

Cilie Trøim Kristiansen

Makroalger som kvalitetselement i klassifisering av miljøtilstand i kystvann iht. Vannforskriften

Endringer i artssammensetning og samfunnsstruktur av makroalger i fjordgradienten inn Frierfjorden.



Foto: Siri Moy

Universitetet i Sørøst-Norge
Fakultet for teknologi, naturvitenskap og maritime fag
Institutt for natur, helse og miljø
Postboks 235
3603 Kongsberg

<http://www.usn.no>

© 2020 Cilie Trøim Kristiansen

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

Sammendrag

Denne oppgaven har en overordnet problemstilling om hvordan et makroalgесamfunn endrer seg i fjordgradienten inn Frierfjorden langs Telemarkkysten i Skagerrak. Samt en underordnet problemstilling om hvordan denne kunnskapen kan brukes i arbeidet med å videreutvikle indeks for klassifisering av makroalger i fjæra i ferskvannspåvirkede fjordområder.

Det ble registrert artssammensetning og diversitet av makroalger i strandsonen på totalt fire stasjoner, to i Frierfjorden og to i Langesundsfjorden 17.09.2019, ved å snorkle langs et 10 meter oppmålt strekke for hver stasjon. Dette ble utført, i henhold til fjæresoneundersøkelse NSEN ISO 19493 beskrevet i Direktoratgruppen Vanndirektivet 2018: *Klassifisering*. Alle artene som ble observert i 2019 ble artsbestemt i felt eller på laboratoriet for natur-, helse og miljøvern (INHM) ved Universitetet i Sørøst- Norge, avdeling Bø.

Resultatene fra undersøkelsene utført i 2019, har blitt brukt sammen med tidligere strandoneundersøkelser utført i området i tidsperioden 2010-2019, for å se setter endringer og kartlegge artssammensetningen langs fjordgradienten. Artssammensetningen og endringer innover fjordgradienten har blitt vurdert med hensyn til underliggende miljøpåvirkninger, utført med ordinasjonsanalyser.

Resultatene viste to floristiske gradienter, med en betydelig utskiftning av arter innover fjordgradienten, der viktigste faktor for endring i artssamfunnet trolig er endringen i salinitetsnivået og næringskonsentrasjoner. De to floristiske gradientene har en betydelig utskiftning av arter hvor det er et tydelig skille mellom de to vannforekomstene. Frierfjorden var relativt artsfattig med hurtigvoksende grønnalger som dominerende gruppe, mens Langesundsfjorden hadde en betydelig større artsdiversitet og forekomst av arter, der brunalgene dominerte.

Da det ikke eksisterer en godkjent fjæreindeks for makroalger i Økoregion Skagerrak, ble klassifisering av den økologiske tilstanden utført ved bruk av fjæreindeks for makroalger, RSL 4 og 5 beskrevet av Direktoratgruppen vanndirektivet 2018: *Klassifisering*. Resultatene fra 2019 for de to vannforekomstene (Frierfjorden og Langesundsfjorden) resulterte i moderat økologisk tilstand i Langesundsfjorden, og samsvarer med den økologiske tilstanden fjorden er klassifisert som i Vann-Nett. Artsdiversiteten i Frierfjorden var for liten for å beregne økologisk tilstand av makroalger i fjæresonen.

Abstract

This thesis will focus on changes of an macroalgae society through the coastal gradient of Frierfjorden, Skagerrak. With the aim to acquire knowledge associated with the society and diversity of macroalgae in areas that are affected by freshwater, and how this knowledge can be used in further development of the shoreline index of macroalgae in such areas.

Species composition and diversity of macroalgae has been registered along the shoreline, 17.09.2019 at two stations in Frierfjorden, and two stations in Langesundsfjorden. All species observed along a 10-meter stretch at each station by snorkling, was registered according to the Norwegian shoreline index for examination of macroalgae NSEN ISO 19493, described by the Norwegian Water Framework Directive 2018 (WFD). Species identification was conducted of all observed species in 2019, either in the field or at the laboratory for natural science (INHM) at the University of Southeast Norway in Bø.

The results from the examinations in 2019 have been used, combined with previous examinations from this area (2010-2019), to investigate changes in society and species composition along the coastal gradient. This was evaluated with underlying environmental factors using multivariate statistical methods. The results displayed two floral gradients, with a replacement of species composition further in the coastal gradient. The difference in species composition along the coastal gradient suggest that the variation in level of salinity and concentrations of nutrients may be of great importance. The two floral gradients differed from each other by a clear distinction amidst the two water bodies.

Frierfjorden showed a relatively low diversity of species, with a dominant occurrence of rapidly growing green algae, whereas Langesundsfjorden consisted of a significantly higher diversity and occurrence of species, where brown algae dominated.

A shoreline index for macroalgae does not exist in an approved form for ecoregion Skagerrak, so the method for classification of the ecological state was done by using the shoreline index for macroalgae, RSL 4 and 5 described by WDF (2018).

The calculations of EQR and nEQR from 2019 for the two water bodies resulted in moderate ecological state in Langesundsfjorden, which corresponds with the ecological state of this water body stated in Vann-Nett. The low species diversity in Frierfjorden made it difficult to calculate EQR and nEQR for the ecological state of macroalgae along the shoreline.

Forord

Jeg ønsker å rette en stor takk til min veileder Synne Kleiven, som har hjulpet meg hele veien fra start til slutt med god faglig bistand og moralsk støtte, spesielt mot slutten. Ikke bare har jeg fått muligheten til å skrive denne oppgaven takket være ditt engasjement, men også kommet meg gjennom med et resultat jeg er stolt av.

En stor takk går også til Guri Sogn Andersen fra NIVA som har bidratt med utarbeidelse av problemstilling, ekstrahert datasett, utført kompliserte analyser og vist en enorm tålmodighet under veiledning og gjennomføring av det statistiske arbeidet.

Denne masteroppgaven hadde ikke vært mulig å gjennomføre uten det økonomiske bidraget fra Fylkesmannen i Vestfold og Telemark og Vannområdet Skien- Grenlandsfjordene. Jeg ønsker å rette en personlig takk som student, til dere som har gjort dette mulig.

Det mest spennende med denne oppgaven var feltarbeidet, som ikke hadde vært det samme uten god hjelp og støtte av Siri Moy fra NIVA, som også tok jobben som fotograf. Tusen takk for flotte dager, både i felt og på laboratoriet.

En hjertelig takk går til min familie, som har støttet meg gjennom hele studieperioden. Både med moralsk støtte, hundepass i litt stressende perioder og gledelige bidrag i økonomisk trange tider. Endelig ferdig!

Den største takken går til min samboer, medstudent og viktigste støttespiller, Charles. Du er med på å resultere en femårs utdanning med verdifulle minner. Jeg er evig takknemlig, og gleder meg til et nytt eventyr.

Ellers vil jeg takke alle ved Universitetet i Sørøst-Norge i Bø for fantastiske år og flotte minner.

Bø i Telemark 06.05.2020

Cilie Trøim Kristiansen

Innhold

1 Innledning	1
2 Metoder	4
2.1 Områdebeskrivelse.....	4
2.2 Stasjoner i Frierfjorden og Langesundsfjorden.....	5
2.3 Innsamling av makroalger i felt.....	6
2.4 Identifisering av makroalger på laboratoriet	8
2.4.1 Litteratur benyttet for artsbestemmelse	8
2.5 Analysemetoder	10
2.5.1 Datasett	11
3 Resultater.....	12
3.1 Alge og dyresamfunn	12
3.2 Analyser og statistikk.....	14
3.2.1 Ordinasjonsanalyser- DCA og NMDS.....	14
3.2.2 Procrustes-test for sammenligning av ordinasjoner	15
3.2.3 Korrelasjonsanalyse (Kendall`s Tau).....	15
3.2.4 Anova	16
3.3 Sammensetning av arter og miljøforhold i fjordgradienten	17
3.4 Artssammensetning langs fjordgradienten.....	20
3.5 Artssamfunnet- og strukturens endring over tid.....	21
3.5.1 Stasjon HB3- Arøy.....	21
3.5.2 Stasjon HB4- Risøyodden	24
3.5.3 Stasjon A9b- Øya	26
3.5.4 Stasjon A9c- Blokkhustangen.....	28
3.5.5 Stasjon A13- Steinholmene.....	30
3.5.6 Stasjon A15- Saltbua	31

3.5.7 Stasjon A17- Balsøy	33
3.6 EQR (Ecological Quality Ratio) og nEQR-verdi (normalized Ecological Quality Ratio)	34
4 Diskusjon	37
4.1 Artssammensetningen av makroalger innover fjordgradienten	37
4.2 Salinitet og næringssaltkonsentrasjoner.....	38
4.3 Eksponering, helning og sonering	40
4.4 Sammenligning med resultat fra tidligere undersøkelser.....	42
4.5 Klassifisering av Makroalger	43
5 Konklusjon.....	45
6 Litteraturliste	46
Vedlegg.....	51

1 Innledning

Med om lag 24 000 km total lengde langs fastland og inn og ut av fjorder, er den norske kystlinjen verdens nest lengste. Forholdene langs kysten varierer mye fra nord til sør, og de dype fjordene skiller seg også ut fra det livet som befinner seg utenfor de ytre skjærområdene. Forskjellene handler både om hvilke arter som trives hvor, fysiske forskjeller, samt påvirkninger fra mennesker og næringsliv (Havforskningsinstituttet a). Vannforvaltning i Norge utføres i henhold til Vannforskriften som gjennomfører EUs vanndirektiv i norsk rett (Lovdata a). Hovedmålet er å gi rammer for fastsettelse av miljømål som sikrer en helhetlig beskyttelse og bærekraftig bruk av vannforekomster (Pedersen, 2013). EUs vanndirektiv ønsker at forvaltning av vannforekomstene skal skje etter like prinsipper over hele Europa så langt det lar seg gjøre, der det er de biologiske kvalitetselementene (BKE) som skal være styrende i å fastsette vannforekomstens miljøtilstand. De fysisk-kjemiske og vannregionspesifikke stoffene skal fungere som støtteparameter for en vannforekomst sammen med dens hydromorfologiske egenskaper. Vannforskriften definerer BKE for ulike typer vannforekomster, disse kvalitetselementene skal ha definerte måleparametere med grenseverdier for hver tilstandsklasse, også kalt klassifiseringssystemet (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018 a). Klassifiseringssystemet er inndelt i 5 ulike tilstandsklasser, fra svært god til svært dårlig økologisk tilstand, hvor hovedmålet til direktivet er at alle vannforekomster skal ha «minst god økologisk tilstand» (Vannportalen a). Dagens klassifiseringsveileder ble ferdigstilt i 2018 og er den tredje reviderte veilederen så langt. Denne veilederen er et resultat av mye utviklingsarbeid tilknyttet EUs interkalibreringsarbeid kalt Common Implementation Strategy (CIS) som startet i 2001 (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018 b).

