolerante arter som forekommer i høye individantall (Kutti mfl. 2007). I svært påvirkede områder eller under tilnærmet oksygenfrie forhold vil en bare finne forurensningstolerante arter, ofte med svært høye individantall. En "overgjødsling" vil i verste fall kunne føre til fravær av dyr, da dyresamfunnet blir kvalt.



Prøvene ble silt gjennom sil med 1 mm hullstørrelse for å skylle vekk finstoff (**figur 6**). Resterende prøve med bunndyr og større sedimentpartikler ble konserverert med formalin eller sprit og tatt med til laboratoriet for analyse.



**Figur 6.** Til venstre: Bunnprøve etter at finmateriale er skylt vekk, til høyre: Sortering av bunndyr.

For fastsetting av miljøtilstand ble det utført en kvantitativ og kvalitativ undersøkelse av dyr større enn 1 mm. Vurderingen av tilstand ble gjort ut fra et klassifiseringssystem basert på en kombinasjon av fem forskjellige indekser, som inkluderer undersøkelse av mangfold og tetthet (antall arter og individer), samt forekomst av sensitive og forurensningstolerante arter. Vurderingen ble gjennomført etter vannforskriftens veileder 02 "Klassifisering av miljøtilstand i vann". I 2017 og 2018 ble versjonen av veilederen fra 2013 brukt, mens det i 2019 og 2020 ble brukt den oppdaterte versjonen fra 2018. Miljøtilstanden kan ligge mellom tilstand I ("svært god") og V ("svært dårlig") (**tabell 1**). **Figur 3** viser en oversikt over stasjoner hvor bunndyr ble undersøkt.

## **KORNFORDELING, ORGANISK MATERIALE OG MILJØGIFTER**

Kornfordelingen viser om sedimentet er finkornet eller grovkornet og om det består av finstoff som silt og leire, eller av sand og grus. Finkornet sediment finnes i områder med lite bunnstrøm, mens grovere sediment som kommer fra områder med mer strøm. Prøver for analyse av organisk materiale ble tatt fra den øverste centimeteren av prøven, og viser hvor mye organisk materiale som har samlet seg på sedimentbunnen. Organisk materiale er ofte finkornet og blir avsatt sammen med finstoff. Innholdet av organisk materiale er viktig for bunndyr, siden mange bunndyr lever av det. På de stasjonene hvor det ble tatt prøver til analyse av miljøgifter ble dette også tatt fra den øverste centimeteren. Det ble undersøkt for tungmetaller og ulike organiske miljøgifter som kan stamme fra blant annet industri, forurenset grunn, havner, veitrafikk, utslipp fra rensesanlegg og kommunale avløp.

## **ROV-UNDERSØKELSER**

I 2020 ble det brukt et undervannsfartøy med kamera (Argus Rover ROV; IMC-Diving) for å filme nærområdet rundt avløpsutslippene ved rensesanleggene Holen, Ytre Sandviken og Knappen (**figur 7**). I tillegg ble det filmet linjer som førte opptil 400 m vekk fra utslippspunktene og mot overvåkningsstasjoner for prøvetaking av sediment og bunndyr, som har blitt undersøkt tidligere. På denne måten har vi fått bedre oversikt over påvirkning fra utslippene på sjøbunnen og kunne revurdere relevansen av prøvestasjonene for å klassifisere miljøtilstanden i områdene.



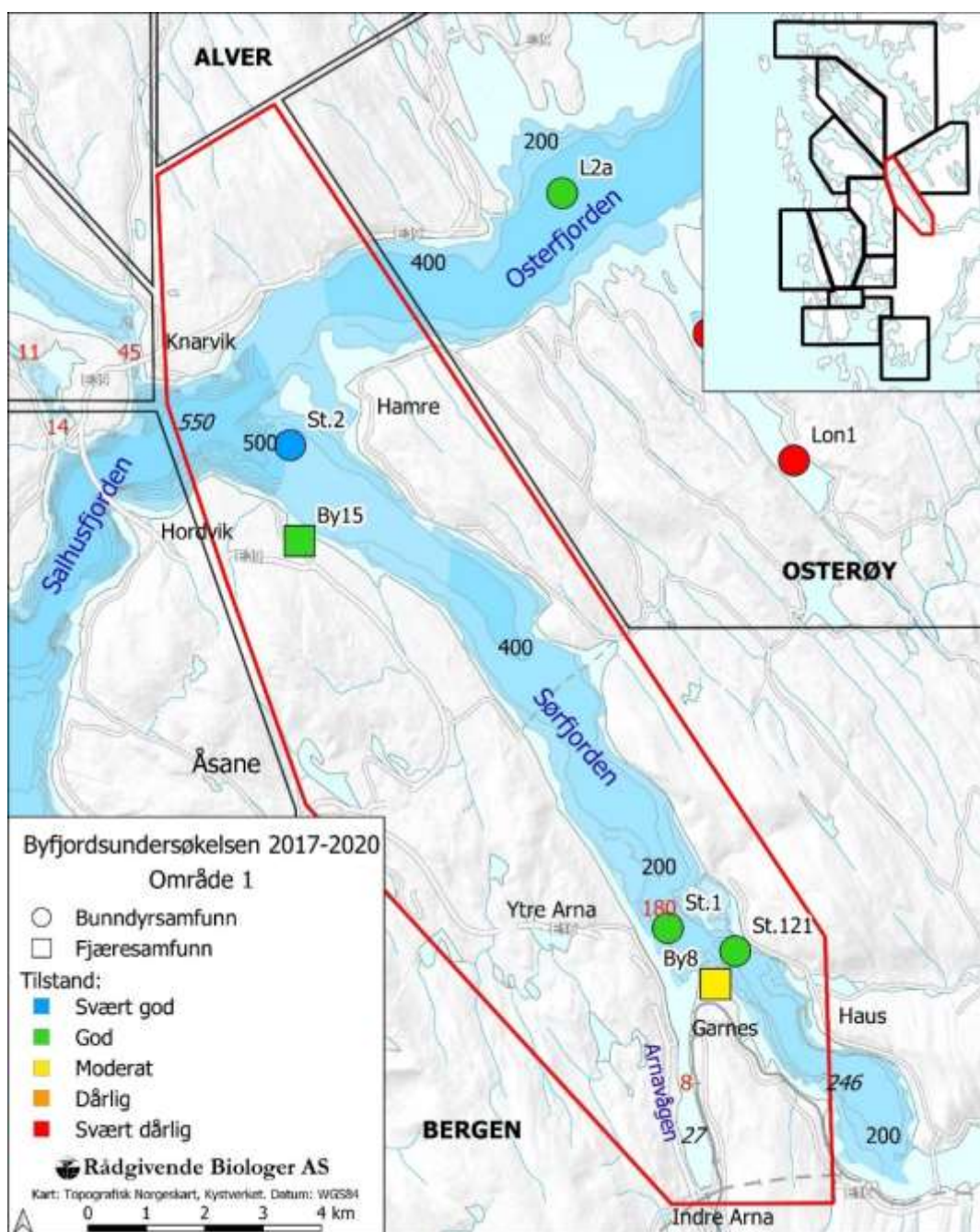
**Figur 7. Til venstre: IMC-Diving sin ARGUS Rover ROV. Til høyre: Sjøbunn med tydelig påvirkning ved Hølen renseanlegg.**

## RESULTATER

Resultatkapittelet gir en oversikt over forholdene i de ulike områdene, med eksempler fra enkelte stasjoner hvor historiske data er inkludert for vurdering av trender. For en mer inngående beskrivelse av resultatene fra enkeltstasjoner henviser vi til årsrapportene.

### OMRÅDE 1 – ARNAVÅGEN OG SØRFJORDEN

Område 1 omfatter Arnavågen, den delen av Sørfjorden som ligger mellom Haus-Garnes og Hordvik-Hamre, og ytre deler av Osterfjorden over til Knarvik (**figur 8**).



**Figur 8.** Oversikt over stasjoner for undersøkelse av bunndyrsamfunn og fjæresamfunn i område 1. Stasjoner for vann er vist i **figur 3** og stasjoner for miljøgifter i.



Litt nord for Garnes er det en dyp terskel på ca. 180 m. Fra denne blir det gradvis dypere både innover og utover i fjorden. Ved overgangen til Osterfjorden er fjorden ca. 500 m dyp.

Renseanlegget ved Garnes rensr avløpsvann fra ca. 15 000 personekvivalenter (*pe*), en personekvivalent tilsvarer det omtrentlige utslippet fra en person. Det er også utslipp fra avløpsanlegg ved Ytre Arna, Hylkje, Steinestø og noen mindre avløp på Osterøy og Knarvik. Det ligger to oppdrettsanlegg på østsiden av fjorden som har en samlet maksimal tillatt biomasse på 6 240 tonn. Stasjoner i dette området har blitt undersøkt hvert år i perioden 2017-2020.

## **SØRFJORDEN SOM RESIPIENT FOR UTSLIPP**

### **Vannkvalitet**

Generelt har det vært lave konsentrasjoner av de fleste næringssalter og klorofyll ved stasjonene i Sørfjorden i perioden 2017-2020. Konsentrasjonen varierer av og til noe med dyp, hvor enkeltmålinger har høyere verdier. Det var noe større variasjon i nitritt-konsentrasjonen, med noe høye verdier vintrene 2016-2017 og 2019. Også i perioden fra 1979 og 2016 ble det observert enkelte høyere verdier av nitritt, selv om gjennomsnittsverdiene generelt var lave. Det er en del jordbruk i området, som kan være en bidragsyter til nitritt. Det ble ikke funnet tegn til algeoppblomstring på grunn av økt tilgang på næringssalter ved noen av prøvetakingstidspunktene i perioden.

Det har vært satt søkelys på oksygeninnholdet i terskelfjorder på Vestlandet de siste årene, siden grunne terskler kan føre til sjeldnere utskifting av bunnvannet i fjordene. Dette kan føre til lave oksygenverdier i bunnvannet dersom det er høyt innhold av organisk materiale i bunnsedimentet. Nedbrytning av organisk materiale er en prosess som forbruker oksygen, og dersom ikke nytt oksygenrikt vann blir tilført, kan oksygenkonsentrasjonen bli svært lav, og gjøre det vanskelig for bunnlevende organismer å overleve. Ved Morvik, der Salhusfjorden møter Byfjorden, ligger en terskel på ca. 300 m dyp, som gjør Sørfjorden til en terskelfjord.

Stasjon St.121 i Sørfjorden ligger på 224 m dyp ved Indre Arna/Garnes og er den stasjonen hvor vannkvalitet har blitt undersøkt oftest i dette området. St.2 ligger på 500 m dyp ytterst i Sørfjorden på grensen mot Osterfjorden og er den dypeste stasjonen som er undersøkt i Sørfjorden. I perioden 2017-2020 har oksygeninnholdet på St.121 variert mellom "svært god" og "moderat" tilstand og i slutten av 2020 lå målingene i "god" tilstand. Stasjon St.2 lå innenfor "moderat" tilstand frem til oktober 2020, da det ble målt ytterligere reduserte oksygenforhold, innenfor "dårlig" tilstand. I tidligere perioder har det blitt målt betydelig bedre oksygenforhold i bunnvannet, blant annet i 2011-2015, med målinger innenfor "svært god" eller "god" tilstand, og St.131 som ble undersøkt ved tidligere undersøkelser viste "svært god" eller "god" tilstand i perioden 2002-2004. I forbindelse med overvåkningsprogrammet "Marin overvåkning Hordaland", har oksygeninnholdet i bunnvannet på 500 m dyp i ytre deler av Osterfjorden ligget i "moderat" tilstand i perioden 2016-2018, men med en forbedring av tilstanden ned til ca. 450 m dyp våren 2018.

Ut fra eksisterende data ser det ut til å være en nedadgående trend i oksygeninnholdet i bunnvannet i de dype delene av Sørfjorden. Det er en del utslipp av organisk materiale i området, blant annet fra oppdrettsanlegg og kommunale avløp, som kan bidra økt forbruk av oksygen i bunnvannet gjennom nedbrytning av organisk materiale, men det er også teorier om at klimaforandringer fører til sjeldnere vannutskifting i fjordsystemet og økt avrenning med organisk tilførsler fra land, og at en derfor vil få lavere oksygen over lengre perioder. Konsentrasjonen av oksygen ved bunnen på stasjoner som ligger grunnere enn terskeldypet, som for eksempel St.121, varierte mellom "moderat" og "svært god" tilstand gjennom perioden, noe som tyder på hyppigere utskifting og tilførsel av oksygenrikt vann i disse områdene.

### **Fjæresone**

I område 1 ble kun to fjæresonestasjoner undersøkt i perioden 2017-2020, og begge ligger i Sørfjorden, som er en ferskvannspåvirket beskyttet fjord. Fjærestasjonen ved Merkesneset (BY15) i munningen av

Sørfjorden havnet i 2020 i "god" miljøtilstand, mens stasjonen ved Garnes (BY8), som ligger i indre deler av Sørfjorden, havnet i "moderat" tilstand, på grensen til "god" tilstand. Stasjonene ble sist undersøkt i 2014, men da kartlegging og tilstandsvurdering av fjæresamfunnet i 2020 er gjort etter ny metodikk (semikvantitativ metode) er ikke resultatene direkte sammenlignbare med undersøkelsen i 2014, som ble utført som ruteanalyser. Tidligere undersøkelser gir likevel en god indikasjon på miljøtilstanden, og beskrivelser, bilder og artslistene er derfor benyttet som grunnlag for sammenligning. I 2014 var artsantallet funnet i rutene omtrent likt på stasjon BY8 og BY15, og var noe lavere enn det som ble funnet med ny metodikk i 2020. Det generelle bildet var imidlertid ganske likt i 2014 og 2020.

### Sedimentkvalitet og bunndyr

Det ble i perioden 2017-2020 tatt prøver for analyse av sedimentkvalitet og bunndyr på tre stasjoner. Stasjon St.1 og St.2 ligger henholdsvis på terskelen mellom den ytterste delen av Sørfjorden og fjordbassenget som er resipient for utslipp fra Indre Arna/Garnes, og på dyp sjøbunn i skråningen ned mot Oster- og Salhusfjorden. Stasjon St.121 ligger på dyp sjøbunn ved Garnes, og er dermed en overvåkingsstasjon for utslipp fra Garnes avløpsrenseanlegg.

Sedimentet er finkornet på alle tre stasjoner, men med høyest andel sand og grus på stasjon St.1, som også er den grunneste stasjonen på rundt 190 m dyp. Stasjon St.121 ved Garnes er den best undersøkte stasjonen i område 1, med årlige undersøkelser i perioden 2017-2020, som viste "god" tilstand for bunndyr. Stasjon St.1 og St.2 ble undersøkt i 2020, og miljøtilstanden var henholdsvis "god" og "svært god" (**tabell 3**).

**Tabell 3.** Sammenligning av antall på arter (S), individer (N), individer per m<sup>2</sup> og nEQR-verdier for grabbgjennomsnitt (nEQR  $\bar{G}$ ) på stasjon St.1 og St.121 på dyp fjordbunn, og på stasjon St.2 på en terskel mellom fjordbassenger i område 1 i perioden 2000-2020. Antall arter og individer er gitt samlet for stasjonen. For årene 2000 og 2003 foreligger det ingen nEQR-beregninger og derfor er mangfoldsindeksen etter Shannon (H') inkludert i tabellen.

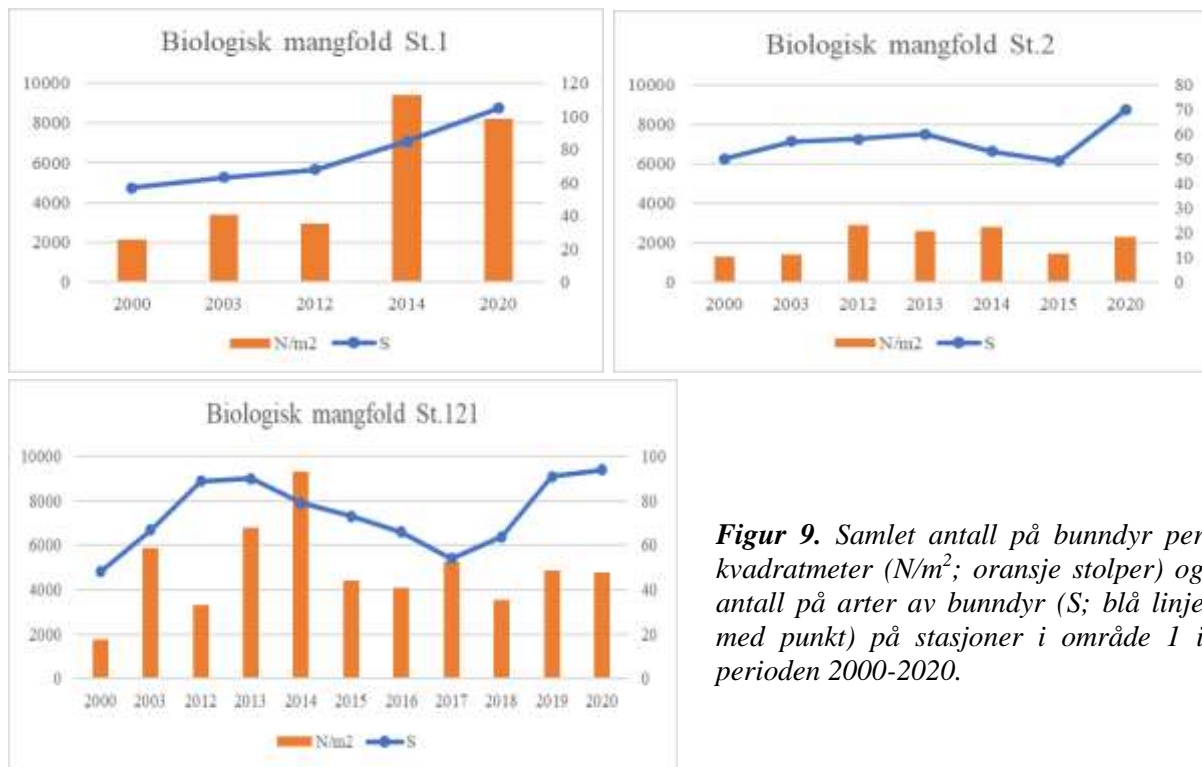
Stasjon	År	Areal (m <sup>2</sup> )	S	N	N/m <sup>2</sup>	H'	nEQR $\bar{G}$
St.1	2000	0,5	57	1061	2122	3,36	
	2003	0,5	63	1691	3382	2,77	
	2012*	0,5	68	1184	2368	4,19	0,74 (II)
	2014	0,5	85	3767	7534	3,22	0,57 (III)
	2020	0,4	105	3278	8195	3,22	0,71 (II)
St.2	2000	0,5	50	647	1294	4,10	
	2003	0,5	57	685	1370	3,97	
	2012*	0,5	58	1158	2316	3,25	0,71 (II)
	2013*	0,5	60	1034	2068	3,48	0,72 (II)
	2014	0,5	53	1106	2212	3,32	0,80 (I)
	2015	0,5	49	567	1134	3,06	0,69 (II)
	2020	0,4	70	903	2257,5	4,22	0,81 (I)
St.121	2000	0,5	48	866	1732	3,00	
	2003	0,5	67	2940	5880	2,55	
	2012*	0,5	89	1647	3294	3,68	0,69 (II)
	2013*	0,5	90	3403	6806	2,46	0,60 (III)
	2014	0,5	79	4661	9322	2,82	0,58 (III)
	2015	0,5	73	2210	4420	2,99	0,63 (II)
	2016	0,5	66	2040	4080	3,39	0,65 (II)
	2017	0,4	54	2118	5295	2,67	0,62 (II)
	2018	0,4	64	1411	3527,5	3,18	0,66 (II)
	2019	0,4	91	1944	4860	3,95	0,78 (II)
	2020	0,4	94	1916	4790	3,56	0,75 (II)

\*Indekser beregnet på nytt etter veileder 02:2018 basert på rådata fra SAM-Marin.

nEQR grenseverdier	I – svært god 1,0 - 0,8	II – god 0,8 – 0,6	III – moderat 0,6 – 0,4	IV – dårlig 0,4 – 0,2	V – svært dårlig 0,2 – 0,0
--------------------	----------------------------	-----------------------	----------------------------	--------------------------	-------------------------------

Artsmangfoldet har hatt en sterkt økende trend på alle tre stasjonene helt siden 2000, selv om det har vært en del årlige fluktasjoner (**figur 9**). Dette kan ses i sammenheng med en generell økning av artsmangfoldet i fjordområder på Vestlandet, som sannsynligvis kan forklares med tilflytting av arter fra vest og sør på grunn av klimaendringer. I tillegg synes det at det generelt er litt mer næring på dyp sjøbunn enn tidligere, slik at arter som liker seg på næringsrik sjøbunn trives, mens arter som vanligvis finnes på næringsfattig sjøbunn, og som dominerte artssamfunnet tidligere, fremdeles overlever.