Norge er i dag delt inn i 6 økoregioner for kystvann- Barentshavet (B), Norskehavet Nord (G) og Sør (H), Nordsjøen Nord (M) og Sør (N) og Skagerrak (S). Alt kystvann skal deles inn i vanntyper ut ifra deres fysiske karakteristika, og i Norge har vi totalt 8 vanntyper, alt fra åpen eksponert kyst til ferskvannspåvirket beskyttet fjord (Direktoratsgruppen vanndirektivet b). Klassifiseringen består av flere kvalitetselementer som igjen har egne klassegrenser for ulike indekser/ parametere utviklet over tid. I utgangspunktet skal økologisk tilstand i kyst bestemmes ut fra BKE som åleggess, planteplankton, bløtbunnsfauna og makroalger ved bruk av utviklet indeks for hver av disse basert på vanntype (Pedersen, 2013).

Fastsittende makroalger (bentosalger) er alle større, synlige alger som vokser på faste strukturer eller andre alger og dyr langs kysten. Disse fungerer godt som indikator for miljøtilstanden da de ikke kan forflytte seg dersom tilstanden skulle bli dårligere (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018 a). Makroalger kan deles inn i 3 hovedklasser; grønnalger (Chlorophyceae), brunalger (Phaeophyceae) og rødalger (Rhodophyceae). Av disse 3 klassene er det grønnalgene som dominerer med flest representanter i ferskvann og også noen få arter som kun finnes i brakkvann og vann ved høyere saltholdighet. Brunalgene, med færrest kjente arter i den norske flora, dominerer i havområder med kun to arter kjent i ferskvann. Rødalgene har flest representanter i varme farvann og kun noen få arter representert i ferskvann. Det er også rødalgene som trives best nedover dypet (Rueness, 1998). Makroalger benyttes i dag hovedsakelig for å bestemme graden av eutrofiering, da dette er planter som benytter næringssalter til vekst og produksjon. Næringssalter kan være gunstig for algesamfunnet og føre til økt artsrikhet og mengde alger, vedvarende høye tilførsler av næringssalter (overgjødning) vil føre til et redusert antall arter og artsrikhet. Det er ofte i slike miljøer en finner en dominans av små hurtigvoksende grønnalger og enkelte trådformete brunalger, også kalt opportunistar (Dragesund m.fl. 2006, Walday m.fl. 2012).

Det er ikke utviklet makroalgeindekser for alle vanntyper i Norge per i dag. Spesielt mangler det grenseverdier for klassifisering i fjæresonen i områder som er påvirket av ferskvann. For klassifisering av makroalger i fjæresonen er det i dag utviklet fjæreindeks RLSA/RSL, en multimetrisk indeks som bruker informasjon om artssamfunnet som forekommer i fjæra (Walday m.fl. 2015). RLSA tar mengdebeskrivelse av arter med i utregningen av den økologiske tilstand, mens RSL registrerer kun artenes tilstedeværelse. RSL er den eneste av disse to med redusert artsliste for ferskvannspåvirkede fjordområder (ikke gjeldende for Skagerrak) (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2018 a). Dette var ment som en tentativ indeks og er ikke interkalibrert da ferskvannspåvirket og sterk ferskvannspåvirket fjord er nasjonale vanntyper (Walday m.fl. 2015). Det er i dag kun godkjent indeks for nedre voksegrense (MSMDI) i økoregion Skagerrak (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2018 a).

For å kunne videreutvikle arbeidet av makroalgeindeks i fjæra knyttet til ferskvannspåvirkede fjordområder, må det først være godt nok faglig grunnlag om hvordan samfunnsstrukturen og artssammensetningen til makroalgene er i disse områdene, og hvordan de skiller seg fra de ytre fjord- og kystområdene (Andersen, pers. med. 2019).

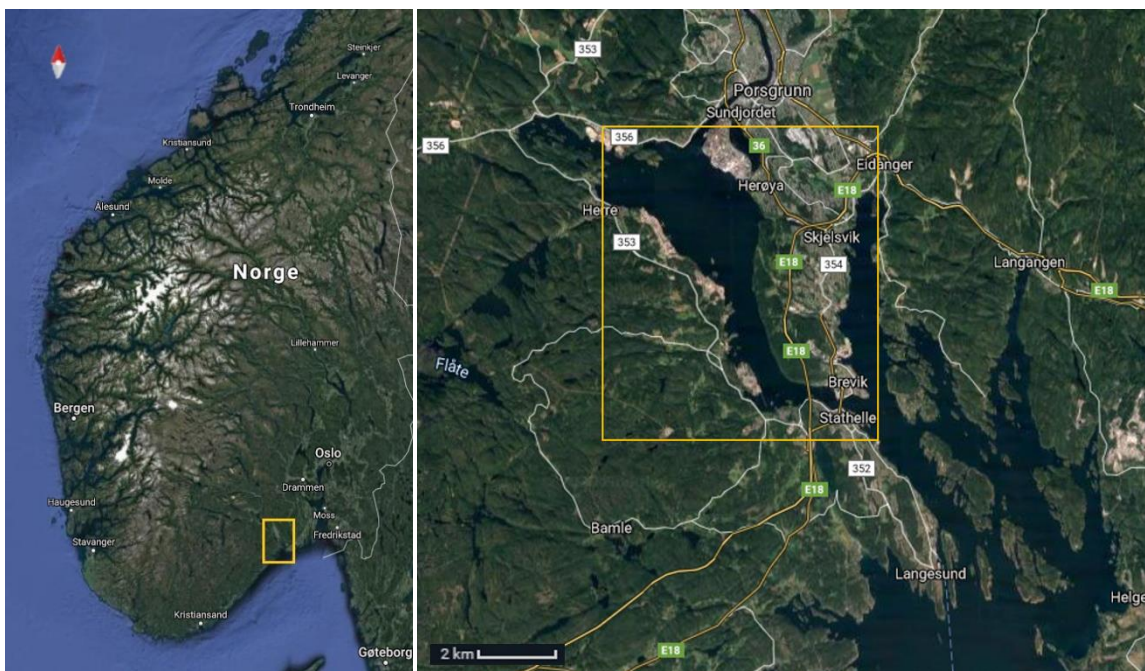
Med store mengder ferskvann tilført fjordområdene fra blant annet elver rundt er Skagerrak den eneste av de 6 regionene som er definert som ferskvannspåvirket i hele området (Havforskningsinstituttet a, Direktoratgruppen vanddirektivet 2018 b). Mange av fjordene er terskelfjorder som begrenser vannskiftningen mellom fjordbassenget og havet utenfor. Fysiske faktorer som strøm, bølger, temperatur, og saltholdighet m.m., har mye å si for plante- og dyrelivet i de kystområdene de lever i. Grenlandsfjordene, med flere store øyer ligger innenfor Langesundsbukta tilhørende Telemarkkysten. Den ytre kyststripen til Telemark er ca. 40 km lang, med Langesundsbukta i nord som utgjør en havbukt i Skagerrak (Rinde m.fl. 2018). Frierfjorden, som befinner seg nord i fjordsystemet til Grenlandsfjordene er en terskelfjord med direkte tilførsel av ferskvann fra Skienselva (Møskeland m.fl. 2017, Rinde m.fl. 2018). Grenlandsfjordene er et godt studert fjordsystem, i form av større prosjekter og rapporter helt tilbake til starten av 1970-tallet, der en større resipientundersøkelse utført av Molvær m.fl. i 1979 kan nevnes. Grenlandsfjordene har også vært en del av Statens forurensningstilsyns (SFT) landsomfattende overvåkningsprogram fra sent 1970- tallet som følge av industri, skipstrafikk og bosetting (Gulbrandsen m.fl. 1987, Rygg m.fl. 1987) og til senere år med flere delrapporter fra 1996-2000 (Walday m.fl. 2001). Aure & Danielssen (2011) gir mye informasjon fra diverse miljøundersøkelser utført i Grenlandsfjordene i perioden 2000-2009. Fagrådet for Ytre Oslofjord har også administrert overvåkningsprogrammet for Ytre Oslofjord siden 2000, hvor Grenlandsfjordene er med. Programmet er fortsatt aktivt, og ny periode startet i 2019 og skal vare til 2023. Dette programmet samkjøres med det nasjonale overvåkningsprogrammet Økosystemovervåking i Kystvann- Økokyst (NIVA a).

Med en overordnet problemstilling om hvordan et makroalgesamfunn endrer seg i fjordgradienten inn Frierfjorden, danner dette et godt utgangspunkt for å øke den økologiske forståelsen av ferskvannspåvirkede fjordområder. Denne oppgaven skal også forsøke å dekke kunnskapshull og øke datagrunnlaget rettet mot en underordnet problemstilling, om hvordan denne kunnskapen kan brukes i arbeidet med å utvikle makroalgeindeksen for klassifisering av ferskvannspåvirkede fjordområder.

2 Metoder

2.1 Områdebeskrivelse

Frierfjorden er en del av Grenlandsfjordene, en rekke fjorder med flere store øyer innenfor Langesundsbukta i vannregion Vest-Viken (fig. 2.1.1). Grenlandsfjordene grenser mot Telemark i nord, og Ytre Oslofjord i sør (Rinde m.fl. 2018). Frierfjorden har et areal på 20.2 km² med et maksdyp på ca. 100 m, og et relativt vidt fjordbasseng som smalner i sør. I nordlig retning grenser Frierfjorden mot Voldsfjorden i vest, og Gunnekleivfjorden i øst. I østlig og sørlige retning ligger Eidangerfjorden og Langesundsfjorden (Gulbrandsen m.fl. 1987, Vannportalen b). Fjorden er klassifisert som sterkt ferskvannspåvirket grunnet direkte ferskvannstilførsel fra Skienselva som er Norges tredje største vassdrag med gjennomsnittlig vannføring på 300 m³/sek og dominerer tilførsel av næringsalter til Frierfjorden (Aure & Danielssen, 2011, Vann-Nett a). Grunnet en terskel i Brevikssundet, som ligger på grensen mellom Frierfjorden og Langesundsfjorden, begrenses tilførselen av friskt dypvann inn til Frierfjorden (Walday m.fl. 2001). Det er totalt to terskler mellom Frierfjorden og det åpne havområdet, noe som gjør Frierfjorden til en terskelfjord og også en svært følsom resipient. Grenlandsfjordene og området rundt Frierfjorden har vært sterkt preget av tett befolkning, skipstrafikk og industri i flere år som har medført mange miljøutfordringer og har blitt overvåket siden ca. 1970-tallet (Gulbrandsen m.fl.1987).