Stasjon St.121 har gjennomgått en periode med svært høyt antall av bunndyr per kvadratmeter i årene 2013 og 2014, noe som førte til klassifisering innenfor tilstandsklasse "moderat" de årene. Høyt antall av bunndyr på stasjonen kan settes i sammenheng med oppblomstringer av flerbørstemarken *Pseudopolydora nordica* (tidligere betegnet som *Polydora* sp. eller *P. aff. paucibranchiata*), som forekom med svært mange individer. Også på stasjon St.1 var antallet av bunndyr høyest ved undersøkelsen i 2014, men nesten like høyt i 2020. På stasjon St.2 var det imidlertid mest bunndyr per kvadratmeter i 2012 og minst i 2015, med en liten økning i 2020. Det er dermed sannsynlig at det var lokale tilførsler som førte til det ekstremt høye antallet av bunndyr i fjordbassenget og på terskelen ved Garnes i 2013-2014. Driften på to oppdrettslokalteter med utslipp henholdsvis innenfor og utenfor terskelen ved Garnes har trolig påvirket prøvetakingsstasjonene i mange år og nedlegging av anleggene høsten 2014/vår 2015 medvirket trolig til forbedring av faunatilstanden i løpet av perioden 2017-2020 på St.121 og St.1.



**Figur 9.** Samlet antall på bunndyr per kvadratmeter ( $N/m^2$ ; oransje stolper) og antall på arter av bunndyr ( $S$ ; blå linje med punkt) på stasjoner i område 1 i perioden 2000-2020.

## Miljøgift i sediment

Det ble gjort en undersøkelse av miljøgifter på St.131 som ligger i ytre del av Sørfjorden, nær St.2. Konsentrasjonen av kvikksølv, sink, flere PAH-forbindelser,  $\Sigma$  PCB 7 og tributyltinn er for høye til at miljømålene med god kjemisk tilstand for resipienten er oppnådd. Det er ikke tidligere gjort undersøkelser av miljøgifter på denne stasjonen, men stasjon St.1 og Tunes E som ligger henholdsvis 8 og 13 km lenger inne i fjorden er tidligere undersøkt, og også her var innholdet av enkelte miljøgifter for høye til at miljømålene blir oppnådd. Generelt er det høyere innhold av miljøgifter i sedimentet på St.131 enn på stasjonene lenger inne i fjorden. En grunn til dette er trolig at disse stasjonene er mye grunnere enn St.131, og at miljøgifter ofte samles i dypområder sammen med finstoff og organisk materiale.

**Tabell 4.** Oversikt over utvalgte miljøgifter i sedimentet på ulike stasjoner i Sørfjorden. Farger symboliserer tilstandsklasser etter M-608:2016. Blå="bakgrunn", grønn="god", gul="moderat", oransje="dårlig" og rød="svært dårlig".

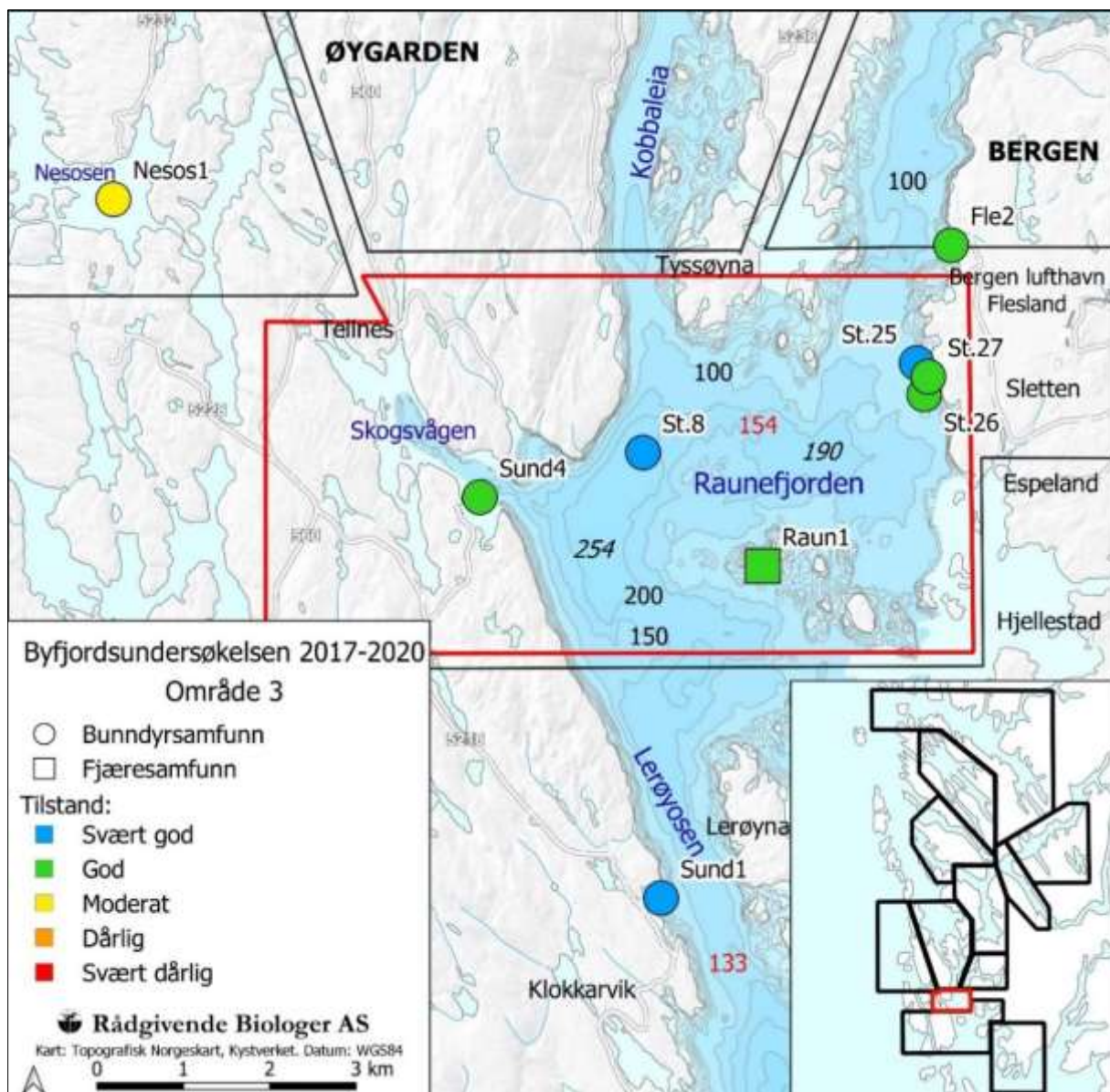
	Enhet	St.1		Tunes E	St.131
		1981	1990	2016	2020
Bly	mg/kg	17	49	74	98
Kadmium	mg/kg	0,43	0,03	0,08	0,1
Kvikksølv	mg/kg	0,12	0,17	0,04	0,54
Sink	mg/kg	108	73	120	170
$\Sigma$ PAH 16	$\mu$ g/kg	-	-	710	2570
$\Sigma$ PCB 7	$\mu$ g/kg	-	-	6,12	13,6
Tributyltinn	$\mu$ g/kg	-	-	<1	20

## AVLØPSRENSSEANLEGG MED UTSLIPP TIL SØRFJORDEN

Det ble i perioden 2017-2020 ikke undersøkt noen stasjoner som er nærstasjoner til Garnes RA. Det ble imidlertid tatt vannprøver ved utslippspunkt nær Ytre Arna, ved Hylkje RA og Steinestø RA på sørsiden ytterst i Sørfjorden. Det ble forsøkt å få opp sedimentprøver fra nærområdet til utslippet ved Steinestø, men det var ikke mulig å få opp prøvemateriale, fordi utslippspunktet ligger i bratt skråning med hardbunn. Vannprøvene viste generelt samme lave gjennomsnittskonsentrasjoner av næringssalt og klorofyll som ble observert på resipientstasjonen St.121, men variasjonen i konsentrasjonen var generelt noe høyere mellom prøvene fra ulike dyp på stasjonene nær utslippspunktene. Dette kan være påvirkning fra avløp, men disse stasjonene ligger også mye nærmere land, og avrenning fra land kan også gi høyere konsentrasjoner av næringssalt.

## OMRÅDE 3 – RAUNEFJORDEN

Område 3 omfatter Raunefjorden, som er et fjordområde mellom Fanafjorden/Korsfjorden i sør og Kobbaleia og Grimstadvfjorden i nord. Raunefjorden består av flere grunner og dypområder, og det dypeste området på 254 m dyp ligger vest for Raunane (**figur 10**). Terskelen mellom Raunefjorden og Korsfjorden er 133 m dyp, og sikrer god utveksling av bunnvann mot Korsfjorden. Det største renseanlegget i området ligger ved Flesland/Sletten. Anlegget har vært gjennom flere oppgraderinger og siden 2017 har anlegget kunnet rense avløpsvann tilsvarende 152 000 *pe*. I tillegg er det noen mindre avløp rundt Skogsvågen. Det er også to oppdrettsanlegg i området, med samlet tillatt maksimal biomasse på 3720 tonn. St.8 ligger på 244 m dyp, sentralt i Raunefjorden, og fungerer som en referanse for tilstanden i fjorden og tillegg er det flere stasjoner nær utslipp fra avløp. Stasjoner i dette området ble undersøkt hvert år perioden 2017-2020.



**Figur 10.** Oversikt over stasjoner for undersøkelse av bunndyrsamfunn og fjæresamfunn i område 3. Stasjoner for vann er vist i **figur 3**.



## RAUNEFJORDEN SOM RESIPIENT FOR UTSLIPP

### Vannkvalitet

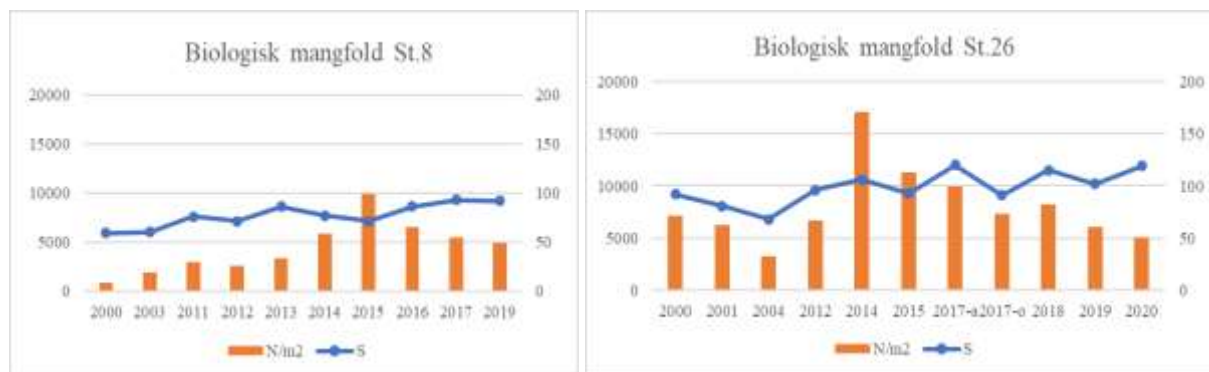
Vannkvaliteten på stasjon St.8, som ligger på dyp sjøbunn i Raunefjorden, har vært god i 2017-2020, med lave konsentrasjoner av næringssalter og klorofyll. Det ble ikke funnet tegn til algeoppblomstring på grunn av økte tilgang på næringssalter. Innholdet av oksygen var høyt i bunnvannet og dette tyder på god utskifting av vannet i området. Vannkvaliteten på St.8 har blitt undersøkt jevnlig fra og med 1979, og viser de samme trendene med lavt innhold av næringssalter og høyt innhold av oksygen gjennom hele perioden.

### Fjæresone

Det ble undersøkt kun en fjæresonestasjon i område 8 i perioden. Fjæresoneindeksen viste i 2019 "god" økologisk tilstand nær grensen til "svært god" tilstand ved stasjon Raun1, som ligger på en holme relativt sentralt i Raunefjorden. En sammenligning med en undersøkelse i 2016 viser til tilsvarende forhold, selv om det i 2019 ble brukt ny metodikk til kartlegging og tilstandsvurdering av fjæresamfunn.

### Sedimentkvalitet og bunndyr

I perioden 2017-2020 ble det tatt prøver for sedimentkvalitet og bunndyr to ganger på resipientstasjonen St.8 (**tabell 6**). Sedimentet på stasjonen er finkornet og har hatt moderat høyt innhold av organisk materiale ved alle undersøkelser, noe som er vanlig for dypområder i fjordbassenger hvor det er sedimenterende forhold, dvs. at finstoff samler seg opp. Miljøtilstanden basert på bunndyranalyser var "god" i 2017 og "svært god" i 2019. Også tidligere, helt siden 2000, har tilstanden har vært "god", med unntak av 2015 når den lå innenfor "moderat" tilstand, men nær grensen til "god" tilstand. Artsmangfoldet på stasjon St.8 har økt markant siden 2000, men også antallet individer har blitt mye høyere. Individtallet har variert en del, men høyeste individtetthet ble påvist i 2015 med nesten 10000 individer per kvadratmeter (**figur 11**). Det var partikkelspisende, opportunistiske arter som bidro mest til det høye tallet. Individtallet var redusert igjen både i 2016, 2017 og 2019, og det er sannsynlig at reduksjonen kan ses i sammenheng med reduserte tilførsler av organisk materiale.



**Figur 11.** Samlet antall på bunndyr per kvadratmeter ( $N/m^2$ ; oransje stolper) og antall på arter av bunndyr ( $S$ ; blå linje med punkt) på stasjon St.8 i det dype fjordbassenget i område 3 og på St.26 ved Sletten/Flesland RA i 2000-2020.

Det ble i tillegg undersøkt en stasjon i Skogsvågen (Sund4) i 2019, som har tidligere blitt undersøkt i 2012. Sedimentet på stasjonen består av finkornet sand, silt og leire og med relativt lavt innhold av organisk materiale. Både artsmangfold og individantallet av bunndyr har vært høyt i 2019, hvor artsmangfoldet har økt noe, mens antallet av individer har blitt redusert siden undersøkelsen i 2012. Miljøtilstanden har vært "god" ved begge undersøkelser og lå på grensen til tilstandsklasse "svært god" i 2019.



## Miljøgift i sediment

På stasjon St.8 ble det gjort en undersøkelse av innholdet av miljøgifter i 2020. Sedimentet hadde innhold av flere PAH16-forbindelser og  $\Sigma$ PCB7 høyere enn det som er grensen for at miljømål for resipienten skal oppnås. Tidligere er innholdet av tungmetall undersøkt i 1981 og 1990. Innholdet av de fleste metallene har vært relativt likt ved de ulike undersøkelsene, men med reduksjon og forbedringer av tilstand for konsentrasjoner av sink, kadmium og krom (**tabell 5**). Kvikksølvkonsentrasjonen nærmer seg i 2020 grensen for moderat tilstand.

**Tabell 5.** Oversikt over utvalgte miljøgifter i sedimentet på St.8 i Raunefjorden. Blå = "bakgrunn", grønn = "god", gul = "moderat", oransje = "dårlig" og rød = "svært dårlig".

	St.8		
	1981	1990	2020
Bly	55	106	59
Kadmium	0,31	0,06	0,07
Kobber	45	30	38
Krom	102	38	39
Kvikksølv	0,04	0,21	0,49
Sink	177	126	110

## AVLØPSRENSLEANLEGG MED UTSLIPP TIL RAUNEFJORDEN

### Vannkvalitet

Innholdet av næringssalter og klorofyll var generelt lavt nær utslippspunktene ved Skogsvåg og Flesland/Sletten. Variasjonen mellom enkeltmålinger var mye større enn på resipientstasjonen St.8, spesielt på stasjonene nær Flesland/Sletten. Dette kan ha sammenheng med nærhet til utslippspunktet, men også nærhet til land, hvor en kan få påvirkning fra næringssaltrik avrenning fra land. Oksygeninnholdet i bunnvannet har ligget innenfor beste tilstandsklasse ved alle undersøkelser.

### Sedimentkvalitet og bunndyr

Overvåkingsstasjonene ved utslippet til Sletten/Flesland RA ble spesielt hyppig undersøkt i perioden 2017-2020, tidvis to ganger per år, men også tidligere har det vært regelmessig overvåking av miljøtilstanden basert på bunndyr (**tabell 6**). St.25 og St.26 ligger rundt 200 m nord og sør for utslippspunktet. I 2018 (i april og oktober) ble det i tillegg gjennomført undersøkelse på stasjon St.27, som ligger rett ved utslippspunktet. Stasjonene ligger på flat skråning ned til fjordbassenget og med relativt like bunnforhold, med sand, grus og småstein og relativt lav andel finstoff, som viser til relativt mye bunnstrøm. Stasjon St.27 hadde et høyt innhold av organisk materiale, noe som er forventet for en nærstasjon til utslipp fra et stort rensaneanlegg som har vært i drift i mange år. Miljøtilstanden basert på bløtbunnsfauna lå imidlertid innenfor "god" eller "svært god" tilstand, ikke bare på stasjonene opp- og nedstrøms utslippet, men også direkte ved utslippspunktet. Dette er et tegn på at bunnfaunaen håndterer dagens utslippsmengder svært godt. Grafen til høyre i **figur 11** viser tydelig at artsmangfoldet siden 2000 gjennomgående har vært høyt på stasjon St.26, mens individtallet har variert, med svært høye tall i 2014, da anlegget gjennomgikk en oppgradering. Antallet ble deretter gradvis redusert fra 2015, og var lavere i 2019 og 2020 enn før oppgradering av anlegget. Artsmangfoldet har økt noe siden 2000, både på stasjon St.25 og St.26, men forskjellen er mindre tydelig enn i fjordbassenget (St.8).

Stasjon Fle2 ved utslippspunktet til avløp fra Flesland lufthavn ble undersøkt en gang i perioden. Stasjonen ligger på 25 m dyp i et område med sandbunn med mye stein og store skjellrester, noe som gjorde det vanskelig å få opp gode sedimentprøver. Bunnforholdene tilsier at det er en del bunnstrøm i området. Innholdet av organisk materiale var relativt høyt i prøvene tatt i 2018, noe som er vanlig hvis organiske partikler, algerester og lignende samler seg opp under småstein og mellom gruskorn og skjellsand. Bunndyrsamfunnet var mangfoldig og inneholdt relativt mange arter som er karakteristisk for hard- og blandingsbunn. Miljøtilstanden basert på bunndyr lå innenfor tilstandsklasse "god" og bunnfaunaen viste ingen tegn til negativ påvirkning fra utslipp.

**Tabell 6.** Sammenligning av antall på arter (S), individer (N), individer per m<sup>2</sup> og nEQR-verdier for grabbgjennomsnitt (nEQR  $\bar{G}$ ) på stasjon St.8 i det dype fjordbassenget i område 3 og på stasjon St.25 og St.26 ved Sletten/Flesland RA i 2000-2020. Antall arter og individer er gitt samlet for stasjonen. For årene 2000-2012 foreligger det ingen nEQR-beregninger og derfor er mangfoldsindeksen etter Shannon (H') for grabbgjennomsnittet inkludert i tabellen. Prøver er generelt tatt i april, men i 2017-2018 er det tatt prøver i april (a) og oktober (o).

Stasjon	År	Areal (m <sup>2</sup> )	S	N	N/m <sup>2</sup>	H'	nEQR $\bar{G}$
St.8	2000	0,5	59	411	822	4,00	
	2003	0,5	60	962	1924	4,07	
	2011	0,5	76	1468	2936	4,33	
	2012*	0,5	71	1290	2580	4,35	0,74 (II)
	2013*	0,5	86	1653	3306	4,34	0,75 (II)
	2014	0,5	77	2910	5820	3,49	0,67 (II)
	2015	0,5	71	4934	9868	2,38	0,58 (III)
	2016	0,5	86	3267	6534	4,47	0,67 (II)
	2017	0,4	93	2188	5470	4,06	0,73 (II)
	2019	0,4	92	1944	4860	4,36	0,85 (I)
Sund4	2012*	0,5	104	4148	8296	4,25	0,72 (II)
	2019	0,4	117	2389	5973	3,80	0,82 (I)
St.25	2000	0,5	89	1688	3376	4,51	
	2001	0,5	100	1085	2170	5,18	
	2004	0,5	97	1408	2816	5,06	
	2012*	0,5	111	2893	5786	5,15	0,78 (II)
	2014	0,5	123	5852	11704	4,62	0,71 (II)
	2015	0,5	106	4574	9148	4,5	0,70 (II)
	2017-a	0,4	107	2516	6290	4,13	0,71 (II)
	2017-o	0,4	122	2277	5693	4,79	0,75 (II)
	2018	0,4	131	2326	5815	4,58	0,74 (II)
	2020	0,4	108	1356	3390	4,54	0,82 (I)
St.26	2000	0,5	92	3563	7126	3,69	
	2001	0,5	81	3110	6220	3,86	
	2004	0,5	68	1647	3294	4,08	
	2012*	0,5	96	3330	6660	4,56	0,73 (II)
	2014	0,5	106	8554	17108	4,13	0,70 (II)
	2015	0,5	93	5674	11348	4,07	0,68 (II)
	2017-a	0,4	120	3974	9935	3,81	0,71 (II)
	2017-o	0,4	91	2940	7350	4,26	0,72 (II)
	2018	0,4	115	3301	8253	4,61	0,73 (II)
	2019	0,4	102	2433	6083	4,27	0,79 (II)
St.27	2018-a	0,4	164	2355	5888	5,12	0,78 (II)
	2018-o	0,4	142	2394	5985	4,90	0,75 (II)

\*Indekser beregnet på nytt etter veileder 02:2018 basert på rådata fra SAM-Marin.