Figur 1.1.1: Grenlandsfjordene i Sør- Norge, med området for feltarbeid i Frierfjorden markert i gult. I nord vises utløpet fra Skienselva, Langesundsfjorden i sør og Eidangerfjorden i øst. Kart hentet og modifisert fra: Google maps.

2.2 Stasjoner i Frierfjorden og Langesundsfjorden

Registrering av artssammensetning og diversitet av makroalger i strandsonen har blitt utført på fire utvalgte stasjoner (*fig. 2.2.1*), i henhold til fjæresoneundersøkelse NSEN ISO 19493 som er beskrevet i Direktoratgruppen vanndirektivet 2018 a. Stasjon A13, Steinholmene og A15, Saltbua ligger i Frierfjorden. Stasjon A9b, Øya og A9c, Blokkhustangen ligger i Langesundsfjorden som grenser til Frierfjorden. Alle stasjonene var tilgjengelig fra land, så det ble brukt bil for å komme til hver stasjon. Stasjonene ble valgt på bakgrunn av at det er utført undersøkelser på stasjonene tidligere (*tab. 2.2.1*). De utvalgte stasjonene, samt andre opprettede stasjoner i område gir godt grunnlag for oppgaven med mye tilgjengelig data.



Figur 2.2.1: Utvalgte stasjoner for fjæresoneundersøkelser i Frierfjorden og Langesundsfjorden utført 17.09.2019 (merket med gule firkanter), stasjoner merket med gult kryss er stasjoner med miljøvariabler brukt videre i oppgaven, stasjoner med grønn sirkel er tidligere undersøkte miljøstasjoner, hentet fra Vannmiljø.

Kart: Omarbeidet fra Guri Sogn Andersen NIVA (pers. med).

Alle de undersøkte stasjonene har en stasjonskode og er rangert i orden (Rank) fra ytterst (laveste rank) til innerst (høyeste rank) i fjordgradienten som vil bli brukt videre i oppgaven. I *tabell 2.2.1* er det en oversikt over posisjonen til alle stasjonene som har blitt undersøkt (lengde- og breddegrad), samt tid for innsamling for de utvalgte stasjonene (2019). Stasjoner som er undersøkt tidligere er merket kun med prøveår. Oversikt over prosjekt og prøveår for stasjonene er vist i *vedlegg I*.

Tabell 2.2.1: Utvalgte stasjoner i Frierfjorden og Langesundsfjorden med kode, navn, rank, GPS-posisjon (lengde- og breddegrad) og tid for innsamling. Stasjoner markert i **bold** er stasjoner som har blitt undersøkt i 2019, stasjoner under linje merket i kursiv er stasjoner med data tilgjengelig fra tidligere undersøkelser.

Stasjonens Kode	Rank	Stasjonens Navn	GPS-posisjon	Dato/Tid
A9b	3	Øya	59°2'43"N 9°42'25"Ø	17.09.19 15:06
A9c	4	Blokkhustangen	59°3'3"N 9°42'25"Ø	17.09.19 17:12
A13	5	Steinholmene	59°3'6"N 9°40'33"Ø	17.09.19 13:44
A15	6	Saltbua	59°4'54"N 9°38'38"Ø	17.09.19 11:26
<i>HB3</i>	<i>1</i>	<i>Arøy</i>	<i>58°99'35.8"N</i> <i>9°80'85.4"Ø</i>	<i>2010-2016</i>
<i>HB4</i>	<i>2</i>	<i>Risøyodden</i>	<i>59°02'33"N</i> <i>9°75'37.3"Ø</i>	<i>2010-2016</i>
<i>A17</i>	<i>8</i>	<i>Balsøy</i>	<i>59°11'67.1"N</i> <i>9°70'73.9"Ø</i>	<i>2011 og</i> <i>2015</i>
<i>A18</i>	<i>7</i>	<i>Ringsholmene</i>	<i>59°0'9"N</i> <i>9°62'16.7"Ø</i>	<i>2011</i>

2.3 Innsamling av makroalger i felt

Registreringer ble utført på de 4 stasjonene som er vist i *tabell 2.2.1*, 17.09.2019. Det ble først registrert et fjærepotensiale hvor stasjonenes fysiske forhold ble observert og notert ned på et stasjonsskjema for verdisetting (*Vedlegg II*). Her ble det også notert ned nøyaktige GPS-posisjoner, observatør og tidspunkt for registrering. Det ble ikke tatt hensyn til tidevannsendringer under prøvetaking. Observasjon og innsamling fra hver stasjon ble gjort ved å snorkle langs fjæra etter å ha målt opp et 10 meter langt strekke av stasjonen (*figur 2.3.1*). Det ble registrert arter mellom 0-1 meters dyp, da det ble brukt tørrdrakt som begrenser muligheten for å bevege seg nedover vannsøylen.

All observasjon langs det oppmålte strekke ble notert ned på stasjonsskjema under vann. Det kan for øvrig være små avvik fra undersøkt strekke i 2019 sammenlignet med tidligere år. Forekomsten av de observerte artene er rangert etter prosentvis dekning (1= enkeltfunn, 2= 0-5 %, 3= 5-25 %, 4= 25-50 %, 5= 50-75 % og 6= 75-100 % dekningsgrad). Dyr som ble observert på stasjonene ble ikke systematisk innsamlet, kun notert ved observasjon. De artene som ikke kunne registreres med sikkerhet under vann ble det tatt prøver av som ble lagt i en flaske med vann fra stasjonen merket med stasjonens kode og tatt med tilbake til Universitetet i Sørøst-Norge (USN) for å bli artsbestemt på laboratoriet for natur-, helse og miljøvern (INHM) i Bø. Noen dyr som var fastsittende på algene ble tatt med her. Det ble tatt bilder under feltarbeidet både over og under vann av Siri Moy (NIVA).



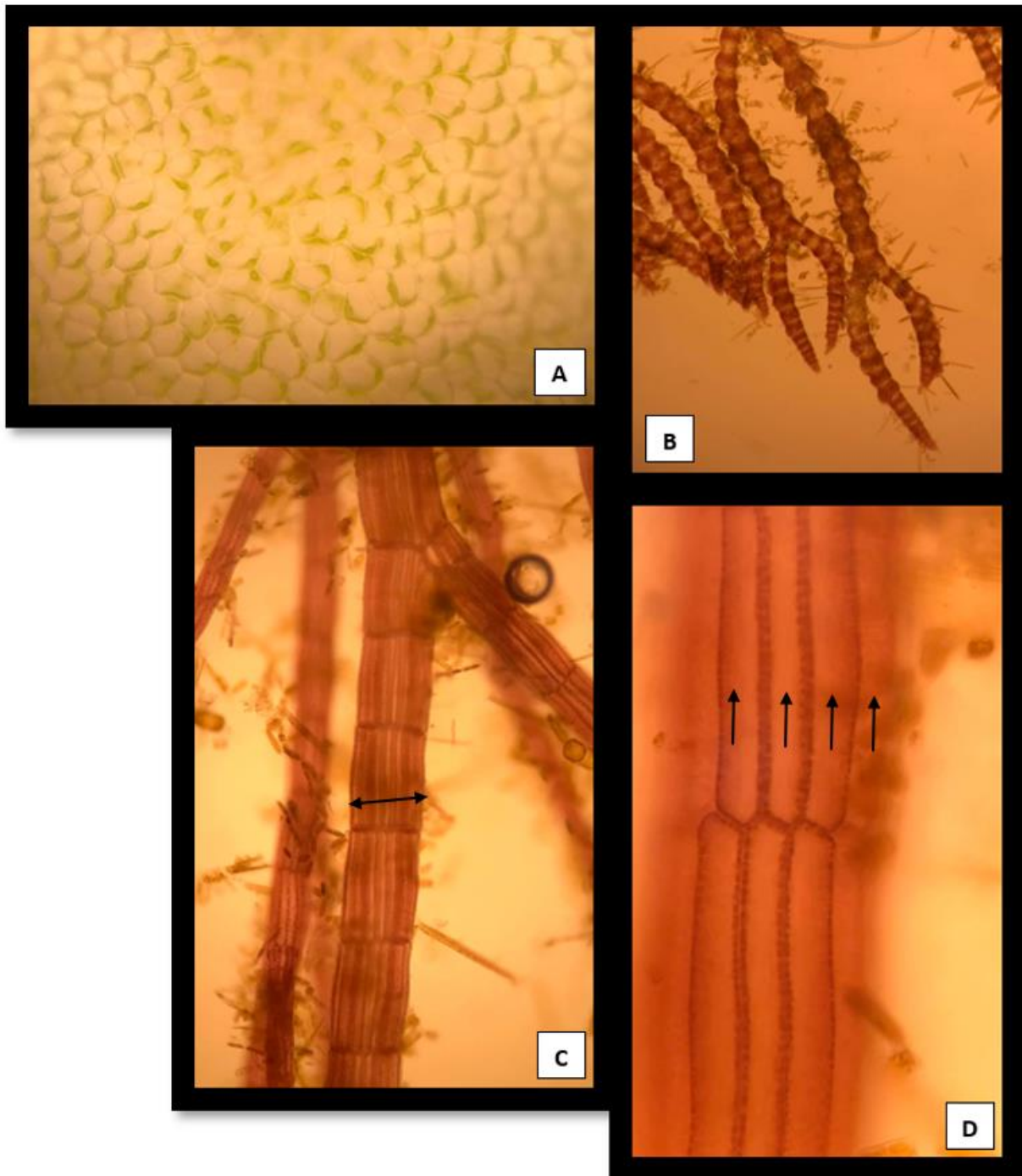
Figur 2.3.1: Stasjon A9b, Øya (venstre) og A9c, Blokkhustangen (høyre) med illustrert 10 meter strekke for registrering av makroalger og dyr i fjæra. Foto: Siri Moy

2.4 Identifisering av makroalger på laboratoriet

Alle artene som ble tatt med for å artsbestemmes på laboratoriet (INHM) lå kjølig i flaskene over natten. Artene ble systematisk artsbestemt stasjon for stasjon. Det ble brukt lupe (ZEISS Stemi 305, 5:1 forstørrelse) for å artsbestemme de større algene og dyr som ble funnet. For de litt mindre artene ble det brukt mikroskop (LEITZ HM-LUX 3, 100x og 400x forstørrelse). Det kan ha blitt oversett små og sjeldne arter under identifisering da dette er en trenings sak. Alle artene ble artsbestemt basert på morfologiske karaktertrekk (*fig. 2.4.1*). Flere av artene som ble artsbestemt var dekket av mikroalger, som kan ha medført feilidentifisering. Fullstendig liste over arter som ble observert på hver stasjon og forekomst ses i *vedlegg III*.