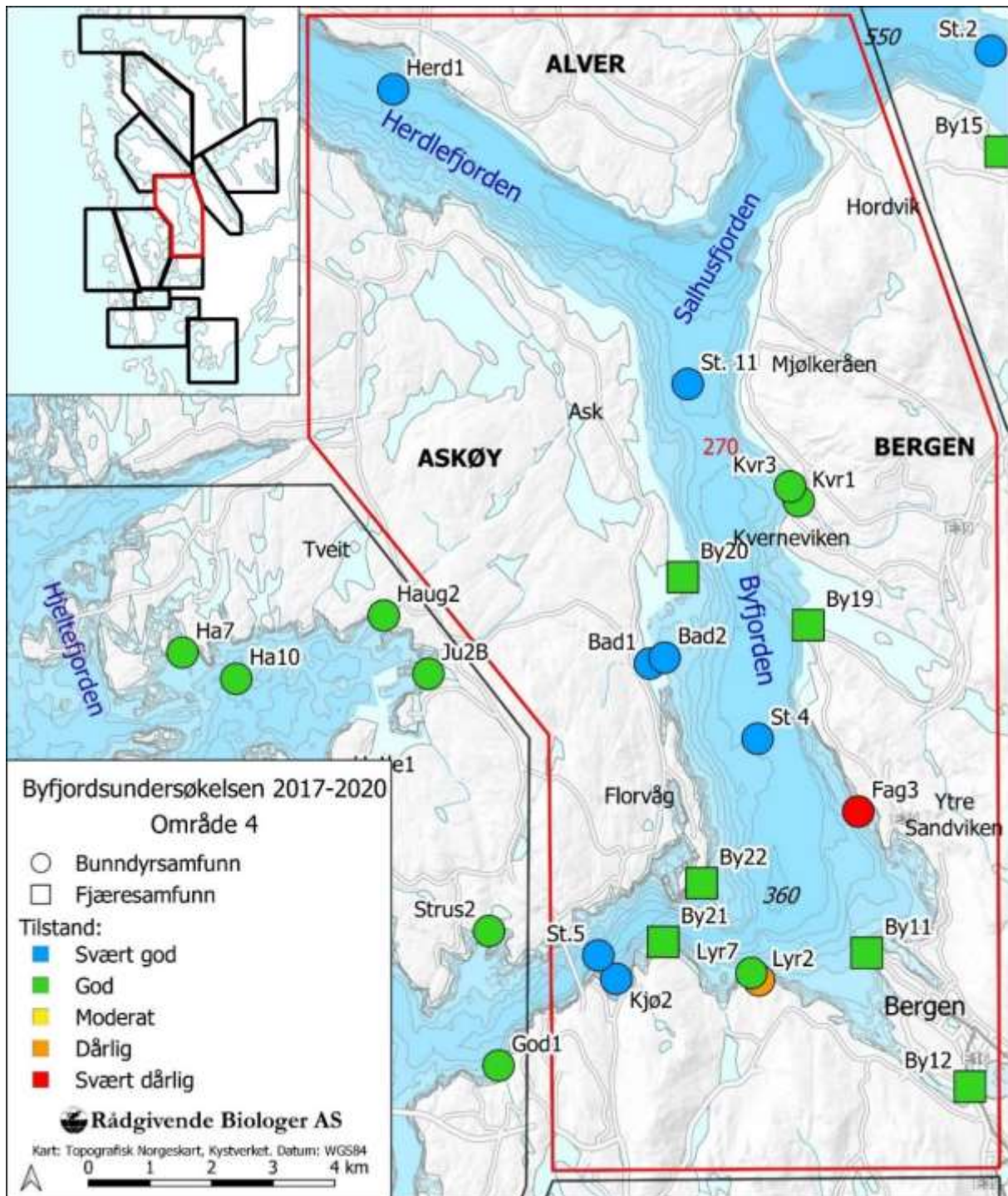
nEQR grenseverdier	I – svært god 1,0 - 0,8	II – god 0,8 – 0,6	III – moderat 0,6 – 0,4	IV – dårlig 0,4 – 0,2	V – svært dårlig 0,2 – 0,0
--------------------	----------------------------	-----------------------	----------------------------	--------------------------	-------------------------------

### Miljøgift i sediment

Det tatt prøver fra stasjon Fle2 ved Flesland lufthavn i 2018, hvor miljøgiftinnholdet ble analysert fra 0-10 cm dyp. Sedimentet hadde konsentrasjoner av flere PAH-forbindelser som lå over grenseverdien for miljømål. Sot fra flymotorer kan være en bidragsyter, men forhøyde PAH-konsentrasjoner er vanlig i fjordene rundt Bergen og det er trolig også andre kilder som industri, brensel og skipstrafikk. Det ble funnet lave konsentrasjoner av PFAS i sedimentet og dette kan trolig knyttes til bruk av brannskum som brukes på flyplassen ved brannøvelser. En stasjon (Fle) i samme området ble undersøkt i 2012 og flere PAH-forbindelser og  $\Sigma$ PCB7 var høyere ved undersøkelsen i 2012 enn i 2018.

## OMRÅDE 4 – BYFJORDEN, SALHUSFJORDEN OG HERDLJEFJORDEN

Område 4 omfatter Byfjorden, fra Askøybroen i vest og nordover, samt Salhusfjorden og deler av Herdlefjorden (figur 12).



**Figur 12.** Oversikt over stasjoner for undersøkelse av bunndyrsamfunn og fjæresamfunn i område 4. Stasjoner for vann er vist i figur 3.

Det største dypet i Byfjorden finner en mellom Nordnes og Florvåg på Askøy, der fjorden er ca. 360 m dyp. Nordover i Byfjorden blir det gradvis grunnere, til 270 m mellom Morvik og Mjølkeråen, for så å bli dypere igjen til ca. 485 m ved samløpet med Salhusfjorden og Herdlefjorden. Videre innover Salhusfjorden blir fjorden dypere og ved Hordvik er det nærmere 550 m dypt. Herdlefjorden blir gradvis

grunnere mot nordvest, og terskeldypet nord for Herdla er ca. 10 m. Hovedutskiftingen av dypvann i Byfjorden skjer i sørvest via Hjeltefjorden, der terskeldypet er ca. 105 m, mellom Askøy og Litlesotra.

Det er tre store renseanlegg i området: ved Kverneviken, Ytre Sandviken og Holen, og disse har samlet kapasitet til å rense avløpsvann tilsvarende 234 000 *pe*. I tillegg er det mange små og spredte avløpsanlegg på Askøy og Meland. Innenfor området er det et settefiskanlegg som har utslipp til sjø, med en kapasitet på 212 tonn. Det var årlige undersøkelser i dette området i perioden 2017-2020, med flere stasjoner for å overvåke lokale effekter av utslipp fra de kommunale avløpsrenseanleggene, samt noen stasjoner i dypområdene for å overvåke tilstanden i resipienten.

## **BYFJORDEN, SALHUSFJORDEN OG HERDLEFJORDEN SOM RESIPIENTER FOR UTSLIPP**

### **Vannkvalitet**

Vannkvaliteten på tre resipientstasjoner har blitt undersøkt jevnlig i perioden 2017-2020, øst for Askøybroen (St.5), i dypområdet mellom Florvåg og Helleneset (St.4), og i dypområdet utenfor Mjølkeråen, nær overgangen til Salhusfjorden (St.11). Vannkvaliteten på resipientstasjonene har generelt vært god, med lave konsentrasjoner av næringssalter og klorofyll, og godt siktedyp. Nitritt skiller seg litt ut, med noe høyere variasjon i gjennomsnittskonsentrasjoner, og vinteren 2016-17 lå konsentrasjonen på alle stasjonene i "moderat" tilstand. Vannkvaliteten på St.4 har blitt undersøkt jevnlig siden 1980, mens de andre stasjonene har blitt undersøkt over en noe kortere periode. Alle stasjonene viser samme trend over tid, med lavt innhold av næringssalter og klorofyll, men med litt høyere variasjon i nitrittkonsentrasjonen enn for de andre næringssaltene. Stasjonene nær de kommunale avløpene har også hatt generelt lavt innhold av næringssalter og klorofyll, men med større variasjoner i målingene. Dette kan komme av påvirkning fra avløpene, men stasjonene ligger også nært land, og vannkvaliteten vil også kunne være påvirket av avrenning fra land som kan gi høyere innhold av næringssalter.

Innholdet av oksygen i bunnvannet på resipientstasjonene lå innenfor "svært god" eller "god" tilstand mellom 2017 og 2020 og har på St.4 og St.5 ligget i beste tilstandsklasse siden 2018. Dette tyder på at det er generelt gode oksygenforhold ved bunnen i Byfjorden, og at en har relativt hyppig utskifting av bunnvannet i dette området.

### **Fjæresone**

Det ble undersøkt seks fjæresoner i Byfjorden i 2019, og samtlige havnet innenfor "god" økologisk miljøtilstand. Artsantall og artssammensetning varierte noe på de ulike fjærestasjonene, men hovedvegetasjonen av tang var relativt lik innenfor de ulike områdene. Stasjonene By20, By21 og By22 i Byfjorden hadde noe høy dekning av grønnalger, særlig vanlig grønnndusk, i forhold til de andre stasjonene i Byfjorden. I områder med mer næringstilgang kan grønnndusk danne større forekomster, men den regnes ikke som en opportunistisk alge. Grønnalgene gjorde imidlertid lite utslag på den totale økologisk tilstanden. Fjæresamfunnet framstod i 2019 generelt som lite endret, sammenlignet med forrige undersøkelse av fjærestasjoner i Byfjorden i 2016, og gir ingen indikasjon på økt næringstilgang for alger.

### **Sedimentkvalitet og bunndyr**

I perioden 2017-2020 ble det undersøkt sedimentkvalitet og bunndyr på fire resipientstasjoner i Byfjorden, hvor det ble tatt prøver i henholdsvis 2017, 2019 og 2020 (**tabell 7**). Sedimentet på stasjon St.11 nord i Byfjorden, stasjon St.4, som ligger utenfor Helleneset, og stasjon Her1 i Herdlefjorden er svært finkornet, med høyt innhold av organisk materiale, som er vanlig for dype fjordbassenger med sedimenterende forhold. På stasjon St.5 under Askøybrua, er det mer bunnstrøm, og sedimentet er mer grovkornet, med høyere andel av sand. Innholdet av organisk materiale i sedimentet har gjennomgående vært markant lavere på stasjon St.5 enn på de andre to stasjonene i Byfjorden.



**Tabell 7.** Sammenligning av antall på arter (S), individer (N), individer per m<sup>2</sup>, Shannon-indeks (H') og nEQR-verdier for grabbgjennomsnitt (nEQR  $\bar{G}$ ) på stasjoner i dype fjordbassenger i område 4 i 1998-2019. Antall arter og individer er gitt samlet for stasjonen. For årene 2003, 2004 og 2011 foreligger det ingen nEQR-beregninger og derfor er mangfoldsindeksen etter Shannon (H') for grabbgjennomsnittet inkludert i tabellen. Prøver er generelt tatt i april, men i 2016 er det tatt prøver i april (2016-a) og oktober (2016-o).

Stasjon	År	Areal (m <sup>2</sup> )	S	N	N/m <sup>2</sup>	H'	nEQR $\bar{G}$
St.11	2003	0,5	51	725	1450	4,03	
	2011	0,5	53	849	1698	4,35	
	2013*	0,5	68	1160	2320	4,23	0,74 (II)
	2015	0,5	76	3240	6480	3,44	0,65 (II)
	2016-a	0,5	78	2607	5214	3,90	0,69 (II)
	2016-o	0,5	78	2075	4150	3,93	0,70 (II)
	2017	0,4	67	2246	5615	4,18	0,74 (II)
	2019	0,4	94	1589	3972,5	4,74	0,85 (I)
St.4	1998	0,3	22	69	230	3,69	
	1999	0,3	26	133	443	3,54	
	2003	0,5	57	806	1612	3,95	
	2004	0,5	50	611	1222	3,72	
	2011	0,5	54	906	1812	4,18	
	2012*	0,5	77	1735	3470	4,51	0,75 (II)
	2013*	0,5	74	1702	3404	4,21	0,72 (II)
	2014	0,5	73	3588	7176	3,62	0,66 (II)
	2015	0,5	95	5255	10510	3,34	0,66 (II)
	2016-a	0,5	85	3172	6344	4,49	0,73 (II)
	2016-o	0,5	83	2554	5108	4,38	0,73 (II)
	2017	0,4	76	2144	5360	4,11	0,73 (II)
	2019	0,4	83	2081	5202,5	4,39	0,85 (I)
St.5	2003	0,5	113	2823	5646	4,18	
	2011	0,5	111	1683	3366	5,16	
	2012*	0,5	116	2037	4074	5,17	0,82 (I)
	2013*	0,5	123	2254	4508	5,3	0,83 (I)
	2014	0,5	112	10346	20692	1,95	0,56 (III)
	2015	0,5	125	14719	29438	1,95	0,55 (III)
	2016-a	0,5	121	12307	24614	2,10	0,56 (III)
	2016-o	0,5	101	16007	32014	1,75	0,53 (III)
		2017	0,4	89	4690	11725	2,86
	2019	0,4	140	2387	5967,5	4,92	0,85 (I)
Herd1	2012	0,5	48	1254	2508	3,95	0,75 (II)
	2014	0,5	51	1640	3280	3,39	0,67 (II)
	2020	0,4	85	1622	4055	4,55	0,83 (I)

\*Indekser beregnet på nytt etter veileder 02:2018 basert på rådata fra SAM-Marin.

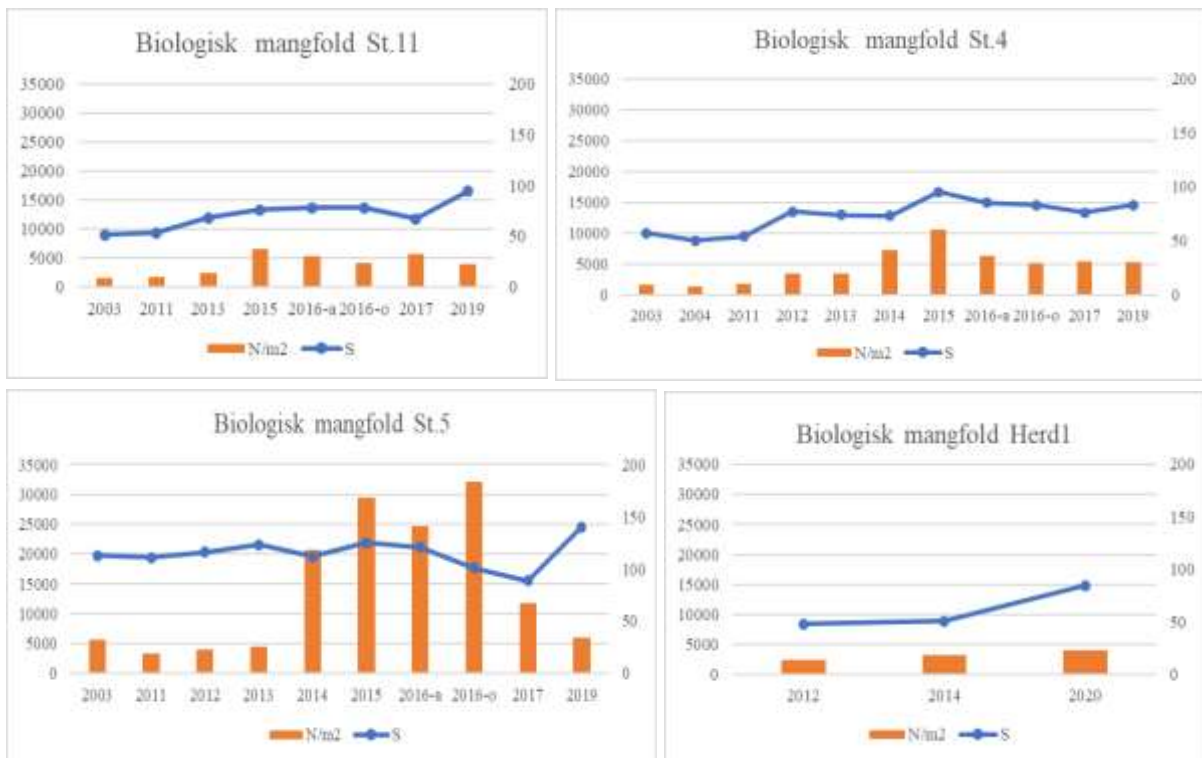
nEQR grenseverdier	I – svært god 1,0 - 0,8	II – god 0,8 – 0,6	III – moderat 0,6 – 0,4	IV – dårlig 0,4 – 0,2	V – svært dårlig 0,2 – 0,0
--------------------	----------------------------	-----------------------	----------------------------	--------------------------	-------------------------------

På stasjon St.4 og St.11 var miljøtilstanden basert på bunndyr "god" i 2017 og "svært god" i 2019 (**tabell 7**). Artsmangfoldet var innenfor normale verdier, mens antallet av individer var noe høyt. På stasjon St.5 var artsmangfoldet høyt i 2017, men antallet individer av forurensingstolerante arter var såpass høyt at stasjonen ble klassifisert innenfor tilstandsklasse "god" rett på grensen til "moderat". I 2019 viste imidlertid alle tre stasjonene "svært god" tilstand.

Endringen må ses i sammenheng med en periode i 2014-2016 med spesielt høyt antall av bunndyr i de dype fjordbassengene (**figur 13**). I denne perioden forekom den opportunistiske arten *Pseudopolydora*

*nordica* (se også avsnittet om område 1) med ekstremt høy individtetthet, og førte til "moderat" tilstand på stasjon St.5, men ikke ga utslag på tilstandsklassen på de andre stasjonene. I 2017 var tilstanden allerede noe forbedret, med noe lavere artsmangfold, men også lavere individantall. Det høye artsmangfoldet og de høye verdiene for biodiversitetsindekser i 2019 viser at faunasamfunnet i området er restituert.

I Herdlefjorden var miljøtilstanden basert på bunndyr "svært god" i 2020. Ved tidligere undersøkelser i 2012 og 2014 har indeksverdiene vært noe lavere, tilsvarende "god" tilstand. Spesielt artsdiversiteten var mye høyere i 2020 enn i tidligere år.



**Figur 13.** Samlet antall på bunndyr per kvadratmeter ( $N/m^2$ ; oransje stolper) og antall på arter av bunndyr ( $S$ ; blå linje med punkt) på stasjoner i dype fjordbassenger i område 4 i 2003-2019.

Det er sannsynlig at relativt høy sedimentering av organisk materiale har ført til det svært høye antallet av noen få opportunistiske arter i sørlige deler av Byfjorden. Det er vanskelig å forklare årsaken for dette, men siden fenomenet ikke var lokalt, men kunne ses i hele Byfjorden, er det sannsynlig at større oppblomstringer av planktonalger var årsaken til økt næringstilgang på sjøbunnen. Algene har begrenset levetid og synker til bunns, hvor de blir spist av bunndyr. Avrenning fra land og utslipp av næringsrikt vann fra avløpsanlegg og oppdrett kan bidra til at slike planktonoppblomstringer oppstår, spesielt i år med gode værforhold og høy grad av retensjon av næringsrikt vann i fjordsystemene. Tilførsler av organiske partikler fra avløpsanlegg fører i hovedsak kun til lokal og avgrenset påvirkning og det er lite sannsynlig at korte perioder med driftsstans under oppgradering av de store kommunale anleggene har ført til de store endringene på dyp sjøbunn som ble observert i perioden fra 2013-2016.