2.4.1 Litteratur benyttet for artsbestemmelse

For å artsbestemme alger og dyr ble det brukt diverse litteratur og god hjelp fra Siri Moy ved NIVA. Rueness (2006 a, b og c) ble brukt for å artsbestemme både rødalger (Rhodophyta), brunalger (Phaeophyta) og grønnalger (Chlorophyta). Brodie m.fl. (2007) ble i tillegg brukt for grønnalger. Artsbestemmelse for dyr funnet i felt ble utført i henhold til Johannessen, 2017. Noen prøver ble tatt tilbake til NIVAs kontor i Oslo da de ikke kunne bestemmes med sikkerhet på USN i Bø.



Figur 2.4.1: Noen av artene som ble identifisert på laboratoriet ved bruk av mikroskop. A = Vanlig tarmgrønne (*Ulva intestinalis*) med usorterte celler hvor kloroplasten er samlet som «skåler». B = Vanlig rekeklo (*Ceramium rubrum*) hvor alle grener er dekket av barkceller. C = Svartdokke (*Polysiphonia fucoides*) med 6 synlige periaksialceller x 2 = 12 (opptelt langs lengden av sort pil). D = Tangdokke (*Polysiphonia fibrillosa*) med 4 synlige periaksialceller x 2 = 8 (vist med sorte piler markert for hver periaksialcelle). Foto: Cilie Trøim Kristiansen

2.5 Analysemetoder

Ordinasjonsanalyser ikke- metrisk multidimensjonal skalering (NMDS), (Clarke, 1993) og «detrended» korrespondanseanalyse (DCA), (Hill & Gauch, 1980) har blitt brukt for analyse av artssammensetning. Felles for disse to analysene er at de blir benyttet til å beregne grad av likhet i artssammensetning mellom alle par av observasjoner. DCA-analysen er en indirekte ordinasjonsanalyse som forsøker å plassere både observasjoner samt arters optima som punkter langs akser som reflekterer variasjonen i artenes sammensetning relatert til underliggende komplekse hovedgradienter (Halvorsen m.fl. 2009). Analysen bygger på en antagelse om at variasjon i floristiske data reflekterer variasjon i underliggende miljøforhold, og er en effektiv måte å fremstille strukturvariasjoner innenfor hele plantesamfunn (Engum, 2006). DCA- aksene har egenverdier og akselengder som uttrykker hvor mye variasjon som blir forklart. Da det ikke finnes noen gode mål på variasjon i artssammensetning i en artsobservasjonsmatrise (Økland, 1999) kan det være vanskelig å tolke disse verdiene på en presis måte, men de gir en indikasjon på hvor viktige DCA- aksene er relativt til hverandre (Halvorsen m.fl. 2009). Resultat av DCA-analysen fremstilles som et ordinasjonsplott hvor alle artene er oppgitt som punkter. Punkter som ligger nær hverandre i plottet representerer likhet i artssammensetning og miljøpreferanser (Engum, 2006).

NMDS-analysen baserer seg på Bray- Curtis similaritetsindeks som visuelt fremstiller hvor like stasjonene er basert på sammensetning av arter (Clarke, 1993). I NMDS må antall akser bestemmes på forhånd, her er det ikke gitt at akse 1 forklarer mest variasjon slik som i DCA. NMDS beregner observasjonenes plassering i ordinasjonsrommet ved å rotere på observasjonspunktene gjentatte ganger til det er best mulig overensstemmelse mellom ulikheter/likheter i artssammensetning og avstander i ordinasjonsrommet (Halvorsen m.fl. 2009).

NMDS- ordinasjonen fremstilles i et diagram med punkter som visualiserer likheter/ulikheter mellom stasjonenes artssammensetning. Dersom punktene ligger nærme hverandre i diagrammet er stasjonenes artssammensetning tilnærmet lik (Saeed m.fl. 2018). Samsvaret mellom analysen og den opprinnelige datamatriksen oppgis som et stressnivå. I følge Kruskal (1964a) burde stressverdien være < 0.2 for å kunne betraktes som signifikant.

DCA og NMDS har blitt kjørt parallelt med hverandre for å sjekke analysenes pålitelighet ved bruk av Procrustes- analyse (PROTEST) da denne testen blir betraktet som sterk for slike typer analyser (Peres-Neto & Jackson, 2001, Dryden & Kanti, 2016).

En Kendall's Tau korrelasjonstest har blitt utført for å se graden av samvariasjon (Kendall, 1938) mellom ordinasjonsanalyse DCA, og kontinuerlige miljøvariabler. General linear models (GLM) har blitt utført på resultater fra ordinasjonsanalysen DCA sammen med miljøvariabler. Disse blir vist ved bruk av en toveis ANOVA (Sokal & Rohlf, 1995), da denne testen er relativt robust for brudd på dens forutsetninger (Harris, 1975; Høysæter, 1994) og visualisert i et diagram ved bruk av Envfit.

Alle analyser har blitt utført i R-studio, noen figurer og diagrammer har blitt produsert ved bruk av Excel.

2.5.1 Datasett

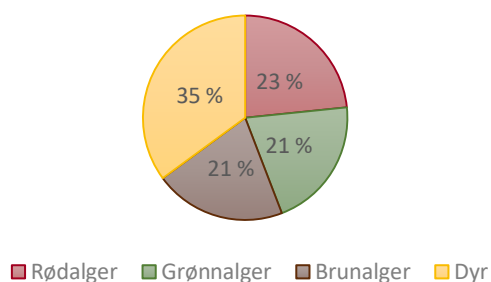
Datasettet som blir tatt i bruk for ordinasjonsanalyser er komplett artsdatamatrise som finnes i *vedlegg IV*. Dette datasettet inneholder alle observerte alger og dyr for stasjonene beskrevet i *tabell 2.2.1*. Datasettet for kontinuerlige miljøvariabler er hentet fra diverse GIS- modeller og er relativt grove variabler. Disse blir vist og beskrevet i *vedlegg V*. Datasettet med faktorvariabler for miljøet rundt Frierfjorden er hentet fra administrative lag som Vannmiljø og Vann-nett. Variablene med navn som LKM (lokale komplekse miljøvariabler) er knyttet til Natursystemet NIN (Natur i Norge) som er beskrevet av Artsdatabanken a. Faktorvariablene blir vist og beskrevet i *vedlegg VI*.

Det har blitt hentet ut data fra Vannmiljø, av to stasjoner, en i Frierfjorden (Vannmiljø a) og en i Langesundsfjorden (Vannmiljø b), (*fig. 2.2.1*) hvor det har blitt tatt prøver av Nitrogen (N-tot), oksygen (O₂) og salinitetsmålinger (Salin). Her er det målinger fra 2002-2018 fra kun overflaten (< 5 m) som blir brukt for videre tolkning i oppgaven.