### Miljøgift i sediment

Det er kjent at det er en del miljøgifter i sedimentene i Byfjorden, og Mattilsynet advarer mot å spise bunnfisk fra deler av Byfjorden. Både St. 4 og St.5 i Byfjorden har konsentrasjoner av miljøgifter som ligger over grensen for at resipienten skal oppnå miljømålet om god kjemisk tilstand. Begge stasjonene har høye konsentrasjoner av PAH16-forbindelser,  $\Sigma$ PCB7 og TBT, hvor St.4 hadde det klart høyeste innholdet av miljøgifter. Stasjonene St.3 og Herd1 ligger henholdsvis i Salhusfjorden og Herdlefjorden. Begge stasjonene hadde innhold av sink, PAH-forbindelser,  $\Sigma$ PCB7 og TBT som er for høye til at miljømålene for resipienten blir oppnådd, og St.3 hadde også noe høyt innhold av kvikksølv.



St.4 er den eneste stasjonen hvor innhold av miljøgifter har blitt undersøkt tidligere. Innholdet av tungmetall på stasjonen ble undersøkt en gang på 80-tallet og to ganger tidlig på 90-tallet. Med unntak av krom og kadmium, har konsentrasjonen av alle de undersøkte stoffene vært høye gjennom perioden. I 1992 ble det funnet spesielt høye konsentrasjoner av bly, kobber og sink. Det er trolig at en har truffet et spesifikt forurensingspunkt og det er lite trolig at disse konsentrasjonene er representative for et større område. Det kan se ut til at det er en topp i konsentrasjoner av tungmetall tidlig på 90-tallet. Det må påpekes at det er gjort for få undersøkelser til å fastslå noen klar trend i utviklingen.

**Tabell 8.** Oversikt over utvalgte miljøgifter i sedimentet på St.4 i Byfjorden. Blå = "bakgrunn", grønn = "god", gul = "moderat", oransje = "dårlig" og rød = "svært dårlig".

	Enhet	St.4			
		1981	1990	1992	2020
Bly	mg/kg	189	270	1857	180
Kobber	mg/kg	16	153	1889	120
Kadmium	mg/kg	0,54	0,08	0,19	<0,1
Kvikksølv	mg/kg	0,99	1,55	1,8	1,25
Krom	mg/kg	167	81	64	76
Sink	mg/kg	340	651	11100	170

## AVLØPSRENSLEANLEGG MED UTSLIPP TIL BYFJORDEN

### Vannkvalitet

Innholdet av næringssalt og klorofyll var generelt lavt ved stasjonene ved utslippene fra avløpsrenseanleggene ved Holen (Lyr3), Kverneviken (Kvr1) og Ytre Sandviken (Fag4), med gjennomsnittskonsentrasjoner innenfor de to beste tilstandsklassene mellom 2017 og 2020, med unntak av nitritkonsentrasjonen, som var litt forhøyet i begynnelsen av 2017. Ved Kverneviken var det enkeltdyp der konsentrasjonen av næringssalt var innenfor "moderat" tilstand. Stasjonen ligger nær utløpet av en elv, og avrenning fra land er trolig årsaken til forhøyede konsentrasjoner, spesielt i overflaten, men utslipp fra avløpsrenseanlegget kan også være en kilde på de dype prøvene. Før 2017 var det større variasjon i gjennomsnittskonsentrasjonene, og nitrat- og fosfatkonsentrasjoner i moderat tilstand forekom.

På stasjonen ved Ytre Sandviken og Holen ble også innholdet av koliforme bakterier (*E. coli*) undersøkt hvert år i perioden mellom 2017 og 2020, og i 2018 ble også en stasjon ved Kverneviken undersøkt. Det har vært en del variasjon i konsentrasjonen av *E. coli* gjennom perioden. Ved 0,5 m dyp har konsentrasjonen gjennom perioden variert mellom "god" og "moderat" tilstand ved Holen, mens variasjonen ved Ytre Sandviken var enda større med konsentrasjoner mellom "god" og "dårlig" tilstand. De høyeste konsentrasjonene ble først og fremst funnet sent på høsten og vinteren. Det var også stor variasjon i prøvene som ble tatt dypere, hvor de høyeste konsentrasjonene ble funnet på 10 og 20 m dyp høsten 2019 både ved Ytre Sandviken og Holen, innenfor "svært dårlig" tilstand. Ved Kverneviken ble det i 2018 funnet moderat til høye konsentrasjoner av *E. coli* ved 20 m dyp, mens det ved overflaten var lave konsentrasjoner i april og høye til svært høye konsentrasjoner i oktober. *E. coli* ble også undersøkt i 2014, da varierte konsentrasjonen mellom "god" og "dårlig" tilstandsklasse.

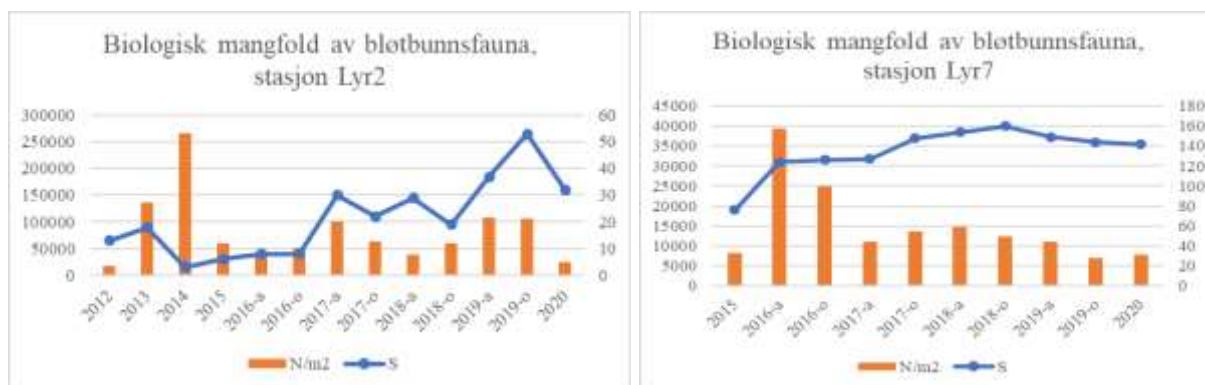
### Sedimentkvalitet og bunndyr

På stasjon Lyr2 utenfor Holen RA ved Lyreneset var bunndyrtilstanden i 2020 "dårlig" (tabell 9). Artsmangfoldet i 2019 og 2020 fremstod imidlertid som forbedret sammenlignet med tiden før oppgradering av renseanlegget i 2014-2016, noe som er en positiv utvikling (figur 14). Stasjonen ligger rundt 120 m fra utslippspunktene, der hvor organiske tilførsler antas å akkumulere. Resultatene i 2020 bekrefter tidligere observasjoner for perioden 2012-2020, at miljøtilstanden i området ikke er spesielt forbedret etter at Holen RA har gjennomgått en betydelig oppgradering. Resultatene viser at tilstanden før og etter ombyggingsfasen var tilnærmet lik, med høy individtetthet av forurensingstolerante arter som nedbryter organisk materiale. Derfor er det sannsynlig at det finnes andre forurensingskilder enn renseanlegget. Det er imidlertid tydelig at økte tilførsler under ombyggingen av renseanlegget hadde en ytterligere midlertidig påvirkning på faunatilstanden, spesielt på artsmangfoldet, som var svært lavt i 2014-2016.

ROV-undersøkelser i 2020 viste at det var synlig påvirkning på sjøbunnen i form av flekkvis svart sediment og bakterievekst rundt utslippspunktene fra Holen RA og i retning mot stasjon Lyr2. Bakterieveksten blir sannsynligvis fremkalt av akkumulert organisk materiale i sedimentet. Det ble ikke observert lignende bakterievekst på stasjon Lyr2, hvor det organiske materialet på sedimentoverflaten bestod mest av delvis nedbrutt plantemateriale, sannsynligvis fra andre kilder enn avløpsrenseanlegget. Slike områder, hvor organisk materiale akkumuleres i høy grad, vil selv uten tilførsler fra et renseanlegg ikke alltid kunne oppnå "god" miljøtilstand. Faunatilstanden har imidlertid i hele perioden 2012-2020 vært "god" eller "svært god" på stasjon Lyr7, som ligger rundt 200 m fra utslippspunktene og litt lengre ut i viken enn Lyr2.

**Tabell 9.** Sammenligning av antall på arter (S), individer (N), individer per m<sup>2</sup>, Shannon-indeks (H') og nEQR-verdier for grabbgjennomsnitt (nEQR  $\bar{G}$ ) på stasjonerved Holen RA i 1992-2020. Antall arter og individer er gitt samlet for stasjonen. Prøver er generelt tatt i april, men i 2016 -2019 er det tatt prøver i april (a) og oktober (o).

Stasjon	År	Areal (m <sup>2</sup> )	S	N	N/m <sup>2</sup>	H'	nEQR $\bar{G}$
Lyr2	1992	0,5	73	2337	4674	3,41	
	1994	0,5	78	1203	2406	4,02	
	1995	0,5	46	530	1060	2,52	
	1996-m	0,5	93	2710	5420	3,98	
	1996-n	0,5	70	1786	3572	3,43	
	1997	0,5	63	4351	8702	1,97	
	1999	0,3	49	27497	91656	0,72	
	2000	0,5	53	13811	27622	1,56	
	2002	0,5	32	9508	19016	0,35	
	2003	0,5	22	11181	22362	0,37	
	2004	0,5	10	22402	44804	0,14	
	2012	0,5	13	8839	17678	0,70	0,28 (IV)
	2013	0,5	18	68128	136256	0,90	0,24 (IV)
	2014	0,2	3	26628	266280	0,16	0,13 (V)
	2015	0,5	6	30215	60430	0,18	0,13 (V)
	2016-a	0,5	8	18141	36282	0,10	0,13 (V)
	2016-o	0,5	8	25752	51504	0,13	0,12 (V)
	2017-a	0,4	30	40338	100845	1,03	0,27 (IV)
	2017-o	0,4	22	25503	63758	0,74	0,22 (IV)
	2018-a	0,4	29	15239	38098	0,57	0,27 (IV)
2018-o	0,4	19	23702	59255	0,31	0,22 (IV)	
2019-a	0,4	37	43352	108380	0,34	0,21 (IV)	
2019-o	0,4	53	42141	105353	0,41	0,24 (IV)	
2020	0,4	32	9854	24635	0,84	0,25 (IV)	
Lyr7	2015	0,5	76	4118	8236	3,95	0,65 (II)
	2016-a	0,5	124	19706	39412	3,94	0,65 (II)
	2016-o	0,5	126	12451	24902	4,32	0,67 (II)
	2017-a	0,4	127	4456	11140	4,53	0,70 (II)
	2017-o	0,4	148	5469	13673	4,43	0,70 (II)
	2018-a	0,4	154	5919	14798	4,41	0,72 (II)
	2018-o	0,4	160	4959	12398	4,50	0,71 (II)
	2019-a	0,4	149	4372	10930	4,77	0,80 (I)
	2019-o	0,4	144	2805	7013	4,68	0,81 (I)
	2020	0,4	142	3143	7858	4,74	0,79 (II)
nEQR grenseverdier	I – svært god 1,0 - 0,8	II – god 0,8 – 0,6	III – moderat 0,6 – 0,4	IV – dårlig 0,4 – 0,2	V – svært dårlig 0,2 – 0,0		



**Figur 14.** Samlet antall på bunndyr per kvadratmeter ( $N/m^2$ ; oransje stolper) og antall på arter av bunndyr ( $S$ ; blå linje med punkt) på to stasjoner ved Holen RA i 2012-2020.

Ved Ytre Sandviken RA var bunndyrstilstanden på stasjon Fag3 "svært dårlig" i 2020, med ekstremt høye tall av svært forurensingstolerante arter. I tidligere år har tilstanden vært bedre, men har variert mellom "moderat" og "dårlig", bortsett fra i april 2015, da tilstanden var "svært dårlig" (**tabell 10**). Antallet av arter og individer av bunndyr har også variert en del (**figur 15**). Bunnforholdene ved stasjonen varierer mye over korte avstander, og fra tidligere år har det blitt samlet inn prøver fra sandbunn med lavt artsmangfold og høyt individantall av forurensingsindikerende arter, og prøver med skjellsand og grus, hvor artsmangfoldet var betydelig høyere og individantallet lavere.

**Tabell 10.** Sammenligning av antall på arter ( $S$ ), individer ( $N$ ), individer per  $m^2$ , Shannon-indeks ( $H'$ ) og  $nEQR$ -verdier for grabbgjennomsnitt ( $nEQR \bar{G}$ ) på en stasjon ved Ytre Sandviken RA i 1998-2020. Antall arter og individer er gitt samlet for stasjonen. Prøver er generelt tatt i april, men i 2015-2018 er det tatt prøver i april (a) og oktober (o).

Stasjon	År	Areal ( $m^2$ )	S	N	$N/m^2$	$H'$	$nEQR \bar{G}$
Fag3	1998	0,5	76	1209	2418	4,23	
	1999	0,3	87	2165	7216	4,52	
	2002	0,5	100	6057	12114	3,57	
	2003	0,5	53	14193	28386	0,77	
	2005	0,5	45	5844	11688	1,86	
	2012	0,5	39	14058	28116	1,00	0,37 (IV)
	2013	0,5	49	30263	60526	1,44	0,41 (III)
	2014	0,3	34	13063	43543	1,54	0,29 (IV)
	2015-a	0,5	13	23054	46108	0,92	0,19 (V)
	2015-o	0,5	61	7520	15040	2,05	0,42 (III)
	2016-a	0,5	36	3657	7314	1,22	0,31 (IV)
	2016-o	0,5	31	8136	16272	1,18	0,24 (IV)
	2017-a	0,4	55	5520	13800	1,98	0,41 (III)
	2017-o	0,4	63	4392	10980	1,65	0,38 (IV)
	2018-a	0,4	52	13110	32775	0,84	0,31 (IV)
	2018-o	0,4	53	1453	3633	2,71	0,49 (III)
2019	0,4	50	2433	6083	2,10	0,40 (III)	
2020	0,4	18	24307	60768	0,17	0,18 (V)	
<b>nEQR grenseverdier</b>	<b>I – svært god</b> 1,0 - 0,8	<b>II – god</b> 0,8 – 0,6	<b>III – moderat</b> 0,6 – 0,4	<b>IV – dårlig</b> 0,4 – 0,2	<b>V – svært dårlig</b> 0,2 – 0,0		

Det har generelt vært vanskelig å få opp prøver fra stasjonen, med mange forsøk hvor grabben kom opp tom eller med bare litt oppskrappt sediment. Sedimentet som ble samlet inn var veldig forskjellig, og var enten finkornet og sterkt forurenset, eller grovkornet med relativt mangfoldig bunnfauna og lite tegn til forurensing. En kan konkludere at det er svært variable bunnforhold i området hvor stasjonen ligger. En ROV-undersøkelse i februar 2020 rundt utslippspunktet og prøvestasjonen bekreftet dette, og viste at

det ligger en liten sandflate rett ved utslippspunktene, ca. 10 m nord for stasjon Fag3, mens sjøbunnen på stasjonen er blandingsbunn med skjellsand, grus, stein og fjellblokker. Ved prøvetaking i april 2020 ble det forsøkt å ta prøve fra sandflaten, og en fikk opp fire grabbhugg med sand, som inneholdt mange individer av forurensingstolerante flerbørstemark. Ved ROV-undersøkelsen i februar 2020 var sandflaten ikke synlig forurenset, men flerbørstemarkene graver seg delvis ned i sedimentet og er da lite synlig. Ut fra tidligere resultater i perioden 2012-2019 kan en konkludere at det er et lite område nær de to utslippspunktene fra Ytre Sandviken RA som er forurenset med organiske tilførsler, hvor graden av forurensing muligens varierer, men der miljøforholdene ikke har forbedret seg i det siste.

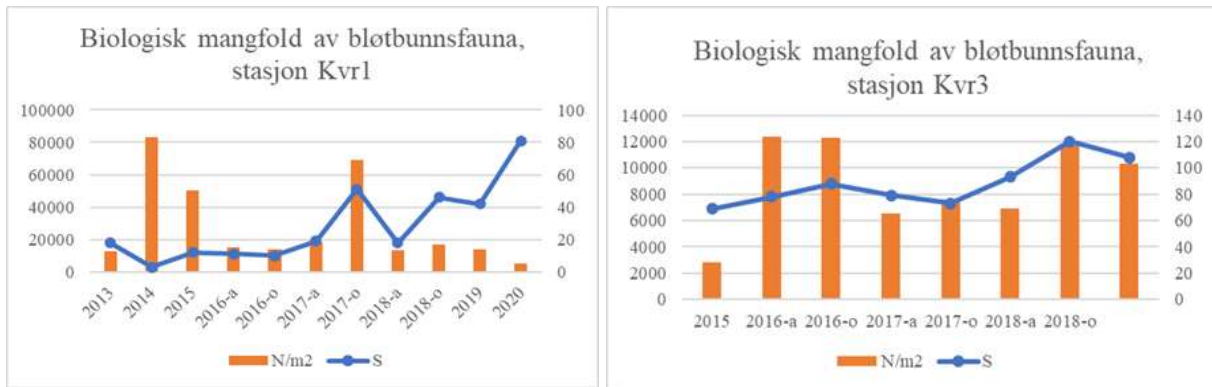


**Figur 15.** Samlet antall på bunndyr per kvadratmeter ( $N/m^2$ ; oransje stolper) og antall på arter av bunndyr ( $S$ ; blå linje med punkt) på en stasjon ved Ytre Sandviken RA (Fag3) i 2012-2020.

Ved Kverneviken RA kunne en se en tydelig forbedring for bunndyr i løpet av perioden 2017-2020 ved tidligere utslippspunkt i viken (Kvr1). Utslipet har ikke vært i regulært bruk de siste årene, men har tjent som et avlastingsutslipp i noen korte perioder. Dette var ikke nødvendig i 2019/2020 og en kunne observere en markant rehabilitering av faunasamfunnet på stasjon Kvr1 i 2020 (**tabell 11, figur 16**).

**Tabell 11.** Sammenligning av antall på arter ( $S$ ), individer ( $N$ ), individer per  $m^2$ , Shannon-indeks ( $H'$ ) og nEQR-verdier for grabbgjennomsnitt (nEQR  $\bar{G}$ ) på en stasjon ved Kverneviken RA i 2011-2020. Antall arter og individer er gitt samlet for stasjonen. Prøver er generelt tatt i april, men i 2016-2018 er det tatt prøver i april (a) og oktober (o).

Stasjon	År	Areal ( $m^2$ )	S	N	$N/m^2$	$H'$	nEQR $\bar{G}$
Kvr1	2011	0,5	35	5865	11730	1,81	
	2013	0,5	18	6334	12668	1,85	0,33 (IV)
	2014	0,2	3	8328	83280	0,01	0,08 (V)
	2015	0,3	12	15024	50080	0,38	0,15 (V)
	2016-a	0,3	11	4606	15353	0,55	0,15 (V)
	2016-o	0,3	10	4118	13727	0,94	0,15 (V)
	2017-a	0,4	19	7523	18808	0,60	0,26 (IV)
	2017-o	0,4	51*	27678	69195	0,23	0,17 (V)
	2018-a	0,4	18	5237	13093	0,61	0,22 (IV)
	2018-o	0,4	46	6641	16603	0,71	0,27 (IV)
	2019	0,4	42	5509	13772	1,29	0,31 (IV)
2020	0,4	81	2031	5078	4,00	0,67 (II)	
Kvr3	2015	0,5	69	1395	2790	4,07	0,67 (II)
	2016-a	0,5	78	6175	12350	3,21	0,58 (III)
	2016-o	0,5	88	6162	12324	3,28	0,60 (II)
	2017-a	0,4	79	2601	6503	4,22	0,68 (II)
	2017-o	0,4	73	3051	7628	3,66	0,64 (II)
	2018-a	0,4	93	2751	6878	3,36	0,63 (II)
	2018-o	0,4	120	4683	11708	3,83	0,67 (II)
	2019	0,4	108	4125	10312,5	3,91	0,74 (II)
nEQR grenseverdier	I – svært god 1,0 - 0,8	II – god 0,8 – 0,6	III – moderat 0,6 – 0,4	IV – dårlig 0,4 – 0,2	V – svært dårlig 0,2 – 0,0		



**Figur 16.** Samlet antall på bunndyr per kvadratmeter ( $N/m^2$ ; oransje stolper) og antall på arter av bunndyr (S; blå linje med punkt) på stasjoner ved Kvernevik RA i 2012-2020.