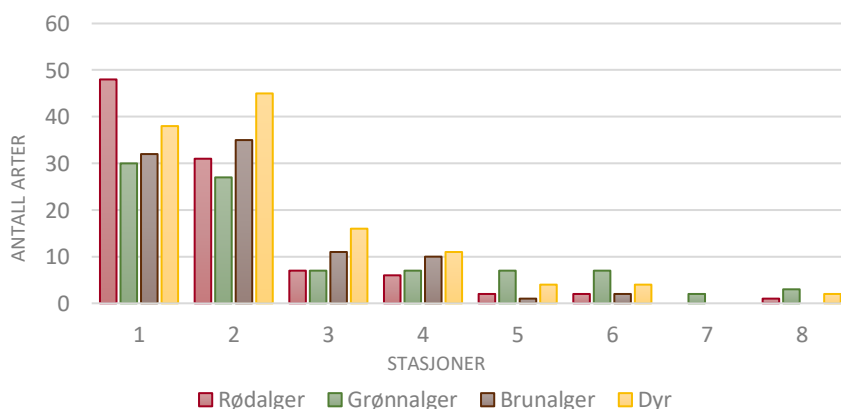
3 Resultater

3.1 Alge og dyresamfunn

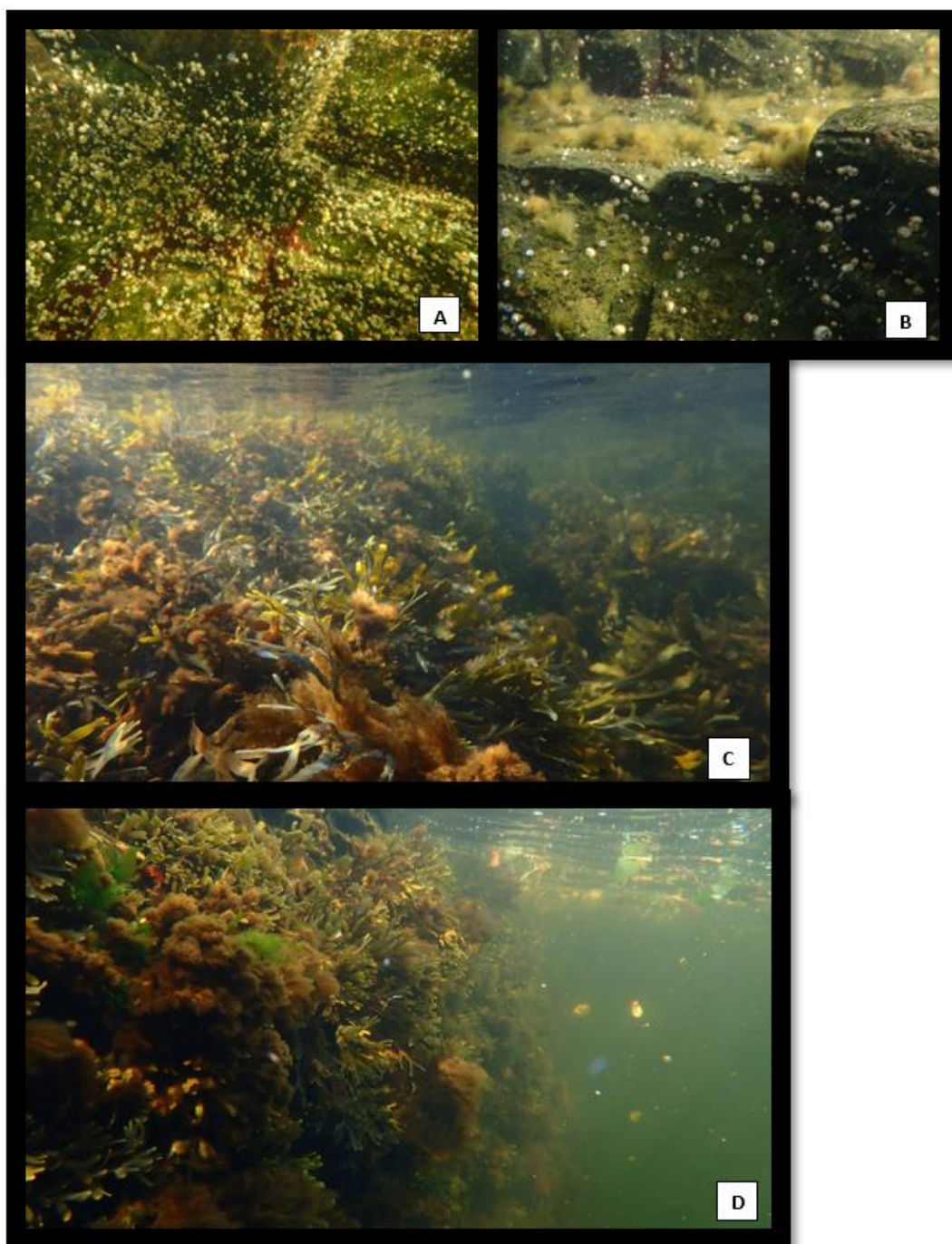
Det er totalt blitt registrert 84 arter/taxa i perioden 2010-2019, 18 rødalger, 16 grønnalger, 16 brunalger, 28 dyr, 2 blågrønne bakterier (Cyanobacteria), 2 kiselalger (Bacillariophyceae), 1 lav og 1 svampdyr (Porifera). Alle arter ble tatt med i ordinasjonsanalyser, og analyser tilknyttet disse. Kun rød, - grønn og brunalger samt dyr blitt brukt for visualisering av forekomst for de ulike stasjonene. *Figur 3.1.1* viser prosentvis fordeling av antall rød, - grønn, - og brunalger samt dyr totalt alle år. Antall arter per stasjon av rød, grønn og brunalger samt dyr illustreres i *figur 3.1.2*, der stasjonene på x-aksen er rangert fra ytterst (1) til innerst i fjordgradienten (8). En ser en tydelig nedgang i observerte arter innover fjordgradienten, spesielt med hensyn til brunalger. Grønnalgene viser relativ stabil forekomst på stasjon 3, 4, 5 og 6, med en liten nedgang innerst i fjorden på stasjon 7 og 8. De høyeste antallene av observerte arter er på stasjon 1 og 2, som befinner seg i Langesundsfjorden. Under innsamling i felt kunne en se store forskjeller i forekomst av arter for stasjon 3 og 4 til stasjon 5 og 6, (*fig. 3.1.3*).



Figur 3.1.1: Prosentvis fordeling av totalt antall observasjoner av rød, grønn og brunalger samt dyr i perioden 2010-2019.



Figur 3.1.2: Antall registrerte arter av makroalger fordelt på algegrupper samt dyr fra hver prøvestasjon i rangert orden (ytterst (1) til innerst (8) i fjordgradienten) fra perioden 2010-2019.



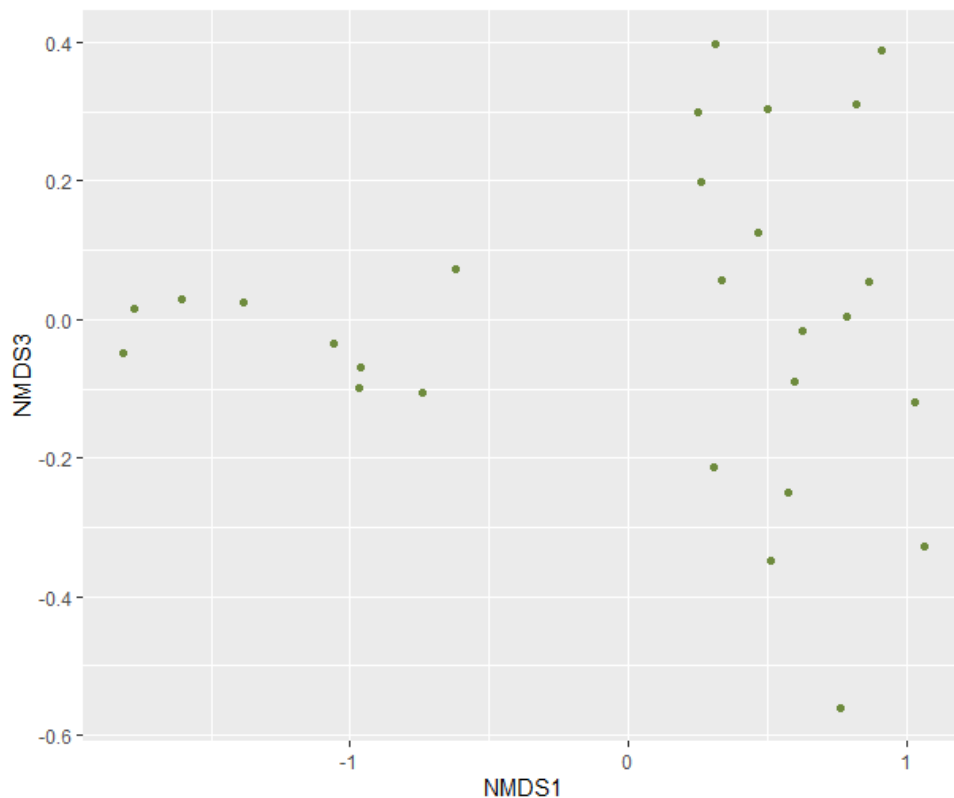
Figur 3.1.3: Artssammensetning av makroalger og dyr i fjæresonen 17.09.2019, på stasjon 5 (A), 6 (B), 3 (C) og 4 (D). Foto: Siri Moy

3.2 Analyser og statistikk

3.2.1 Ordinasjonsanalyser- DCA og NMDS

Resultatet fra ordinasjonsanalysene ble utført basert på komplett artsdatamatrix. Den ikke-metriske multidimensjonale ordinasjonsanalysen (NMDS) ble utført med tre dimensjoner og fikk en stressverdi på 0.05 (*fig. 3.2.1*). Ordinasjonsplottet viser to tydelige floristiske grupperinger på hver side av diagrammet, hvor artssammensetningen er ulik hverandre. Grupperingen på høyre side av diagrammet sprer seg vertikalt langs hele y-aksen, hvor artene i øvre og nedre del trolig også vil være ulike. Grupperingen på venstre side følger en horisontal linje langs x-aksen til NMDS1 =1, hvor skillet mellom de to floristiske gruppene kan ses.

Fullstendig NMDS-analyse er vist i *vedlegg VII*.



Figur 3.2.1: NMDS-ordinasjon med tre dimensjoner av komplett artsdatamatrix bestående av 84 arter med ulik fordeling av antall individer observert på 8 forskjellige stasjoner fra perioden 2010-2019.

Tabell 3.2.1 viser DCA-ordinasjonsanalysens sammendrag. Ved å dele hver enkelt aksens egenverdi med den totale egenverdien for alle aksene, multiplisert med 100, fant jeg at totalt 76 % av variasjonen er forklart fra egenverdiene for DCA 1 og 2. DCA3 og DCA4 viser betraktelig lavere verdier, og forklarer totalt 24 % av variasjon. De sistnevnte aksene vil ikke bli brukt videre i analysene. Akselengden til DCA1 er lang, med en verdi på 5.5 S.D. enheter.

Tabell 3.2.1: Egenverdier, Decorana verdier og akselengde i S.D. enheter (standard avvik) for DCA-aksene fra DCA-ordinasjonsanalyse.

	DCA1	DCA2	DCA3	DCA4
Egenverdier	0.6482	0.2133	0.1527	0.11709
Decorana verdier	0.7630	0.2642	0.1368	0.08853
Akselenge S.D.	5.5059	2.4097	2.0175	1.55205

3.2.2 Procrustes-test for sammenligning av ordinasjoner

Det ble gjort en Procrustes-test av ordinasjonene DCA og NMDS for å se om det var samvariasjon mellom disse. Testen viste at korrelasjon mellom ordinasjonene er sterk med en korrelasjonskoeffisient på 0.93 og en signifikans på 0.001. Test for sammenligning av ordinasjonene finnes i *vedlegg VIII*. Resultatene fra DCA- ordinasjonen bli brukt for videre analyse.

3.2.3 Korrelasjonsanalyse (Kendall's Tau)

En Kendall's Tau (T) rank korrelasjonsanalyse ble utført med resultatet fra DCA-ordinasjonen med hensyn til DCA1 og *kontinuerlige* miljøvariabler. Analysen viste en sammenheng mellom DCA1 og fjordgradienten med koeffisientene; Fjordavstand (0.83), Rank (0.83), Longitude (-0.81) og Latitude (0.83). Ingen av de andre variablene viste noen sterk sammenheng med DCA1 i korrelasjonsanalysen. Korrelasjonsplottet er vist i *vedlegg IX*.

3.2.4 Anova

Resultatet av Anova-testen for DCA1 (*tab. 3.2.2*) viser at det en sterk sammenheng med *faktorvariabel* salinitet (SalinLKM) ($p = \sim 0.003$) og år ($p = 0.03$). Resultatet for DCA2 (*tab. 3.2.3*) viser en sterk sammenheng med *faktorvariabel* bølgeeksponering (EkspLKM) ($p = 0.04$). Fullstendig Anova-test finnes i *vedlegg X*.