Stasjon Kv3, som ligger nært det nåværende utslippet, ble ikke undersøkt i 2020, men stasjonen har hatt "god" miljøtilstand helt siden det nye utslippet ble tatt i bruk i 2015, med unntak av april 2016, da en kort periode med planlagt utslipp av urensset avløpsvann resulterte i "moderat" tilstand. Det har de siste årene ikke vært tendens til forverring av tilstanden på stasjon Kvr3 og det er sannsynlig at bløtbunnsfaunaen godt tåler utslippet av sekundærrenset avløpsvann til området, selv med en markant økning i antall individ siden 2015 (**figur 16**).

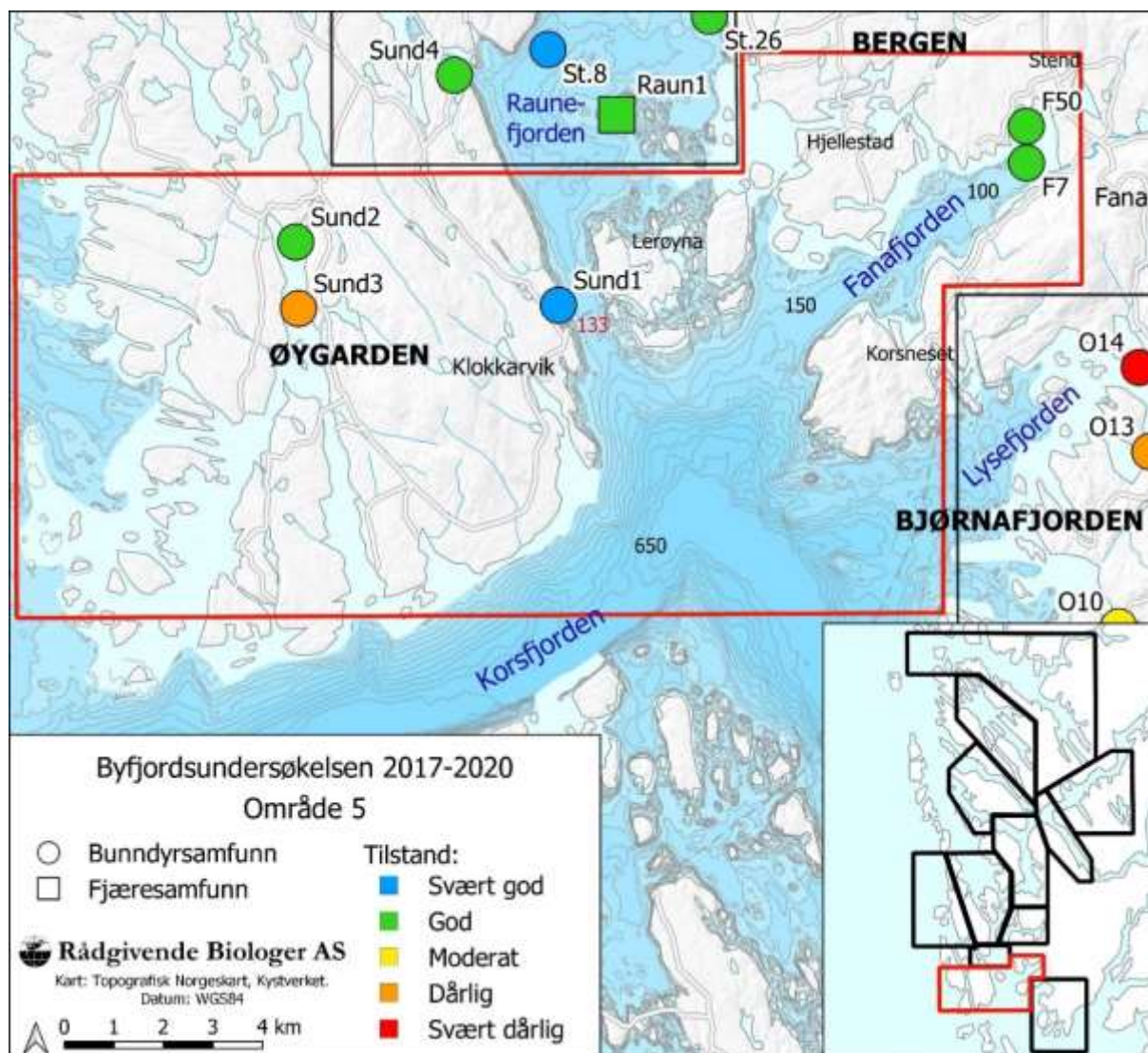
I tillegg ble det undersøkt sedimentkvalitet og bunndyr ved diverse mindre avløpsreanlegg med utslipp til Byfjorden og Salhusfjorden. I Bergen kommune var det Kjøkkelvik som ble undersøkt i 2018, og hvor bunndyr på stasjon Kjøl viste "svært god" miljøtilstand. Sedimentet bestod av sand, grus, småstein og skjellrester, og det var vanskelig å få opp prøve på stasjonen utenfor utslippet. Dette tyder på mye bunnstrøm. Ved Salhus ble det for første gang gjennomført undersøkelser i 2019. Sedimentet på stasjon Sal1 hadde noe høyt innhold av organisk materiale, men den økologiske tilstanden basert på bløtbunnsfauna lå innenfor tilstandsklasse "svært god", med et høyt artsmangfold. Det ble også forsøkt å få opp bunnprøver fra områder utenfor utslippene ved Mjølkeråen og i Tellevika, men det var ikke mulig.

I Askøy kommune ble det analysert prøver fra to stasjoner ved Erdal RA/Badelven (Bad1 og Bad2). Bad1 er en stasjon nær utslippspunktet, men her var det vanskelig å få opp prøver i 2018. Analysene viste "svært god" miljøtilstand. Det er mye bunnstrøm i området og derfor ble stasjonen flyttet til et dypere platå med bløtbunn nedenfor utslippet og i hovedstrømretning (Bad2). Her hadde sedimentet høyre andel finstoff, men sedimentkvaliteten var bra også her, og i 2019 var miljøtilstanden "svært god". Det ble også forsøkt å få opp sedimentprøver ved Kleppstø og Drageide, men bunnforholdene var ikke egnet for grabbing.



## OMRÅDE 5 – KVITURDVIKS- OG VÅGSBØPOLLEN, FANAFJORDEN, KORSFJORDEN OG SØRLIGE DELER AV SUND

Område 5 omfatter den sørøstligste delen av Korsfjorden og Fanafjorden, den sørligste delen av Raunefjorden, og sørvestlige deler av sjøområder i Øygarden kommune (**figur 17**). Fanafjorden er relativt grunn og dybden øker gradvis mot sørvest og ved utløpet til Korsfjorden er fjorden ca. 200 m dyp, mens Korsfjorden er vel 650 m dyp i sentrale deler av fjorden. Det er flere mindre kommunale og private avløpsrenseanlegg i sørlige deler av Øygarden kommune. I tillegg er det tre oppdrettsanlegg i området med en maksimal tillatt biomasse på 7 800 tonn. Stasjoner i dette området ble undersøkt i 2018-2020.



**Figur 17.** Oversikt over stasjoner for undersøkelse av bunndyrsamfunn og fjæresamfunn i område 5. Stasjoner for vann er vist i **figur 3**.

### Vannkvalitet

Vannkvaliteten ble undersøkt en gang på en stasjon i Lerøyosen (Sund1), og to stasjoner nord i Austefjorden/Vågen (Sund 2 og Sund 3) i 2019. I tillegg ble stasjon F7 og F50 i Fanafjorden undersøkt i 2018 (**figur 3**). Generelt var innholdet av næringssalter og klorofyll lavt ved undersøkelsene, og sist stasjonene ble undersøkt i 2012, var innholdet av næringssalter og klorofyll også lavt. Stasjonen i Lerøyosen hadde høyt oksygeninnhold i både 2012 og 2019, mens stasjonene innerst i Austefjorden viste større variasjon i oksygenkonsentrasjon. Austefjorden er en grunn fjordarm med flere terskler og



på den grunneste stasjonen innerst i Vågen var det høyt innhold av oksygen i 2020, mens den dypere stasjonen lenger ute i fjorden hadde lavt innhold av oksygen. I 2012 varierte konsentrasjonen av oksygen mellom "svært god" og "svært dårlig" gjennom året. Trolig er det vanlig med store variasjoner i oksygenkonsentrasjon i denne fjordarmen over relativt kort tid.

### Sedimentkvalitet og bunndyr

Sedimentkvalitet og bunndyr ble undersøkt på de samme stasjonene som vannkvalitet. I Lerøyosen i Øygarden, tidligere Sund, kommune, var bunndyrsamfunnet på stasjon Sund1 mangfoldig og ikke påvirket av organiske tilførsler. Sedimentet på stasjonen inneholder mye stein, grus, og store skjellrester og det har vært vanskelig å få opp prøve. I 2019 ble stasjonen klassifisert innenfor tilstandsklasse "svært god", mens analysene fra en tidligere undersøkelse i 2012 viste "god" tilstand på grensen til "svært god" tilstand (**tabell 12**). Forskjellene kan best forklares med tilfeldigheter ved prøvetakingen.

Nord i Austrefjorden/Vågen var både sedimentkvalitet og bløtbunnsfauna markant negativt påvirket av lave oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet innerst i fjorden. På stasjon Sund3 var det finkornet sediment med høyt innhold av organisk materiale og det var få dyr i prøvene. Stasjonen ble klassifisert innenfor "dårlig" miljøtilstand. Antallet individer og arter var imidlertid noe høyere enn ved en tidligere undersøkelse i 2012. På stasjon Sund2, som er grunnere og ligger innerst Vågen, var det i 2019 gode leveforhold for bunndyr, selv om det var også mange arter på stasjonen som er tolerante for lave oksygenverdier og som trives med høyt innhold av organisk materiale i sedimentet. Miljøtilstanden var noe forbedret i 2019 sammenlignet med 2012, men det er sannsynlig at det er skiftende oksygenforhold på dyp sjøbunn i nordlige deler av Austefjorden og at bunnfaunaen gjennomgår relativt store endringer avhengig av oksygenforsyningen. Perioder med lite aktivitet av bunnfauna fører da til at organiske tilførsler på sjøbunnen ikke blir opparbeidet og akkumulerer seg. Austefjorden fremstår dermed som en sårbar resipient for utslipp av urensset eller delvis rensset avløpsvann.

**Tabell 12.** Sammenligning av antall på arter (S), individer (N), individer per m<sup>2</sup> og nEQR-verdier for grabbgjennomsnitt (nEQR  $\bar{G}$ ) på stasjoner i område 5 i 2012-2020. Antall arter og individer er gitt samlet for stasjonen.

Stasjon	År	Areal (m <sup>2</sup> )	S	N	N/m <sup>2</sup>	nEQR $\bar{G}$
Sund1	2012*	0,5	112	1401	2802	0,79 (II)
	2019	0,3	108	850	2833	0,89 (I)
Sund2	2012*	0,5	30	409	818	0,60 (III)
	2019	0,4	68	1078	2695	0,67 (II)
Sund3	2012*	0,1	1	2	20	-
	2019	0,4	6	148	370	0,32 (IV)
F7	2013*	0,5	49	672	1344	0,72 (II)
	2014	0,5	59	1377	2754	0,67 (II)
	2018	0,4	71	1115	2787,5	0,70 (II)
F50	2013*	0,5	78	2260	4520	0,66 (II)
	2014	0,2	49	1008	5040	0,63 (II)
	2018	0,4	51	726	1815	0,63 (II)

\*Indekser beregnet på nytt etter veileder 02:2018 basert på rådata fra SAM-Marin.

nEQR grenseverdier	I – svært god 1,0 - 0,8	II – god 0,8 – 0,6	III – moderat 0,6 – 0,4	IV – dårlig 0,4 – 0,2	V – svært dårlig 0,2 – 0,0
--------------------	----------------------------	-----------------------	----------------------------	--------------------------	-------------------------------

I Fanafjorden viste begge stasjoner som ble undersøkt i 2018 "god" miljøtilstand basert på bunndyr. Sedimentet på stasjonene er finkornet og har relativt høyt innhold av organisk materiale. Spesielt på stasjon F50, som ligger nær det gamle utslippet fra Rådalen deponi, bar sedimentet preg av tidligere negativ påvirkning fra sigevannet fra avfallsdeponiet. Sedimentprøven var svart-brun og luktet dårlig, noe som er tegn på høy aktivitet av svovelbakterier som bryter ned organisk materiale i oksygenfritt sediment. Det var imidlertid et tydelig lag av brunt og oksygenholdig sediment på sedimentoverflaten og selv om antallet av både arter og individer var tydelig lavere enn på stasjon F7, som ligger lengre ute i Fanafjorden, var det godt med liv i prøvene. Generelt var bunndyrsamfunnet på stasjon F7 og F50

preget av partikkelspisende arter, som trives på bløtbunn med relativt høy sedimentering av organiske partikler og høyt innhold av organisk materiale i sedimentet. På stasjon F50 dominerte arter som er tilpasset sediment med mye organisk stoff og som til en viss grad er tolerante for lave oksygenverdier i sedimentet. Disse artene graver i overflatelaget til sedimentet. En kan derfor anta at miljøgiftkonsentrasjonen i overflatesedimentet (øverste 1-2 cm) er på et nivå som ikke påvirker disse artene negativt. Andre, mer sensitive arter, tolererer imidlertid ikke sedimentkvaliteten på stasjonen, og derfor fremstår arts mangfoldet som redusert. Begge stasjonene er tidligere undersøkt i 2013 og 2014 og viste også da tilsvarende forhold med "god" miljøtilstand, og med høyere biodiversitet på stasjon F7 enn F50.

### Miljøgift i sediment

Innholdet av miljøgifter ble i 2020 undersøkt på St.500 som ligger i et dypområde i Korsfjorden. Det var høye konsentrasjoner av flere organiske PAH-forbindelser, og den samlede konsentrasjonen av PAH16 lå innenfor "dårlig" tilstand. I tillegg var det noe høyt innhold av  $\Sigma$ PCB 7 og sink. På grunn av konsentrasjoner over grenseverdiene for prioriterte stoffer og vannregionspesifikke stoffer, oppnår ikke resipienten sine miljømål om god kjemisk tilstand.

I 2018 ble innholdet av miljøgifter undersøkt på to stasjoner i Fanafjorden, stasjon F50 nær det gamle avløpet fra Rådalen deponi, og resipientstasjonen F7. På F7 ble det tatt prøve fra 0-10 cm dyp, mens det på F50 ble tatt både fra 0-5 og 0-10 cm dyp. Det var noe lavere konsentrasjoner for rundt halvparten av de analyserte miljøgiftene i prøven fra 0-5 sammenlignet med prøven fra 0-10 cm. Dette indikerer at mindre mengder av miljøgifter til sedimentet har blitt avsatt de siste årene. Prøvene fra sjøbunn nær det gamle avløpet hadde det klart høyeste innholdet av miljøgifter, med forhøyede konsentrasjoner av flere tungmetall, PAH-forbindelser,  $\Sigma$  PCB 7, TBT og PFOS (perfluoroktan-sulfonat). PFOS er et av flere perfluorerte stoffer (PFAS) som er tungt nedbrytbare forbindelser som har blitt brukt i brannskum, og å til å gi produkter vann og smussavstøtende egenskaper, brukt blant annet i impregnerte tekstiler, matemballasje, slipp-belegg og skismurning. Resipientstasjonen F7 hadde generelt lavere innhold av miljøgifter, men hadde konsentrasjoner av flere PAH-forbindelser som var for høye til at resipienten oppnådde sine miljømål. Stasjonen har tidligere vært undersøkt for innholdet av tungmetall og PCB og TBT i 1996, og tungmetaller i 1994.

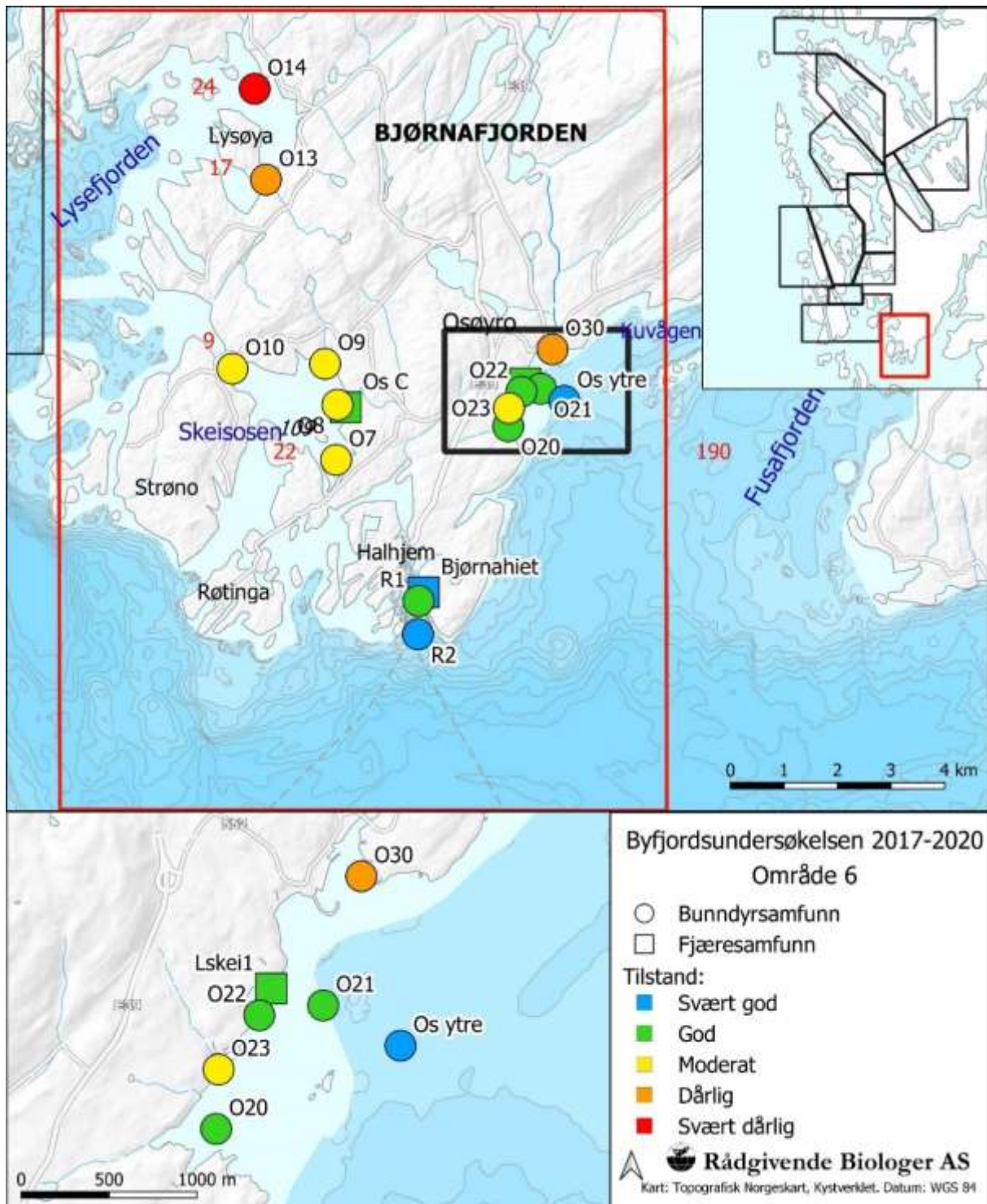
**Tabell 13.** Oversikt over utvalgte miljøgifter i sedimentet på F7 og F50 i Fanafjorden. Blå = "bakgrunn", grønn = "god", gul = "moderat", oransje = "dårlig" og rød = "svært dårlig".

Konsentrasjonene av disse forbindelsene har vært relativt lik ved undersøkelsene. Også ved F50 ble innholdet av miljøgifter undersøkt i 1994 og 1996 og i tillegg i 2013. Sammenlignet med 5 cm-prøven var det høyere konsentrasjon av TBT,  $\Sigma$  PCB7 i 2013, mens kobberkonsentrasjonen var høyest i 1994 og 2018.

Stoff	Enhet	F7			F50			
		1994 (1 cm)	1996 (1 cm)	2018 (10 cm)	1994 (1 cm)	1996 (1 cm)	2013 (1 cm)	2018 (5 cm)
Bly	mg/kg	39	44	33	127	88	81	140
Kobber	mg/kg	21	21	21	97	60	58	130
Sink	mg/kg	88	81	70	625	491	370	500
$\Sigma$ PAH16	$\mu$ g/kg	-	-	770	-	-	2830	3290
$\Sigma$ PCB7	$\mu$ g/kg	-	6,1	4,1	-	89	63	37
TBT	$\mu$ g/kg	-	0,2	<2,5	-	-	170	73

## OMRÅDE 6 – OS

Område 6 omfatter Lysefjorden, Skeisosen, sørøstlige deler av Bjørnafjorden og sørvestlige deler av Fusafjorden (**figur 18**).