Tabell 3.2.2: Toveis Anova med F-verdi (sannsynlighetsfordeling) og P-verdi (signifikanssannsynlighet) av resultatet fra ordinasjonsanalysen DCA akse 1, miljøvariablene fjordavstand, rank og år samt faktorvariablene bølgeeksponering (EkspLKM) og Salinitet (SalinLKM). Signifikante resultat er oppført i tabellen i **bold**.

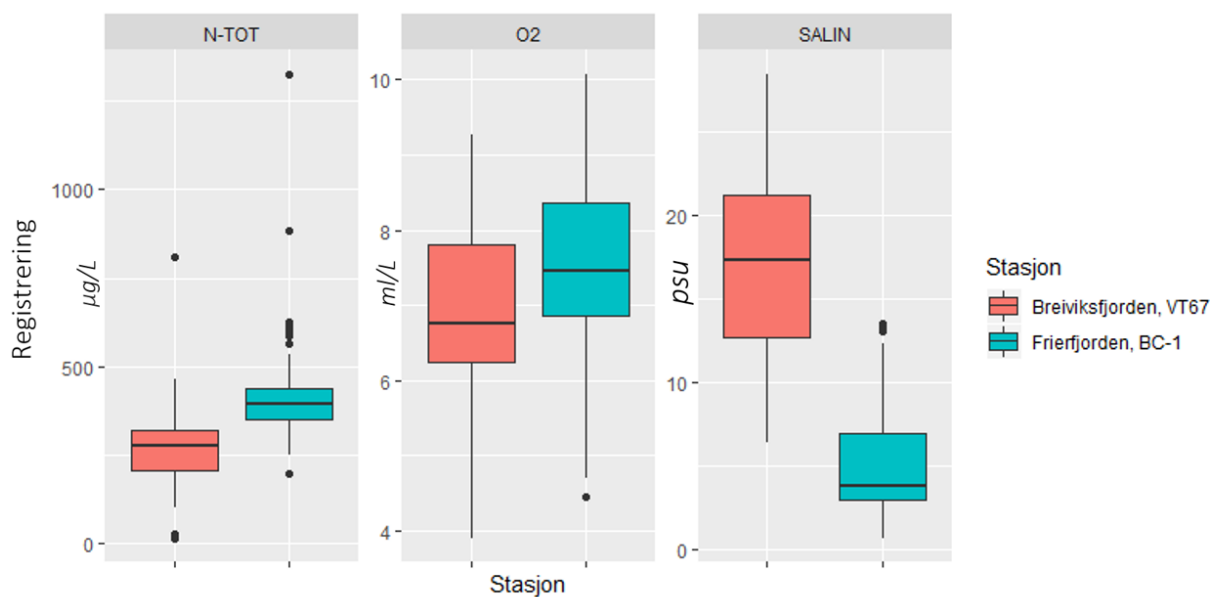
DCA1	F- Verdi	P- Verdi
Fjordavstand	0.96	0.34
Rank	1.73	0.20
EkspLKM	2.10	0.15
SalinLKM	11.7	0.003
År	5.15	0.034

Tabell 3.2.3: Toveis Anova med F-verdi (sannsynlighetsfordeling) og P-verdi (signifikanssannsynlighet) av resultatet fra ordinasjonsanalysen DCA akse 2, miljøvariablene fjordavstand, rank og år samt faktorvariablene bølgeeksponering (EkspLKM) og Salinitet (SalinLKM). Signifikante resultat er oppført i tabellen i **bold**.

DCA2	F- Verdi	P- Verdi
Fjordavstand	0.009	0.92
Rank	0.05	0.83
EkspLKM	3.78	0.04
SalinLKM	0.01	0.92
År	3.36	0.08

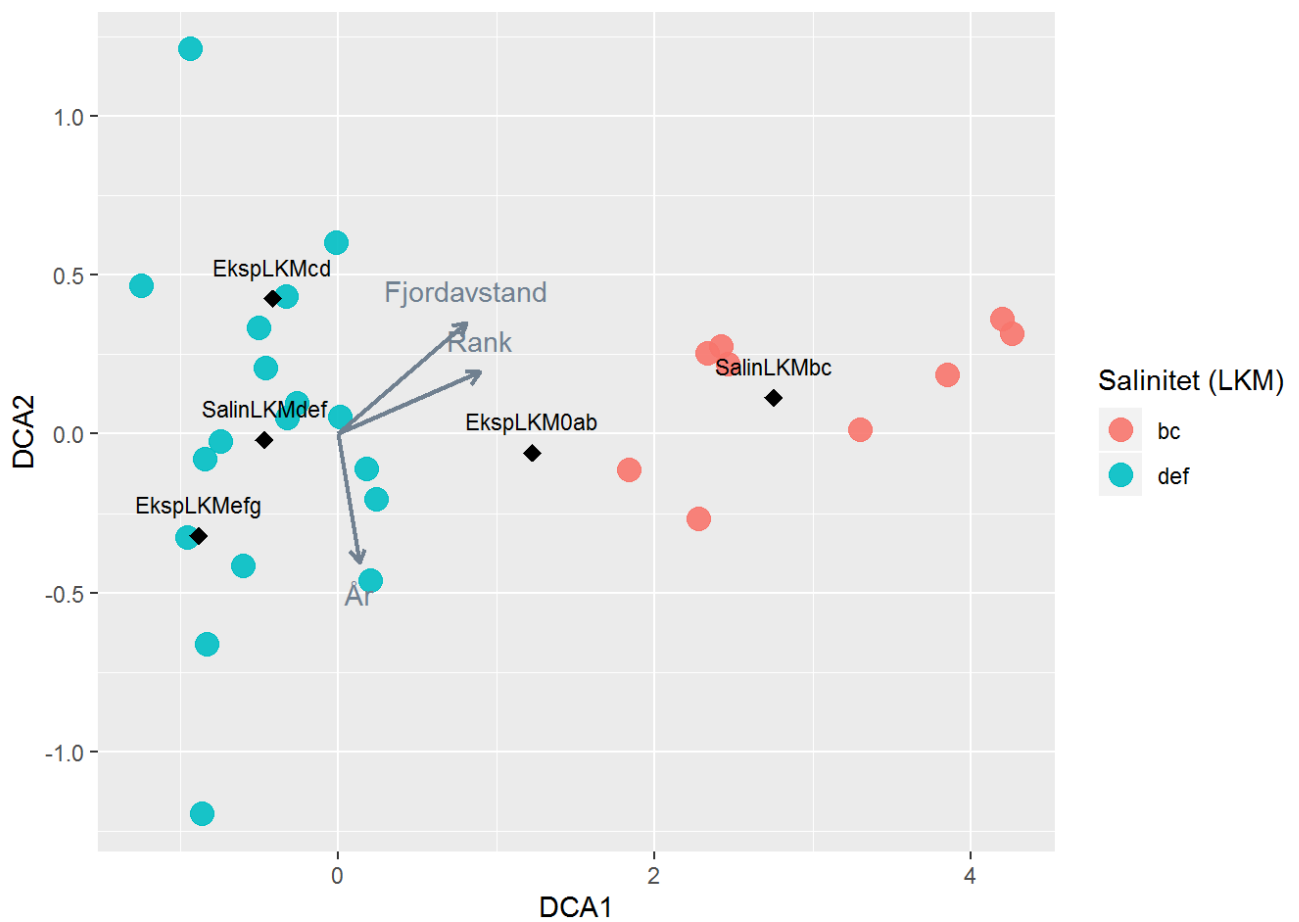
3.3 Sammensetning av arter og miljøforhold i fjordgradienten

Et boksplot av målinger fra overflaten (< 5 m) utført på stasjonene Breiviksfjorden (VT67) og Frierfjorden (BC-1) i perioden 2002-2018 er vist i *figur 3.3.1*. Plottet viser at mengden nitrogen forholder seg relativt stabil i denne perioden for stasjon VT67, med noen observasjoner med relativt høye konsentrasjoner for BC-1. Oksygenmålingene har variert en del gjennom perioden for prøvetaking men viser en gjennomsnittlig høyere verdi for stasjon BC-1 enn VT67. Salinitetsmålingene er betraktelig lavere for stasjon BC-1 i hele perioden sammenlignet med målingene for stasjon VT67.



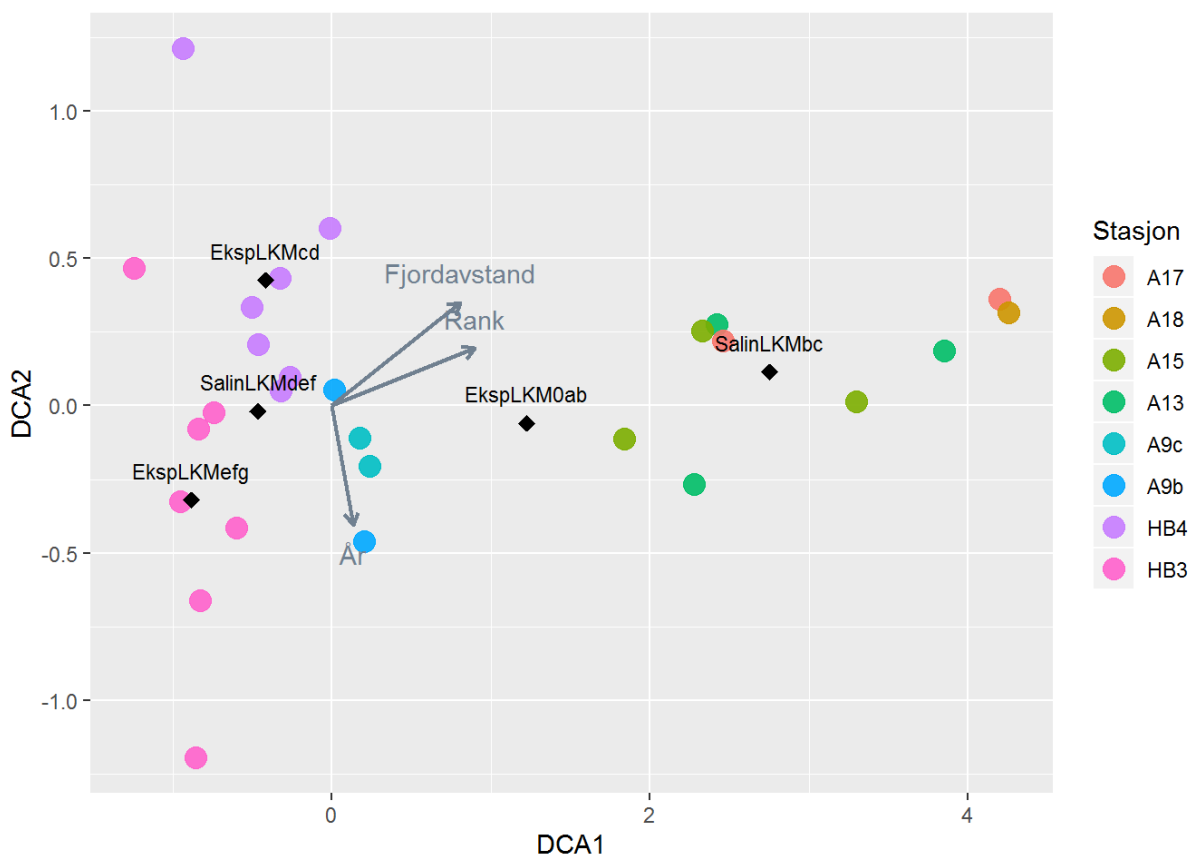
Figur 3.3.1: Nitrogen (N-TOT (µg/L)), Oksygen (O₂ (ml/L)) og Salinitetsmålinger (SALIN (psu)) i overflatevann (< 5m) for stasjon VT67 (Breiviksfjorden) og BC-1 (Frierfjorden) i perioden 2002-2018 (med unntak av 2005-2006 for VT67, og 2009-2012 for BC-1). Målinger hentet fra Vannmiljø/faktaark (a og b) for stasjonene.