**Figur 18.** Oversikt over stasjoner for undersøkelse av bunndyrsamfunn og fjæresamfunn i område 6. Stasjoner for vann er vist i **figur 3**.

Hovedfjordene rundt Os er store og dype, og har god vannutskifting og gode oksygenforhold. Fusafjorden er 445 m på det dypeste, mens Bjørnafjorden har dybder mellom 450 og 650 m nordover forbi Lysefjorden. I området fra indre del av Lysefjorden via Skeisosen til Halhjem, er det svært variert

topografi, med mange øyer, holmer og sund, dypområder og terskler. Innerst i Lysefjorden rundt Lysøen er sjøområdene noe innestengt, med terskler på ca. 20 m dyp. Lysefjorden og Skeiosen er mindre resipienter, mens Bjørnafjorden er en stor resipient der blant annet Halhjem og Osøyro inngår. I Os er det et større renseanlegg med utslipp til Bjørnafjorden ved Liafjell vest fra Osøyro som i 2019 hadde et utslipp på 12 500 *pe*. Det er 6 oppdrettsanlegg i området, med en samlet maksimal tillatt biomasse på 6 240 tonn. Stasjoner i området ble undersøkt i 2017 og 2019.

### **Vannkvalitet**

Stasjonene i Lysefjorden og Skeiosen hadde lavt innhold av næringssalter og klorofyll ved undersøkelsene i 2017 og 2019, og data fra 2006 og 2014 viste det samme lave innholdet av næringssalter og klorofyll. Oksygenkonsentrasjonen ved stasjon O14, som er den dypeste stasjonen i Lysefjorden og ligger på 118 m dyp, lå innenfor "svært dårlig" tilstand ved undersøkelsen i 2019. Stasjonen har ikke blitt undersøkt regelmessig, men har ligget i "svært dårlig" tilstand i 1981, 1987 og 2014, mens oksygenkonsentrasjon var litt høyere i 1993 og 2006. Stasjon O13 som ligger på 55 m dyp viser større variasjoner i oksygeninnhold, med konsentrasjoner som varierer mellom "god" og "svært dårlig" tilstand. Det er de grunne tersklene til indre deler av Lysefjorden som gjør at dypområdene innenfor har periodevis svært lave oksygenkonsentrasjoner ved bunnen, mens vannet i grunnere områder skiftes ut oftere. Skeiosen har også grunne terskler, og stasjon O10 som ligger på 90 m dyp har tidligere blitt undersøkt i 1981, 1987, 2001 og flere ganger i 2014, og tilstanden har variert mellom "svært dårlig" og "god" tilstand. I 2019 lå stasjonen i "svært dårlig" tilstand. Den grunnere stasjonen O8, som ligger på 46 m dyp, har blitt undersøkt over en lenger periode og har variert mellom "dårlig" og "svært god" tilstand mellom 1982 og 2019. I 2019 lå den innenfor "god" tilstand. Undersøkelsene er ikke hyppige nok til å vurdere hvor ofte utskifting av bunnvannet i de dypere områder av Lysefjorden og Skeiosen skjer.

De 8 stasjonene utenfor Halhjem og Osøyro i Bjørnafjorden hadde generelt lavt innhold av næringssalter og klorofyll i 2019, og også i 2017 og 2014 var innholdet generelt lavt. Unntaket var nitritt, som var forhøyet på enkelte tidspunkter i juni og august i 2017 og i april og oktober i 2014 utenfor Osøyro. Dette er trolig knyttet til avløpsrenseanleggene i området, men kan også stamme fra avrenning fra Oselva. Det var gode oksygenforhold på stasjonene i Bjørnafjorden, og oksygeninnholdet har ligget innenfor beste tilstandsklasse ved undersøkelsene i 2014, 2017 og 2019.

### **Fjæresone**

Fjæresamfunnet ble i perioden 2017-2020 undersøkt på tre stasjoner i område 6, Lskei1 i Skeiosen, Bjørnehiet utenfor Halhjem og Os-C ved Osøyro. Fjæresoneindeksen viste i 2019 "god" økologisk tilstand på alle tre stasjoner. Fjærestasjon Lskei1 hadde høyere dekning av grønnalger og antall grønnalgearter enn de andre stasjonene, og det ble også observert mye påvekstlanger. Resultatene fra Lskei1 indikerer at det har vært noe forhøyet næringstilgang ved stasjonen, og kan forklares ved at stasjonen er lokalisert under 200 m fra utslippspunktet til det kommunale avløpsanlegget Skeisleira. Fjæresamfunnet ved Lskei1 hadde likevel et høyt og variert antall makroalger som bidro til at stasjonen fikk "god" økologisk tilstand, men fremmedarten pollpryd var svært godt etablert ved fjærestasjonen Lskei1, og kan utgjøre en trussel for stedegne arter i fjæresamfunnet. Stasjon Os C og Bjørnehiet fikk også i 2014 "god" økologisk tilstand. Fjæresamfunnet ved stasjon Bjørnehiet har hatt en nokså stor økning i forekomst av fremmedartene rødlo og pollpryd fra 2013 til 2019.

### **Sedimentkvalitet og bunndyr**

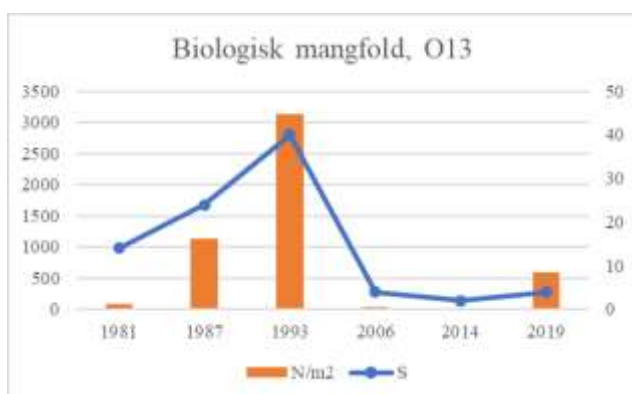
Undersøkelsene i tidligere Os kommune i perioden 2017-2020 viste at sedimentkvaliteten og bunndyrsammfunnet generelt var bra, men med mindre gode forhold i Lysefjorden og Skeiosen på grunn av det lave oksygeninnholdet i bunnvannet på det dypeste i vannforekomstene. Reduksjon av bunndyr over lengre tid har ført til at organisk materiale, som har blitt tilført fjordområdet fra naturlige kilder og eventuelt fra organiske utslipp, har samlet seg opp i sedimentet. I elvemunningen i havneområdet i Os sentrum var det også mye organisk materiale på sedimentoverflaten og det var i prøvene fra 2019 et svært høyt antall av forurensingstolerante arter.



Vannforekomsten Lysefjorden er klassifisert som oksygenfattig fjord i Vann-nett, slik at redusert bløtbunnsfauna kan anses som naturtilstand. Bunndyrsamfunnet på stasjon O13 var i 2019 svært artsfattig, men individtettheten var relativt normal (**tabell 14**). De få artene i prøvene er tolerante mot lave oksygenkonsentrasjoner og høyt innhold av organisk materiale i sedimentet. Sammenlignet med resultater fra 2014 var det på stasjon O13 en liten forbedring, med markant flere individer og litt flere arter (**figur 19**). På stasjon O14, som ligger på det dypeste i Lysefjorden, var det ikke funnet noen fauna i de fulle grabbprøvene i 2019, og heller ikke ved tidligere undersøkelser gjennomført siden 1981 (**tabell 14**).

**Tabell 14.** Sammenligning av antall på arter (S), individer (N), individer per m<sup>2</sup>, Shannon-indeks (H') og nEQR-verdier for grabbgjennomsnitt (nEQR  $\bar{G}$ ) på stasjoner i område 6, Lysefjorden, i 1981-2019. Antall arter og individer er gitt samlet for stasjonen. For årene 1981 - 2006 foreligger det ingen nEQR-beregninger og derfor er mangfoldsindeksen etter Shannon (H') for grabbgjennomsnittet inkludert i tabellen.

Stasjon	År	Areal (m <sup>2</sup> )	S	N	N/m <sup>2</sup>	H'	nEQR $\bar{G}$			
O13	1981	0,5	14	42	84	1,88				
	1987	0,5	24	568	1136	1,68				
	1993	0,5	40	1563	3126	2,91				
	2006	0,5	4	15	30	0,69				
	2014	0,5	2	2	4	0,2	0,06 (V)			
	2019	0,4	4	234	585	0,93	0,35 (IV)			
O14	1981	0,5	0	0	0	0				
	1987	0,5	0	0	0	0				
	1993	0,5	0	0	0	0				
	2006	0,5	0	0	0	0				
	2014	0,5	0	0	0	0	0 (V)			
	2019	0,4	0	0	0	0	0 (V)			
nEQR grenseverdier	I – svært god 1,0 - 0,8		II – god 0,8 - 0,6		III – moderat 0,6 - 0,4		IV – dårlig 0,4 - 0,2		V – svært dårlig 0,2 - 0,0	



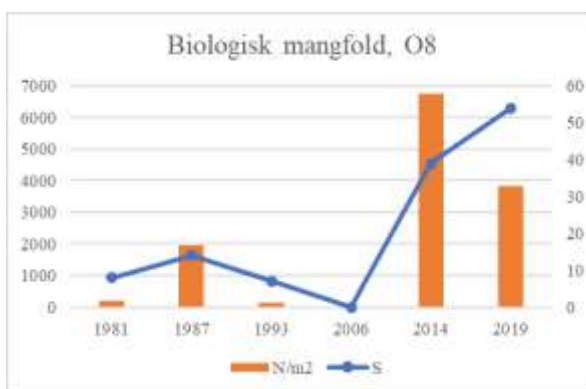
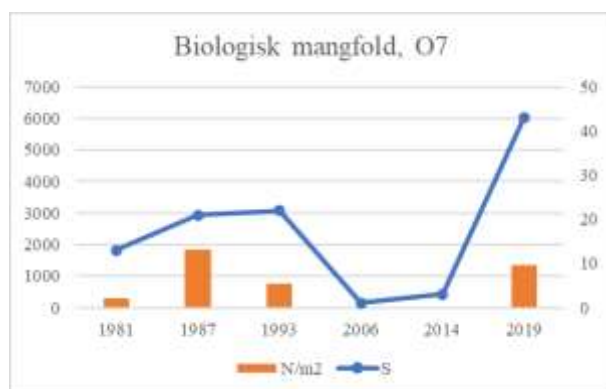
**Figur 19.** Samlet antall bunndyr per kvadratmeter (N/m<sup>2</sup>; oransje stolper) og antall på arter av bunndyr (S; blå linje med punkt) på stasjon O13 i Lysefjorden i 1981-2019.

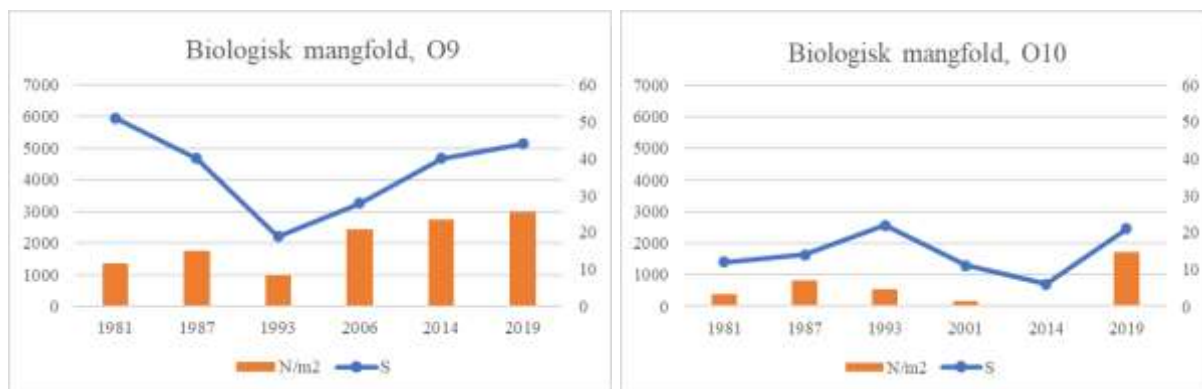
Også bunndyrsamfunnet på stasjon O7-O10 i Skeisosen har i mange år vært preget av periodevis oksygensvikt i bunnvannet og akkumulering av organisk materiale i sedimentet, med lavt antall arter og varierende antall individer (**tabell 15, figur 20**). I 2019 var artssamfunnet på alle fire stasjoner dominert av arter som til en viss grad er tolerante for lave oksygenkonsentrasjoner og som tolererer høyt innhold av organisk stoff i sedimentet, innenfor "moderat" tilstand. Det er sannsynlig at tilstanden til bløtbunnsfaunaen i resipienten i stor grad er avhengig av utskiftingsforhold og oksygeninnhold i bunnvannet i perioden rett før prøvetakingen. Resipienten er klassifisert som beskyttet kyst/fjord i Vann-nett, men burde, basert på flere undersøkelser i perioden 1981-2014 og undersøkelsen i 2019, heller klassifiseres som periodevis oksygenfattig fjord, hvor endringer i artsmangfold og individtetthet over tid kan regnes som naturtilstand.



**Tabell 15.** Sammenligning av antall på arter (S), individer (N), individer per m<sup>2</sup>, Shannon-indeks (H') og nEQR-verdier for grabbgjennomsnitt (nEQR  $\bar{G}$ ) på stasjoner i Skeisosen i område 6 i 1981-2019. Antall arter og individer er gitt samlet for stasjonen. For årene 1981-2006 foreligger det ingen nEQR-beregninger og derfor er mangfoldsindeksen etter Shannon (H') for grabbgjennomsnittet inkludert i tabellen.

Stasjon	År	Areal (m <sup>2</sup> )	S	N	N/m <sup>2</sup>	H'	nEQR $\bar{G}$			
O7	1981	0,5	13	142	284	2,35				
	1987	0,5	21	915	1830	1,86				
	1993	0,5	22	378	756	2,75				
	2006	0,5	1	3	6	i.v.				
	2014	0,5	3	4	8	0,2	0,06 (V)			
	2019	0,4	43	545	1363	3,14	0,59 (III)			
O8	1981	0,5	8	86	215	1,55				
	1987	0,5	14	782	1955	1,36				
	1993	0,5	7	55	138	0,42				
	2006	0,5	0	0	0	i.v.				
	2014	0,5	39	3375	6750	2,92	0,47 (III)			
	2019	0,4	54	1538	3845	2,86	0,58 (III)			
O9	1981	0,5	51	542	1355	3,22				
	1987	0,5	40	706	1765	2,78				
	1993	0,5	19	390	975	1,99				
	2006	0,5	28	980	2450	2,42				
	2014	0,5	40	1370	2740	2,82	0,54 (III)			
	2019	0,4	44	1202	3005	2,98	0,58 (III)			
O10	1981	0,5	12	157	392,5	2,18				
	1987	0,5	14	329	822,5	1,61				
	1993	0,5	22	214	535	1,97				
	2001	0,5	11	69	172,5	1,83				
	2014	0,5	6	12	24	2,28	0,13 (V)			
	2019	0,4	21	690	1725	2,46	0,45 (III)			
nEQR grenseverdier	I – svært god 1,0 - 0,8		II – god 0,8 - 0,6		III – moderat 0,6 - 0,4		IV – dårlig 0,4 - 0,2		V – svært dårlig 0,2 - 0,0	





**Figur 20.** Samlet antall på bunndyr per kvadratmeter ( $N/m^2$ ; oransje stolper) og antall på arter av bunndyr ( $S$ ; blå linje med punkt) på stasjoner i Skeisosen, område 6, i 1981-2019.

Utenfor Halhjem ble det undersøkt to stasjoner, og her var det i 2019 ingen negativ påvirkning på sedimentkvalitet og bunndyr. Sedimentet bestod av en blanding av finstoff og sand med lavt innhold av organisk materiale. Artssamfunnet var mangfoldig og ikke påvirket av organisk forurensing eller andre faktorer som kunne redusere diversiteten. Stasjon R1, som ligger lengre sør og nærmere Halhjem enn stasjon R2, lå innenfor "god" miljøtilstand. Her var det var markant flere individer av opportunistiske og partikkelpisende arter enn på stasjon R2, som viste "svært god" tilstand. Dette viser til høyere næringstilgang på stasjon R1 enn på R2.

Utenfor Osøyro ble det i 2019 undersøkt seks stasjoner, som viste stort sett gode forhold, med unntak av stasjonen som ligger direkte i elvemunningen i havneområdet (O30), hvor det var svært mye terrestrisk organisk materiale og en ekstremt høy individtetthet av forurensingstolerante arter (**tabell 16**). Faunatilstanden var forverret sammenlignet med 2014, men omtrent like dårlig som i 2005.

**Tabell 16.** Sammenligning av antall på arter ( $S$ ), individer ( $N$ ), individer per  $m^2$ , Shannon-indeks ( $H'$ ) og  $nEQR$ -verdier for grabbgjennomsnitt ( $nEQR \bar{G}$ ) på stasjoner nær Os sentrum i område 6 i 2005-2019. Antall arter og individer er gitt samlet for stasjonen. For årene 2001-2008 foreligger det ingen  $nEQR$ -beregninger og derfor er mangfoldsindeksen etter Shannon ( $H'$ ) for grabbgjennomsnittet inkludert i tabellen.

Stasjon	År	Areal ( $m^2$ )	S	N	$N/m^2$	$H'$	$nEQR \bar{G}$			
O20	2005	0,5	78	1909	3818	3,92				
	2014	0,5	116	7794	15588	4,01	0,61 (II)			
	2019	0,4	121	3644	9110	3,87	0,80 (II)			
O21	2005	0,5	92	2074	4148	4,24				
	2014	0,5	91	4864	9728	3,48	0,60 (II)			
	2019	0,4	114	3459	8648	3,56	0,76 (II)			
O22	2005	0,5	65	900	1800	4,57				
	2014	0,5	53	1113	2226	3,90	0,68 (II)			
	2019	0,4	94	1800	4500	4,07	0,71 (II)			
O23	2005	0,5	54	1029	2058	3,98				
	2014	0,5	57	1952	3904	3,90	0,58 (III)			
	2019	0,4	55	903	2258	2,96	0,57 (III)			
O30	2001	0,5	26	2526	5052	1,63				
	2014	0,5	83	7859	15718	3,12	0,53 (III)			
	2019	0,4	35	22351	55878	1,66	0,29 (IV)			
Os-ytre	2008	0,4	72	1020	2550	4,58				
	2019	0,4	97	1134	2835	4,51	0,83 (I)			
$nEQR$ grenseverdier	I – svært god 1,0 - 0,8		II – god 0,8 – 0,6		III – moderat 0,6 – 0,4		IV – dårlig 0,4 – 0,2		V – svært dårlig 0,2 – 0,0	

Også på stasjon O23 utenfor Holsvika var bunndyrsamfunnet noe negativt påvirket, både i 2019 og 2014, fordi det var noen få forurensingstolerante arter som dominerte markant, noe som ikke var tilfellet i 2005 (**tabell 16**). Anleggsarbeid langs Oselven, overbelastning av pumpestasjonen i Os sentrum og byggearbeid i sammenheng med ny utslippsledning for det nye kommunale renseanlegget OHARA i 2018 og våren 2019 kan ha bidratt til forverring av tilstanden ved stasjon O30 og O23. På stasjonen Os-Ytre, rundt 900 m fra stasjon O30, var imidlertid faunatilstanden "god" og miljøgiftanalyser viste at området ikke er forurenset. Det betyr at det var lite spredning av det organiske materialet utover i resipienten. Også på stasjon O20 og O21 var bunndyrsamfunnet i 2019 artsrik innenfor "god" tilstand, men det var mange individer i prøvene og faunastrukturen viste at det sannsynligvis var relativt høye tilførsler av organisk materiale som effektivt blir opparbeidet av bunndyrene.

Faunatilstanden i 2019 var noe forbedret på stasjon O20, O21 og O22, sammenlignet med tidligere undersøkelser i 2014, og relativt lik med undersøkelser i 2005. Stasjon Os-ytre ble undersøkt i 2008 i regi av tidligere Os kommune (Tveranger mfl. 2009) og ble da vurdert innenfor SFT-tilstandsklasse "meget god". Artsdiversiteten var med 72 arter i 2008 markant lavere enn i 2019, mens individantallet var ubetydelig lavere. Basert på faunasamfunnet kan en anta at stasjonen i 2008 ville falt innenfor tilstandsklasse "svært god" eller "god" etter dagens metodikk.