Det har blitt utformet et plot fra DCA-ordinasjonen akse 1 og 2 som viser hvordan artssammensetningen for stasjonene plasseres i ordinasjonen, sammen med *faktorvariabel* bølgeeksponering (Eksp 0ab= stille til temmelig beskyttet, efg= litt eksponert til svært eksponert og cd= litt beskyttet) og *kontinuerlige* miljøvariabler om fjordgradienten (Fjordavstand, Rank og År). Saltholdighet har blitt fargelagt etter klasses tilhørighet (bc= temmelig brakk (mesohalin), rød) og (def= temmelig salt (polyhalin) til normalsalt (euhalin), blå), (fig. 3.3.2). Det er to floristiske gradienter i plottet vist ved endringen i saltholdighetsnivå. Langs DCA1 kan det ses at fordelingen av stasjonene følger fjordgradienten (Rank noe tydeligere enn Fjordavstand). Det kan også observeres et tydelig skille mellom stasjonenes plassering på DCA1= 1.



Figur 3.3.2: DCA-ordinasjon akse 1 og 2 med faktorvariabel (sorte punkter) bølgeeksponering (EkspLKM: 0ab= stille til temmelig beskyttet, cd=litt beskyttet, efg=litt eksponert til svært eksponert) og kontinuerlige miljøvariabler (piler) (Fjordavstand, Rank og År). Stasjonenes plassering fargelagt etter Salinitet (bc= temmelig brakk, rød og def=temmelig salt til normalsalt, blå).

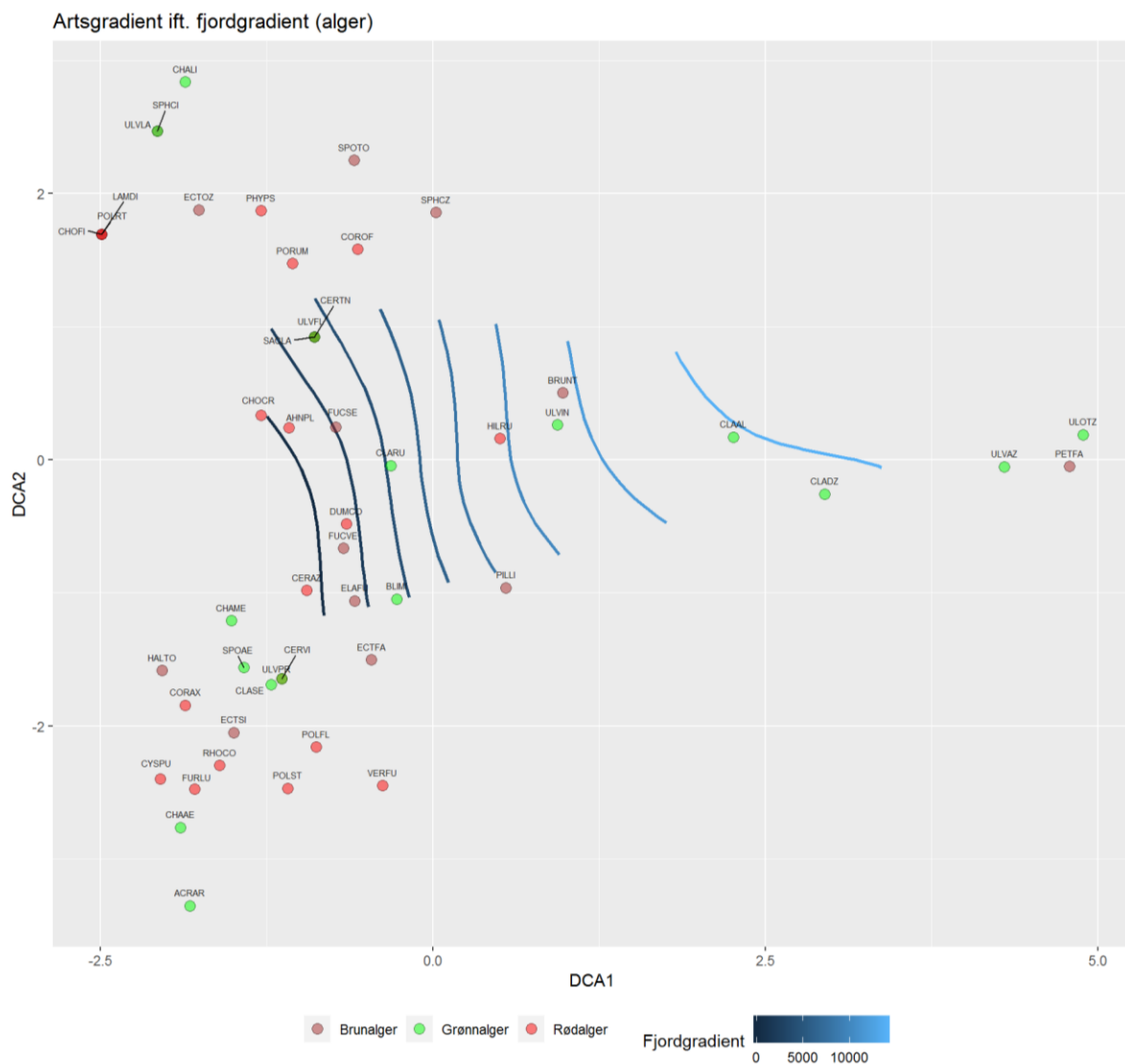
I figur 3.3.3 kan det ses at skillet på DCA1= 1 går mellom stasjon A13- A17 og A9c-HB3. Variasjonen på DCA2 i Anova-testen (tab. 3.2.3) ble forklart med bølgeeksponering. Artssammensetningen på stasjon HB4 ligger øverst til venstre i diagrammet, ved gjennomsnittlig eksponeringsgrad «litt beskyttet» (EkspLKMcd). Artssammensetningen ved stasjon HB3 ligger lenger ned på vestre side av diagrammet, ved gjennomsnittlig eksponeringsgrad «litt, til svært eksponert» (EkspLKMefg). Da det er en tydelig vifteform i diagrammet kan en ikke si noe sikkert angående fordelingen langs DCA2.



Figur 3.3.3: DCA-ordinasjon akse 1 og 2 med faktorvariabler (sorte punkter) bølgeeksponering (EkspLKM: 0ab=stille til temmelig beskyttet, cd=litt beskyttet og efg=litt eksponert til svært eksponert), salinitet (SalinLKM: bc=temmelig brakk og def=temmelig salt til normalsalt) og kontinuerlige miljøvariabler (piler) (Fjordavstand, Rank og År). Stasjonenes plassering er fargelagt per stasjon.

3.4 Artssammensetning langs fjordgradienten

Det er blitt konstruert et ordinasjonsplott hvor artenes plassering er vist i ordinasjonsrommet i forhold til fjordgradienten (fig. 3.4.1). Alle algene er oppført i plottet etter deres koder, fargelagt etter algegrupper (grønn -, brun - og rødalger). En kan se artenes plassering innover fjordgradienten plottet som blå linjer (fra ordisurf) målt i avstand meter innover fjordgradienten. Ytterst i fjordgradienten (DCA1 = 0 - -2.0) er det en større forekomst av brunalge -og rødalgearter. Langs y-aksen kan de ses to klynger, med en gruppering av arter ved DCA2 = 2 (nær stasjon HB4) og på DCA2 = -2 (nær stasjon HB3), (fig. 3.3.3). De to grupperingene viser ulikheter i artssammensetning rundt disse stasjonene. Forekomsten av arter avtar innover fjordgradienten og lengst inn i fjordgradienten (DCA1 =1) dominerer grønnalgearter.