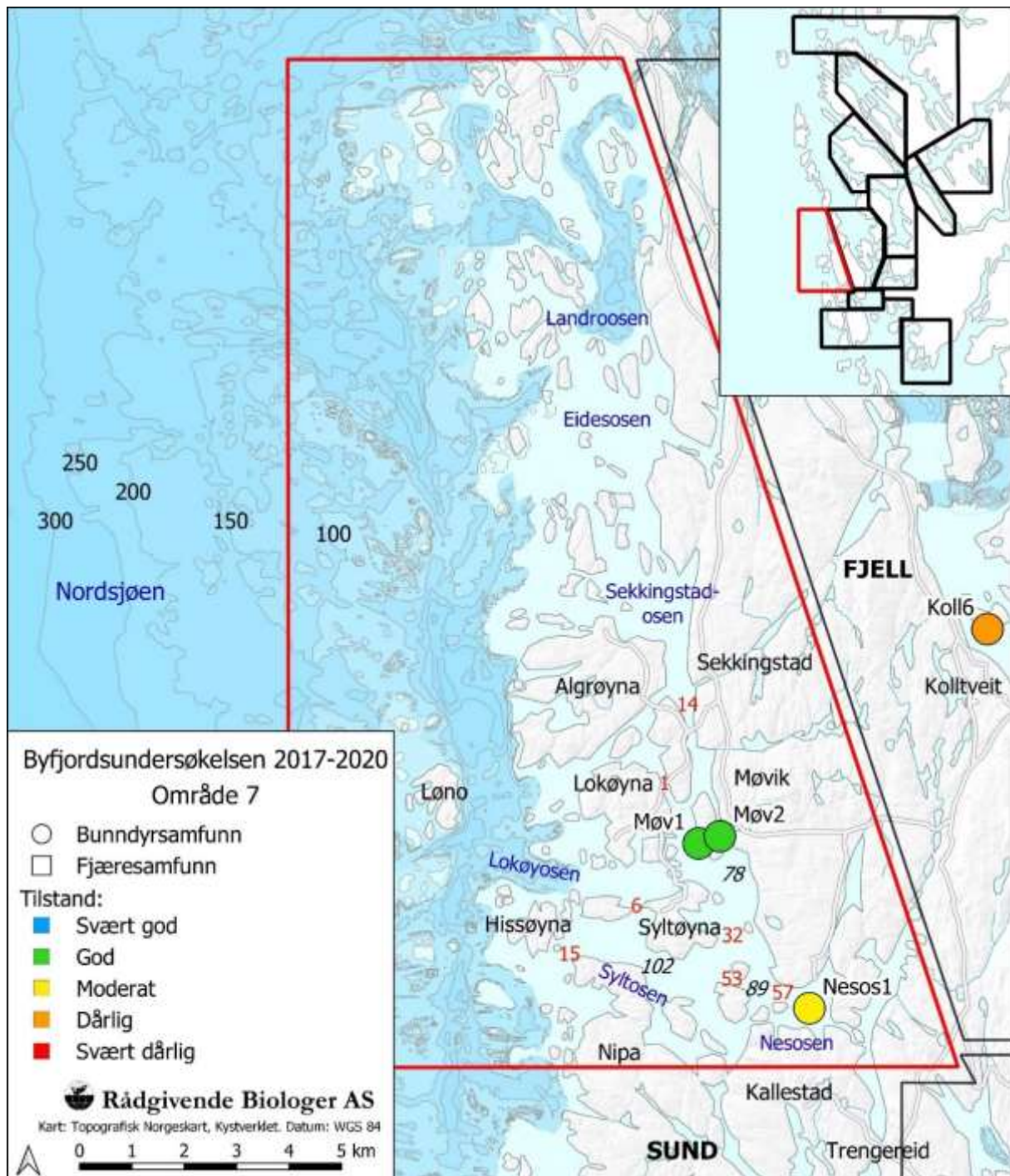
### **Miljøgift i sediment**

To stasjoner ble undersøkt i område 6 i perioden 2017-2020. Stasjon Os-ytre utenfor Osøyro ble undersøkt i 2019 og sedimentet hadde generelt lavt innhold av miljøgifter. Det ble analysert tre paralleller, og selv om en parallell lå over grenseverdien for en PAH-forbindelse var gjennomsnittskonsentrasjonen under grenseverdien.

I 2020 ble stasjon BT92, som ligger på 520 m dyp i Bjørnafjorden mellom Halhjem og Våge, undersøkt for miljøgifter. Sedimentet hadde konsentrasjoner av enkelte PAH-forbindelser og  $\Sigma$ PCB7 som ligger over grenseverdien for prioritert stoffer eller vannregionspesifikke stoffer, og resipienten oppnår derfor ikke miljømål om god kjemisk tilstand.

## OMRÅDE 7 – VESTSIDEN AV FJELL

Område 7 omfatter vestsiden av tidligere Fjell kommune, som i dag er en del av Øygarden kommune. Vestsiden av Fjell er et svært variert topografisk øyrike, fra åpne områder ut mot havet til mer innestengte oser og våger. De åpne områdene ytterst langs kysten har god vannutskifting, mens våger og oser med terskler kan få stillestående bunnvann, som i perioder kan ha redusert oksygeninnhold. Det er flere mindre avløpsrenseanlegg med utslipp til ulike oser og våger. Det er et settefiskanlegg og fire matfisk anlegg innenfor området med en samlet maksimal tillatt biomasse på 20 480 tonn. I 2018 ble det tatt prøver på flere stasjoner i dette området.



**Figur 21.** Oversikt over stasjoner for undersøkelse av bunndyrsamfunn og fjæresamfunn i område 7. Stasjoner for vann er vist i figur 3.



## Vannkvalitet

Innholdet av næringssalter, klorofyll og hydrografi ble undersøkt på to stasjoner i Møvikaosen (Møv1 og Møv2) og en stasjon i Nesosen (Nesos1) i 2018.

Det var lavt innhold av næringssalter og klorofyll i Møvikaosen både i 2018 og ved tidligere undersøkelser i 2012 og 2015. I 2018 lå oksygenkonsentrasjonen i Møvikaosen i "dårlig" tilstand, og tidligere undersøkelser viste at det var lave oksygenkonsentrasjoner i oktober 2012, mens det i 2015 var høye oksygenkonsentrasjoner i begynnelsen av året og lave konsentrasjoner i slutten av året.

Det var lavt innhold av næringssalter ved undersøkelsene i Nesosen i 2018, 2012 og 2015. Oksygeninnholdet i Nesosen ble i regi av Fjellvar undersøkt hyppig høsten 2017 og i 2018. Det var lave oksygenkonsentrasjoner, tilsvarende "dårlig" eller "svært dårlig" tilstand frem til sommeren 2018, da en fikk inn friskt vann med høyt oksygeninnhold (Brekke og Olsen 2018). Nesosen ble også undersøkt i 2015, og da var det lavt innhold av oksygen i bunnvannet.

Både Nesosen og Møvikaosen er oser som ligger innenfor terskler som hindrer kontinuerlig utskifting av bunnvannet. Dette er årsaken til periodevis lave oksygenkonsentrasjoner ved bunnen.

## Sedimentkvalitet og bunndyr

I perioden 2017-2020 ble sedimentkvalitet og bunndyr undersøkt en gang på de samme stasjonene som for vannkvalitet i Nesosen og Møvikaosen.

I 2018 lå miljøtilstanden basert på bunndyr i Nesosen (Nesos1) innenfor tilstandsklasse "moderat", og innholdet av organisk materiale i sedimentet var høyt (**tabell 17**). Stasjoner er tidligere kun undersøkt i 2015 (Kvalø mfl. 2016) og lå da innenfor "moderat" tilstand. Artsmangfoldet på stasjonen har økt noe, med en tredobling i individtettheten sammenlignet med 2015. Nesosen er en svært beskyttet resipient, som gjennomgår perioder med lave oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet (se kapittel vannkvalitet). Bunnfaunaen som finnes på stasjon Nesos1, som ligger på det dypeste i resipienten, er åpenbart tilpasset slike forhold. Det er imidlertid påfallende at artssammensetningen av de hyppigst forekommende artene på stasjonen var svært forskjellig i 2015 sammenlignet med 2018. Det er mulig at (nesten) all bunnfauna har dødd på grunn av oksygensvikt eller andre faktorer og at artene som ble observert i 2018 har etablert seg i området relativt nylig.

**Tabell 17.** Sammenligning av antall på arter (S), individer (N), individer per m<sup>2</sup> og nEQR-verdier for grabbgjennomsnitt (nEQR  $\bar{G}$ ) på stasjoner i område 7 i 2012-2018. Antall arter og individer er gitt samlet for stasjonen.

Stasjon	År	Areal (m <sup>2</sup> )	S	N	N/m <sup>2</sup>	nEQR $\bar{G}$
Nesos1	2015	0,5	9	24	48	0,29 (IV)
	2018	0,4	12	59	148	0,45 (III)
Møv1	2015	0,5	48	1247	2494	0,56 (III)
	2018	0,4	63	1872	4680	0,62 (II)
Møv2	2012*	0,5	4	782	1564	0,28 (IV)
	2015	0,5	15	291	582	0,39 (IV)
	2018	0,4	46	641	1603	0,57 (III)

\*Indekser beregnet på nytt etter veileder 02:2018 basert på rådata fra SAM-Marin.

nEQR genseverdier	I – svært god 1,0 - 0,8	II – god 0,8 – 0,6	III – moderat 0,6 – 0,4	IV – dårlig 0,4 – 0,2	V – svært dårlig 0,2 – 0,0
----------------------	----------------------------	-----------------------	----------------------------	--------------------------	-------------------------------

Miljøtilstanden basert på bunndyr på stasjon Møv1 var "god" i 2018, mens stasjon Møv2 viste "moderat" tilstand. Utslippspunktet fra Møvik renseanlegg ble i 2013 lagt fra området hvor stasjon Møv2 ligger til området hvor Møv1 ble plassert i 2015. På stasjon Møv1 hadde både artsamangfoldet og antallet på individer økt i 2018 sammenlignet med undersøkelsen i 2015, noe som medførte en forbedring fra tilstandsklasse "moderat" til "god". Muligens hang det økte antallet av arter og individer sammen med



at den lokale faunaen i starten etter etablering av avløpet ble forstyrret på grunn av utslippene. Fem år etter tiltaket i 2013 var det etablert et nytt faunasamfunnet med tolerante arter som opparbeider tilførsler og har skapt et miljø som er også er akseptabelt for mer sensitive arter. Den tydeligste forbedringen ble observert på stasjon Møv2, hvor den første undersøkelsen ble gjennomført i 2012. Da var det en svært forurensingstolerant art som var meget dominant og det var kun individer av tre andre arter i prøvene. I 2015, etter at avløpet var flyttet, var individtettheten mye lavere fordi den tidligere dominante arten var nesten borte, og det var flere arter. I 2018 hadde mangfoldet økt videre, i tillegg til at individtettheten viste en tydelig økning. Observasjonene fra 2018 bekrefter at flyttingen av avløpet har redusert mengden av organiske tilførsler på stasjonen og bidratt til tydelig forbedret miljøtilstand.



og ulike stasjoner i området er undersøkt i perioden 2017-2020, derav tre resipientstasjoner og flere stasjoner som ligger nær utslipp fra kommunale eller private avløpsanlegg.

## VATLESTRAUMEN, HJELTEFJORDEN SØR OG HAUGLANDSØSEN SOM RESIPIENTER FOR UTSLIPP

### Vannkvalitet

På en resipientstasjon i Hauglandsosen (Ha10) ble innholdet av næringssalter, klorofyll og hydrografi undersøkt i 2017 og 2018, med mest hyppige målinger i 2017, mens en resipientstasjon Hå1 i Vatilestraumen ble undersøkt i 2017. Generelt var det lavt innhold av næringssalter ved undersøkelsene, men det var noe høyt innhold av total fosfor og nitritt ved Hauglandsosen i juni 2017. Stasjonen i Hauglandsosen har ikke vært hyppig undersøkt, med målinger kun i 2013 og 2015 og også da var næringssaltinnholdet lavt. Stasjonen i Vatilestraumen ble første gang undersøkt i 2017. Innholdet av oksygen lå innenfor beste tilstandsklasse ved alle undersøkelser i perioden 2013 -2018.

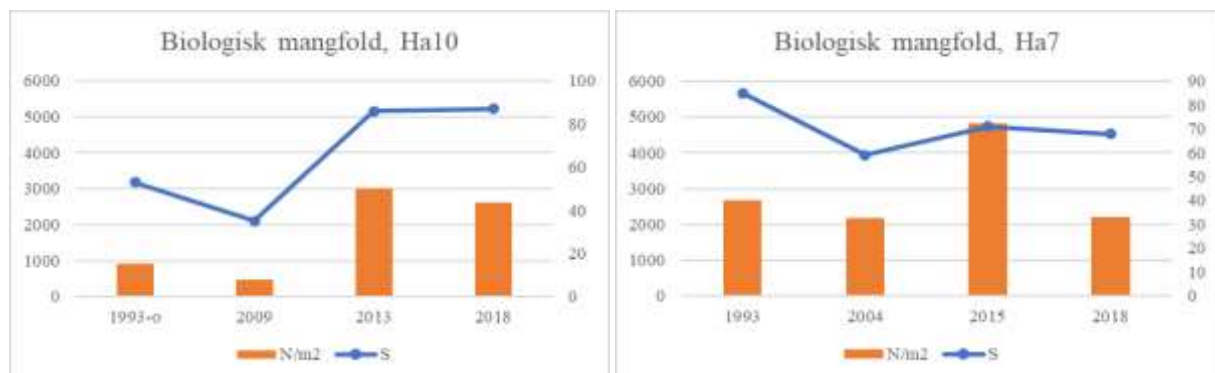
### Fjæresone

Fjærestasjonene Våg8L og Våg8LS i Hjeltefjorden sør viste "god" økologisk miljøtilstand i 2018, var relativt like hverandre og bar lite preg av påvirkning fra organiske tilførsler. På stasjon Våg8LS ble det også i 2012 utført en semikvantitativ fjæresoneundersøkelse, men på grunn av endringer i metodikken er resultatene ikke direkte sammenlignbare. Det synes at tilstanden har vært nokså lik i 2012 og 2018.

### Sedimentkvalitet og bunndyr

Tre resipientstasjoner ble undersøkt i område 8 en gang i perioden 2017-2020 (**tabell 18**) og miljøtilstanden basert på bunndyr lå innenfor "god" eller "svært god" tilstand.

Bunndyrsamfunnet på stasjon Hje11 på dyp sjøbunn sør i Hjeltefjorden, som var en ny stasjon i 2020, var upåvirket av organisk forurensing, og miljøtilstanden lå innenfor tilstandsklasse "svært god". Stasjon Ha10, som ligger relativt sentralt i Hauglandsosen, viste "god" til "svært god" tilstand i 2018. Totalt sett fremstod tilstanden ved Ha10 litt forbedret sammenlignet med i 2013. Både antall arter og individer har økt markant sammenlignet med 1993. I 2009 var det imidlertid påfallende færre arter og individer i prøvene enn i 1993 og i senere år (**figur 23**). Stasjon St.61, som ligger sentralt i Vatilestraumen, lå innenfor "svært god" tilstand og store deler av prøvene besto av levende og døde skjell. Stasjonen ligger på strømrisk sjøbunn, og bunndyrsamfunnet er dominert av filtrerende arter, som muslinger og kalkkrørmark. Det vil være naturlig begrenset sedimentering av organisk materiale i dette området. Også ved en tidligere undersøkelse i 2012 har miljøtilstanden på stasjonen vært "svært god".



**Figur 23.** Samlet antall på bunndyr per kvadratmeter (N/m<sup>2</sup>; oransje stolper) og antall på arter av bunndyr (S; blå linje med punkt) på stasjon Ha10 og Ha7 i Hauglandsosen og Ha7 i 1993-2018.

**Tabell 18.** Sammenligning av antall på arter (S), individer (N), individer per m<sup>2</sup>, Shannon-indeks (H') og nEQR-verdier for grabbgjennomsnitt (nEQR  $\bar{G}$ ) på stasjoner i område 8 i 1993-2020. Antall arter og individer er gitt samlet for stasjonen. For årene 1993-2009 foreligger det ingen nEQR-beregninger og derfor er mangfoldsindeksen etter Shannon (H') for grabbgjennomsnittet inkludert i tabellen.

Stasjon	År	Areal (m <sup>2</sup> )	S	N	N/m <sup>2</sup>	H'	nEQR $\bar{G}$
Hje11	2018	0,4	80	971	2428	4,22	0,74 (II)
Ha10	1993-o	1	53	904	904	4,06	
	2009	0,4	35	184	460	4,46	
	2013*	0,5	86	1497	2994	4,53	0,74 (II)
	2018	0,4	87	1043	2608	4,80	0,79 (II)
St.61	2012*	0,5	149	6578	13156	3,03	0,85 (I)
	2018	0,1	97	1209	12090	4,07	0,87 (I)
God1	2018	0,4	104	1031	2578	3,92	0,80 (II)
Strus2	2013*	0,5	106	1174	2348	5,04	0,83 (I)
	2018	0,4	115	1155	2888	4,51	0,77 (II)
Hå1	2017	0,4	70	416	1040	4,47	0,79 (II)
Drot1	2017	0,4	118	1319	3298	4,66	0,82 (I)
Ha7	1993	0,6	85	1609	2682	4,85	
	2004	0,5	59	1087	2174	4,49	
	2015	0,5	71	2405	4810	3,98	0,68 (II)
	2018	0,4	68	882	2205	4,31	0,72 (II)
Haug2	2009	0,4	3416	64	160	4,18	
	2018	0,4	63	855	2138	4,35	0,65 (II)
Ju2b	2015	0,5	85	1338	2676	4,36	0,72 (II)
	2020	0,4	91	1225	3063	4,46	0,86 (I)
Hetle1	2009	0,4	81	2550	6375	4,36	
	2019	0,4	92	1420	3550	4,02	0,78 (II)
Ebb	2012*	0,5	52	1180	2360	3,62	0,67 (II)
	2018	0,4	60	2135	5338	3,45	0,65 (II)
Koll6	2012*	0,5	7	115	230	0,26	0,14 (V)
	2018	0,4	3	6	15	0,45	0,35 (IV)
Ågot1	2015	0,5	101	1251	2502	4,62	0,77 (II)
	2018	0,4	90	1387	3468	4,36	0,79 (II)
Våg8	2012*	0,5	113	2274	4548	3,03	0,77 (II)
	2018	0,4	140	1584	3960	5,04	0,84 (I)

\*Indekser beregnet på nytt etter veileder 02:2018 basert på rådata fra SAM-Marin.

nEQR grenseverdier	I – svært god 1,0 - 0,8	II – god 0,8 – 0,6	III – moderat 0,6 – 0,4	IV – dårlig 0,4 – 0,2	V – svært dårlig 0,2 – 0,0
--------------------	----------------------------	-----------------------	----------------------------	--------------------------	-------------------------------

## MINDRE RESIPIENTER OG AVLØPSRENSEANLEGG

### Vannkvalitet

Vannkvaliteten ble undersøkt ved ni stasjoner som lå i nærheten av renseanlegg i Hauglandsosen, sør i Hjeltefjorden, Kolltveitosen og Ebbesvika i 2017 og 2018. Det var generelt lavt innhold av næringssalter og klorofyll ved undersøkelsene, men det var noe høyt innhold av total fosfor og nitritt i juni og juli 2017. Dette samsvarer med det som ble observert i 2011-2016. Oksygeninnholdet lå innenfor beste tilstandsklasse på alle stasjonene foruten ved Kolltveit, der oksygeninnholdet lå innenfor "svært dårlig" og "moderat" tilstand i henholdsvis april og oktober 2018. Denne stasjonen ligger i et basseng med grunne terskler ut mot Hjeltefjorden og oksygenforholdene i bunnvannet vil variere naturlig.



## Sedimentkvalitet og bunndyr

Tolv stasjoner utenfor mindre avløpsanlegg ble undersøkt i område 8 og resultatene viste til gode forhold og ingen tegn til negativ påvirkning på bunndyr, med unntak av Kolltveitosen, som er en innestengt resipient med grunne terskler (**tabell 18**). Stasjoner ble prøvetatt en gang for perioden 2017-2020.

2017 var første året for prøvetaking av sediment og bunndyr på stasjon Hå1 ved Håkonshella sør i Vatilestraumen og Drot1 ved Drotningvik nord i Vatilestraumen i Bergen kommune. Begge to stasjonene har variert bunn med en relativt høy andel skjellsand og grus/småstein i sedimentet, samt en del store skjellrester. Dette gjenspeiles i faunaen, som består av arter som er karakteristisk for blandingsbunn. Det var ingen indikasjon på akkumulering av større mengder partikulært organisk materiale på stasjonene, noe som kan ses i sammenheng med relativt høy strømhastighet ved bunnen.

Miljøtilstanden basert på bunndyr på stasjon God1 i Godvik i Bergen kommune og Strus2 ved Strusshamn i Askøy kommune, i hver sin vik i overgangen mellom Byfjorden og Vatilestraumen, var "god", og stasjonene fremstod i 2018 som ikke påvirket av organiske utslipp. Strus2 ble også undersøkt i 2013 og klassifisert innenfor "svært god" tilstand (Kvalø mfl. 2014), og i 2018 lå stasjonen nær grensen til "svært god" tilstand.

Tilstanden for bunndyr på stasjon Ha7 ved Hanøytangen, Haug2 ved Hauglandshella og Ju2b ved Horsøy renseanlegg, som er overvåkingsstasjoner for utslipp til Hauglandsosen i Askøy kommune, var "god" i 2018. Bunndyrsamfunnet på stasjon Haug2 var likevel preget av forurensingstolerante, partikkelspisende arter. Disse artene var ikke særlig individrike ved prøvetakingstidspunktet, men faunastrukturen viser at det sannsynligvis i perioder har vært lokale tilførsler av organiske partikler i relativt høy konsentrasjon. Også tidligere undersøkelser har vist gode forhold for bunndyr på de tre stasjonene. Sedimentet på stasjon Hetle1 ved Hetlevik bestod hovedsakelig av skjellsand med lite organisk materiale, og resultatene fra bunndyranalyser i 2019 viste at stasjonen ikke var negativt påvirket av organiske tilførsler. Det var ingen store endringer i bunndyrtilstanden sammenlignet med en tidligere undersøkelse i 2009 (Johnsen m.fl. 2009).

I Ebbesvika, mellom Litle Sotra og Sotra i Øygarden kommune, var det "god" tilstand for bunndyrsamfunnet på stasjon Ebb i 2018, men tydelig dominans av partikkelspisende arter. Artsmangfoldet var noe høyere i 2018 enn i 2012 (Kvalø mfl. 2013), mens antallet av individer var nesten dobbelt så høyt i 2018 som i 2012. Stasjon Koll6 i Kolltveitosen, som er skilt fra Ebbesvika ved en grunn terskel, hadde imidlertid nesten ingen levende bunnfauna, noe som må ses i sammenheng med oksygensvikt i bunnvannet. Ved en tidligere undersøkelse i 2012 (Kvalø mfl. 2013) var det litt flere bunndyr på stasjonen, men også svært få arter. Sedimentet på det dypeste i Kolltveitosen inneholder mye organisk materiale, noe som betyr at organiske tilførsler ikke blir opparbeidet. Resipienten bør anses som sårbar når det kommer til utslipp fra avløpsanlegg.

Tilstanden for bunndyr på Stasjon Ågot1 ved Ågotnes i Øygarden kommune lå innenfor tilstandsklasse "god" i 2018, tilsvarende som i 2015, men med noe lavere arts- og individtall i 2018 enn i 2015. På stasjon Våg8 i Austevågen ble det imidlertid registrert en betydelig økning av arts mangfoldet fra 2012 til 2018, med en forbedring fra "god" til "svært god" tilstand.

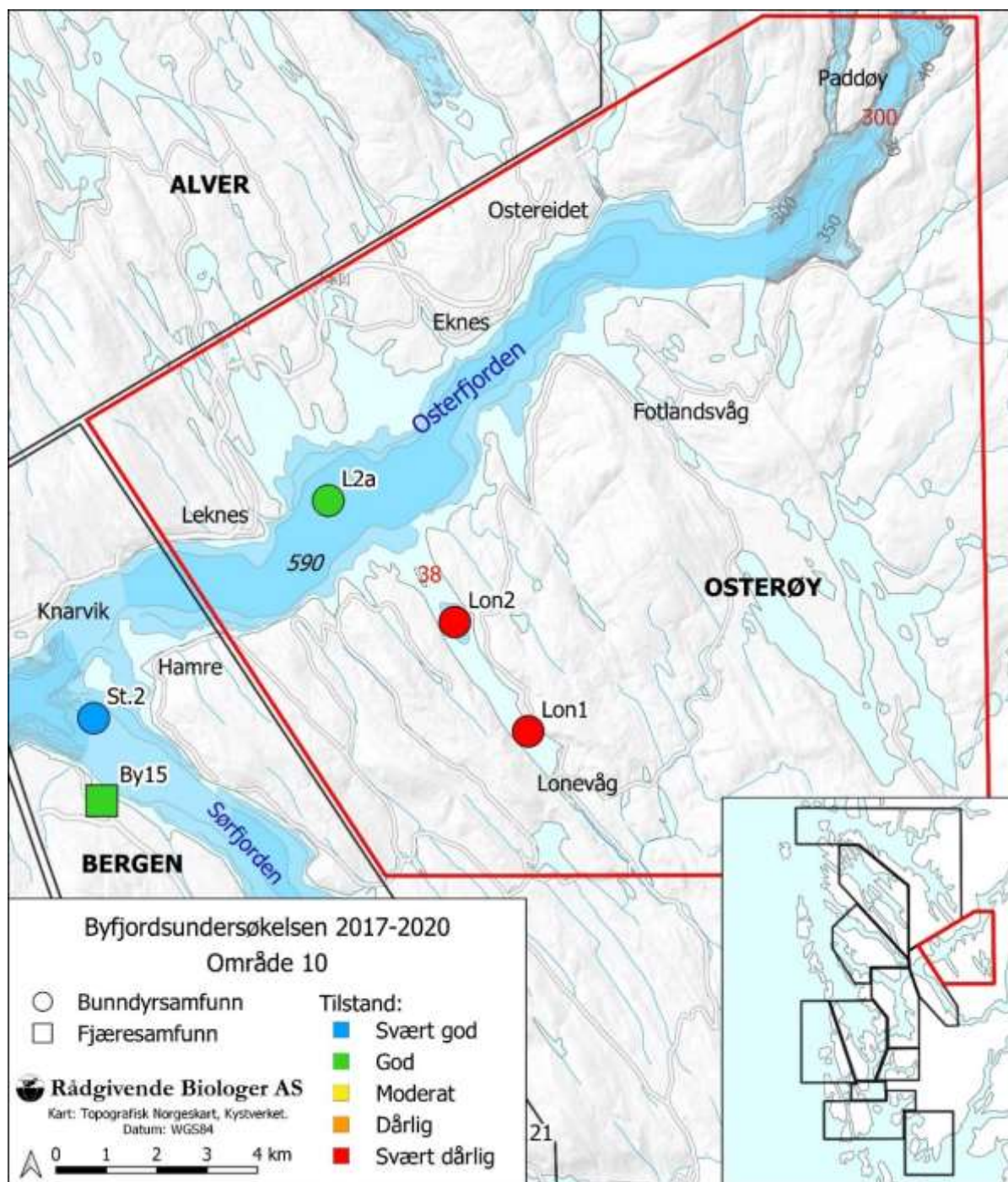
Sedimentet på stasjon Hetle1 bestod hovedsakelig av skjellsand og var i liten grad påvirket av organisk materiale, og bunndyrsanalysene i 2019 bekreftet at stasjonen ikke var negativt påvirket av organiske tilførsler, siden faunasamfunnet var artsrikt og inneholdt mange sensitive arter. I forhold til tidligere undersøkelse i 2009 (Johnsen mfl. 2009), var arts mangfoldet høyere og individantallet markant lavere i 2019. Dette indikerer mindre organiske tilførsler i den senere tid.

## Miljøgift i sediment

Miljøgifter ble undersøkt på en stasjon utenfor Ågotnes (Hje11) og en stasjon utenfor sørvestspissen av Askøy (Waa6). Det var betydelig høyere innhold av miljøgifter på stasjonen sørvest for Askøy, enn ved Ågotnes, og begge stasjoner hadde konsentrasjoner av PAH-forbindelser og  $\sum$  PCB 7 som var for høye til at resipienten kan oppnå sine miljømål om god kjemisk tilstand.

## OMRÅDE 10 – OSTERFJORDEN

Område 10 omfatter Osterfjorden med sidearmer fra Askjelneset-Paddøy i nordøst til Nordhordlandsbroen mellom Flatøy og Hordvikneset i sørvest (**figur 24**). Osterfjorden er relativt åpen og er over 400 m dyp i sentrale deler av fjorden, og i den sørlige delen av fjorden ved Flatøy, der fjorden er på sitt dypeste, er den opp mot 550 m dyp. Avrenning fra Stølsheimen, Modalen- og Vossevassdragsområdet havner i Osterfjorden og fjorden er regnet som ferskvannspåvirket. Det er mindre avløpsrenseanlegg både på nordsiden og sørsiden av Osterfjorden. Det er også oppdrettsanlegg i område 10, med en samlet tillatt biomasse på 7 020 tonn. Sedimentprøver fra tre stasjoner i område 10 ble undersøkt i 2020.



**Figur 24.** Oversikt over stasjoner for undersøkelse av bunndyrsamfunn og fjæresamfunn i område 10.

## Sedimentkvalitet og bunndyr

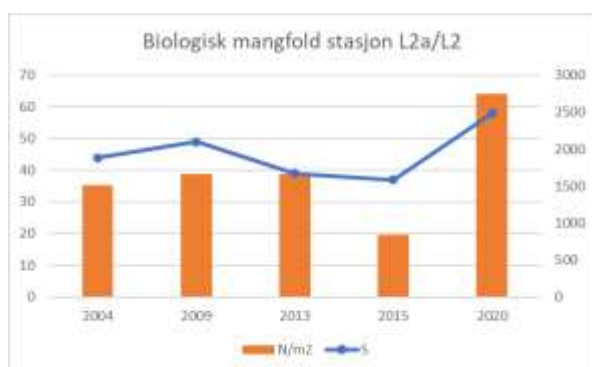
Stasjon L2a ligger på rundt 575 m dyp i Osterfjorden utenfor Lonevågen. Stasjonen ligger ikke langt fra den tidligere etablerte stasjonen L2 og resultater fra de to stasjonene er derfor sammenlignbare (**tabell 19**). Sedimentet på stasjonene er finkornet og bløtbunnsfaunen viste "god" tilstand i årene 2013, 2015 og 2020. I 2004 og 2009 var arts- og individantallet litt høyere enn i 2013 og 2015, og tallene var høyest i 2020. Variasjonene i arts- og individantall viser ingen ensrettet trend (**figur 25**), og er sannsynligvis avhengig av naturlige fluktuasjoner i næringstilgangen for bunndyr i forkant av prøvetakingen.

**Tabell 19.** Sammenligning av antall på arter (*S*), individer (*N*), individer per m<sup>2</sup>, Shannon-indeks (*H'*) og nEQR-verdier for grabbgjennomsnitt (nEQR  $\bar{G}$ ) på stasjon L2/L2a i område 10 i 2004-2020. Antall arter og individer er gitt samlet for stasjonen. For årene 2004 og 2009 foreligger det ingen nEQR-beregninger.

Stasjon	År	Areal (m <sup>2</sup> )	S	N	N/m <sup>2</sup>	H'	nEQR $\bar{G}$
L2	2004	0,5	44	755	1510	3,08	
L2	2009	0,5	49	831	1662	3,81	
L2a	2013*	0,5	39	570	1662	2,7	0,68 (II)
L2	2015	0,4	37	335	838	3,23	0,73 (II)
L2a	2020	0,4	58	1099	2748	3,25	0,76 (II)

\*Indekser beregnet på nytt etter veileder 02:2018 basert på rådata fra SAM-Marin.

nEQR grenseverdier	I – svært god 1,0 - 0,8	II – god 0,8 – 0,6	III – moderat 0,6 – 0,4	IV – dårlig 0,4 – 0,2	V – svært dårlig 0,2 – 0,0
--------------------	----------------------------	-----------------------	----------------------------	--------------------------	-------------------------------



**Figur 25.** Samlet antall på bunndyr per kvadratmeter (N/m<sup>2</sup>; oransje stolper) og antall på arter av bunndyr (*S*; blå linje med punkt) på stasjon L2/L2a i område 10 i 2004-2020.

På stasjon Lon1 og Lon2 i Lonevågen var det finkornet, svart sediment med lavt oksygeninnhold, og det var ingen levende bunndyr i prøvene. Sedimentet inneholdt mye organisk materiale, som er vanlig i områder hvor bunndyrene ikke klarer å nedbryte plantemateriale og andre organiske tilførsler som havner på sjøbunnen. Det er sannsynlig at lave oksygenkonsentrasjonen i bunnvannet i Lonevågen var årsaken til at det ikke var bunndyr på stasjonene, men det ble ikke utført oksygenmålinger. På Lon1 var det ingen bunndyr i 1990 og 1991, mens det på Lon2 ikke var noen bunndyr i 1990 og noen få i 1991. At en fant døde skjell og tomme rør fra flerbørstemark tyder at det tidligere har vært perioder med bedre leveforhold for bunndyr på det dypeste i Lonevågen. Vågen har en grunn og smal terskel, slik at utskifting av bunnvannet kan være redusert eller stoppet i lengre perioder. Etter en utskifting kan noen hardføre arter av bunndyr etablere seg på nytt, men de blir utryddet igjen når oksygenivået reduseres for mye. En slik dynamikk er naturlig, men en slik våg vil være lite egnet som resipient for organiske tilførsler fra avløp.

## Miljøgift i sediment

Innholdet av miljøgifter ble undersøkt i 2020 på stasjon Lon1 og Lon2 i Lonevågen og stasjon L2a i Osterfjorden. De to stasjonene i Lonevågen hadde høyt innhold av krom, og flere andre tungmetaller, inkludert kvikksølv og bly på Lon2 og i tillegg flere PAH-forbindelser,  $\Sigma$ PCB 7 og tributyltinn. Begge stasjonene hadde konsentrasjoner av flere miljøgifter som er for høye til at resipienten vil oppnå miljømål om god kjemisk tilstand, men nivåene var klart høyest på stasjon Lon2. På denne stasjonen har innholdet av krom og sink blitt undersøkt tidligere (**tabell 20**). Innholdet av krom var svært mye høyere ved undersøkelsen i 2020 enn tidligere, mens sinkinnholdet var relativt likt ved de tre undersøkelsene. I Lonevågen har det tidligere vært ulik industri, deriblant garveri. Garveridrift er en kjent kilde til blant annet krom.

**Tabell 20.** Oversikt over utvalgte miljøgifter i sedimentet på Lon2 i Lonevågen. Blå = "bakgrunn", grønn = "god", gul = "moderat", oransje = "dårlig" og rød = "svært dårlig".

	Enhet	Lon2		
		1986	1986	2020
Sink	mg/kg	245	214	190
Krom	mg/kg	325	228	1100

Stasjonen L2a i Osterfjorden hadde for høyt innhold av nikkel og sink, flere PAH-forbindelser og  $\Sigma$ PCB7 som er for høye til at miljømål for resipienten skal bli oppnådd. L2 har blitt undersøkt tidligere, og det er ikke tydelige trender i utviklingen, men det ser ut til å ha vært en liten økning i sink og  $\Sigma$ PCB7 fra 2004 og 2020, mens  $\Sigma$ PAH16 var betraktelig høyere i 2015 og 2020 enn ved tidligere granskinger (**tabell 21**).

**Tabell 21.** Oversikt over utvalgte miljøgifter i sedimentet på L2a i Osterfjorden. Blå = "bakgrunn", grønn = "god", gul = "moderat", oransje = "dårlig" og rød = "svært dårlig".

	Enhet	L2			L2a 2020
		2004	2009	2015	
Sink	mg/kg	147	94	170	190
$\Sigma$ PAH16	$\mu$ g/kg	990	980	1970	1390
$\Sigma$ PCB 7	$\mu$ g/kg	8	<4	11	14

## OPPSUMMERING

Perioden 2017-2020 viste at det er generelt gode miljøforhold tilsvarende "god" og "svært god" økologisk tilstand i de store fjordsystemene rundt Bergen i forhold til vannkvalitet, sedimentkvalitet og bunndyr, samt fjæresamfunn. Små resipienter som er adskilt fra de større fjordområdene ved grunne terskler har mindre gode forhold for bunnfauna, fordi det i perioder er lite utskiftning av bunnvann, og dermed naturlig dårlige oksygenforhold. Dette er resipienter som ikke er egnet for mottak av organiske tilførsler. Miljøforholdene utenfor de største utslippene i Byfjorden er preget av store organiske tilførsler, men hvor det er dokumentert i flere tilfeller bedre miljøforhold etter oppgraderinger av renseanlegg eller flytting av utslipp til mer egnede områder av resipienter. Flere av stasjonene har blitt undersøkt flere ganger tidligere, og for de fleste av resipientstasjonene er det ingen tydelige tegn på en negativ utvikling, men det er tegn på at det er generelt mer tilførsler av næring til fjordsystemene, da det har skjedd en generell økning i artsmangfoldet, men også i forekomster av opportunistiske arter med relativt høye individtall. Innholdet av miljøgifter i fjordsystemene er for noen organiske forbindelser generelt for høye, som medfører at en ikke oppnår miljømål om god kjemisk tilstand i vannforekomstene.



## REFERANSER

- Brekke, E. & B. R. Olsen 2019. Nesosen i Fjell kommune. Tilstandsvurdering 2018. Rådgivende Biologer AS, rapport 2827, 21 sider + vedlegg, ISBN 978-82-8308-589-1
- Botnen, H., Tvedten, Ø., Grahl-Nielsen, O., Johannessen, P. 1995. Marinbiologisk undersøkelse ved Hanøytangen, Askøy kommune. IFM-Rapport nr. 6-1995. Universitetet i Bergen. 112 sider.
- Direktoratgruppen Vanddirektivet 2018. Veileder 02:2018 - Klassifisering av miljøtilstand i vann. 220 sider.
- Johansen, P.-O., T. E. Isaksen, E. Bye-Ingebrigtsen, M. Haave, T.G. Dahlgren, S. E. Kvalø, M. Green, D. Durand, H.T. Rapp 2018. Temporal changes in benthic macrofauna on the west coast of Norway resulting from human activities. Marine Pollution Bulletin 128: 483-495.
- Johnsen T.M., K.L. Daae, E. Heggøy, P.-O. Johansen, A. Pedersen 2009. Undersøkelse av resipienter i Askøy kommune 2009. NIVA rapport 5936-2010. 150 sider.
- Miljødirektoratet 2016. M-608:2016 Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota – revidert 30.10.2020. 13 sider.
- Todt, C. & B. Tveranger 2016. Resipientundersøkelse i Osterfjorden utenfor Mjelstad avfallsdeponi i Osterøy kommune 2015. Rådgivende Biologer AS, rapport 2184, 54 sider, ISBN 978-82-8308-258-6.
- Rapporter fra "Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen" hvor resultater er brukt i foreliggende rapport:**
- Heggøy, E., Johansen, P.-O., Vassenden, G., Botnen, H., & Johannessen, P. 2005. "Byfjordsundersøkelsen" – overvåking av fjordene rundt Bergen. VestBio, rapp.nr.6, 2005. 194 sider.
- Kvalø, S. E., R. Torvanger, K. S. Hatlen & P. Johannessen. 2013. "Byfjordundersøkelsen" - Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2011-2015. Årsrapport 2012. SAM e-Rapport nr 7-2013. 372 sider.
- Kvalø, S. E., M. Haave, R. Torvanger, Ø. Alme & P. Johannessen. 2014. "Byfjordundersøkelsen" - Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2011-2015. Årsrapport 2013. SAM e-Rapport nr 27-2014. 414 sider.
- Kvalø, S. E., R. Torvanger, M. Haave, S. Hadler-Jacobsen, T. Lode, P. Johannessen, Ø. Alme. 2015. Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2011-2015. Årsrapport 2014. SAM e-Rapport 4-2015. 405 sider.
- Kvalø, S. E., R. Torvanger, S. Hadler-Jacobsen, Ø. Alme, E. Bye-Ingebrigtsen & P. Johannessen. 2016. Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2011-2015. Årsrapport 2015. SAM e-Rapport 3-2016. 234 sider (pluss vedlegg).
- Kvalø, S. E., R. Torvanger, Ø. Alme, E. Bye-Ingebrigtsen & P. Johannessen. 2017. Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2011-2015. Årsrapport 2016. SAM e-Rapport 1-2017. 106 sider
- Todt C., B. Rydland Olsen, J. Tverberg, I. Økland & M. Eilertsen 2018. Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2017-2020 - Årsrapport 2017. Rådgivende Biologer AS, rapport 2646, 176 sider, ISBN 978-82-8308-493-1.
- Todt C., B. Rydland Olsen, J. Tverberg, I. Økland & M. Eilertsen 2019. Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2017-2020 - Årsrapport 2018. Rådgivende Biologer AS, rapport 2828, 162 sider, ISBN 978-82-8308-590-7.
- Todt C., B. R. Olsen, H.E. Haugsøen, J. Tverberg, I. Økland & M. Eilertsen 2020. Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2017-2020 - Årsrapport 2019. Rådgivende Biologer AS, rapport 3110, 178 sider + vedlegg, ISBN 978-82-8308-716-1.