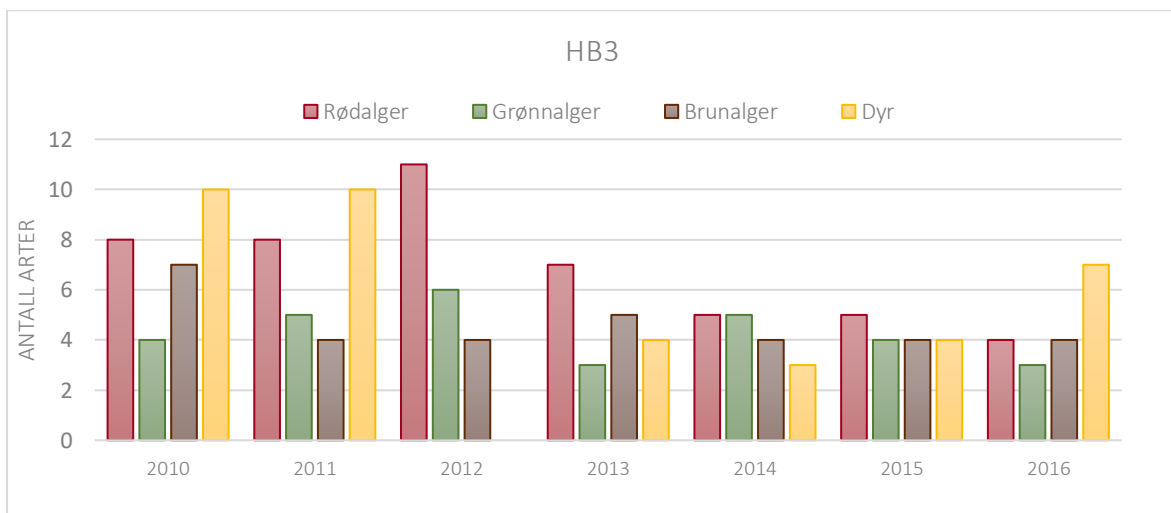
Figur 3.4.1: Artsgradienten vist i forhold til fjordgradienten basert på resultater fra DCA-ordinasjon. Artene er oppgitt i ordinasjonen med kode og farget etter algegrupper (grønnalger=grønn, brunalger=brun og rødalger=rød). Fjordgradienten er plottet som blå linjer målt i meter med økende verdi for økt avstand innover fjordgradienten.

3.5 Artssamfunnet- og strukturens endring over tid

Videre beskrivelse av stasjonenes artssammensetning vil bli gjort på bakgrunn av datamaterialet for de stasjonene som har blitt observert *mer* enn ett år. Slik at det er mulig å se eventuelle endringer over tid.

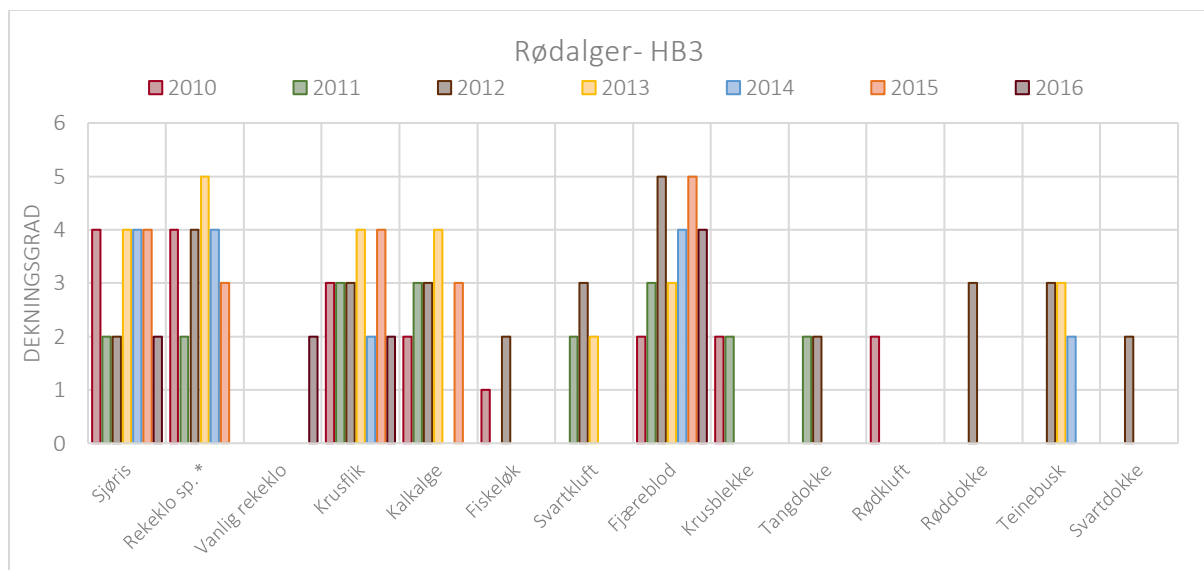
3.5.1 Stasjon HB3- Arøy

Denne stasjonen er lokalisert ytterst i fjordgradienten, rangert som stasjon 1, og befinner seg i Langesundsfjorden. Det er funnet flest rødalgearter på denne stasjonen, som kan se ut til å avta i perioden 2014- 2016 (*fig. 3.5.1.1*). Antall arter av brunalger er relativt stabilt, med noen flere artsobservasjoner i 2010. Antall grønnalgearter varierer med 3 og 6 arter i perioden. Forekomsten av dyr var betydelig større de 2 første årene i prøveperioden. Det finnes ikke informasjon om antall dyrearter i 2012, men en kan se en nedgang i observerte dyr i årene 2013, 2014 og 2015.



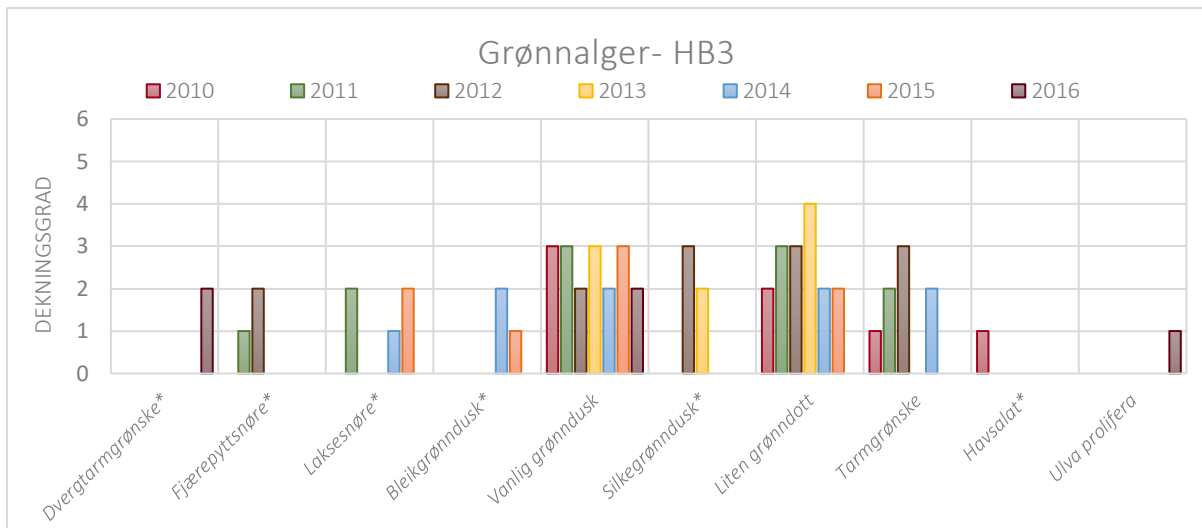
Figur 3.5.1.1: Antall observerte makroalgearter innen gruppene grønnalger, brunalger og rødalger samt dyrearter på stasjon HB3 (Arøy) i perioden 2010-2016.

Det er totalt tre arter av rødalger som har blitt observert alle år, fjæreblood (*Hildenbrandia rubra*) dominerer og sjøris (*Ahnfeltia plicata*) og krusflik (*Chondrus crispus*) har begge blitt observert tidligere med middels dekningsgrad (3 og 4), og ble dokumentert i 2016 da artene fikk verdi 2 (fig. 3.5.1.2). Slekten Rekeklo (*Ceramium sp.*) har blitt observert alle år, stort sett med middels dekningsgrad (3-4), arten vanlig rekeklo (*Ceramium virgatum*) ble registrert i 2016 (2). Rød skorpeformet kalkalge er ikke observert etter 2015. Artene svartkluft (*Furcellaria lumbricalis*) og Teinebusk (*Rhodomela confervoides*) har ikke blitt observert siden henholdsvis 2013 og 2014. Resterende arter har ikke blitt observert etter 2012.



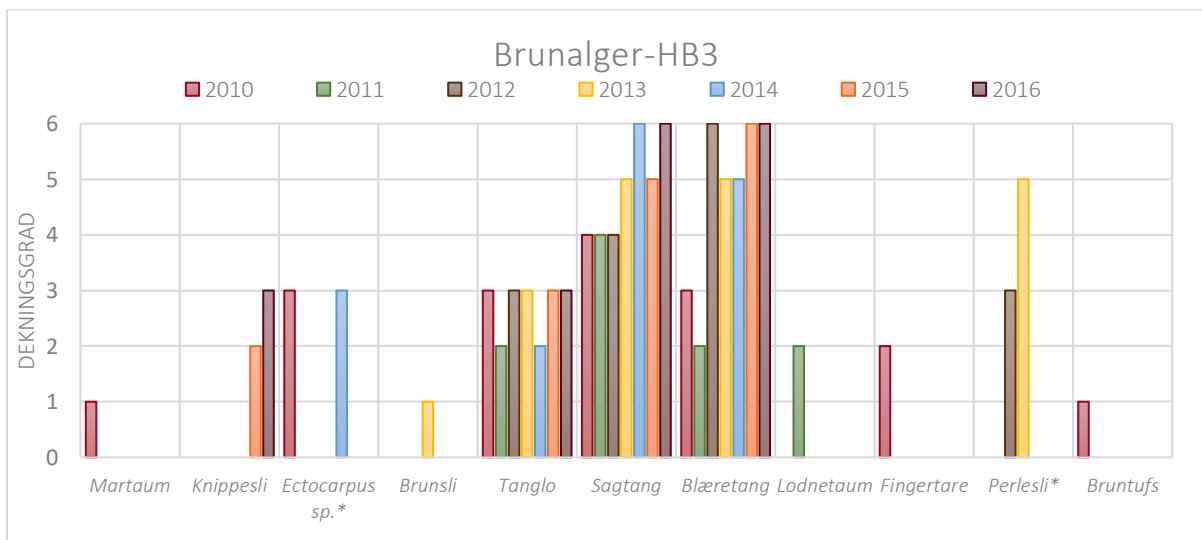
Figur 3.5.1.2: Dekningsgrad (semi kvantitativ skala 1-6) av rødalger (arter oppgitt med norsk navn) for stasjon HB3 i perioden 2010-2016. Oppportunister er merket med *. Kalkalge er her *Rød skorpeformet kalkalge*.

Det er kun en grønnalgeart som har blitt observert alle prøveår på stasjon HB3, vanlig grønnndusk (*Cladophora rupestris*), som har blitt observert med middels til lav dekningsgrad (2-3) (fig. 3.5.1.3). Liten grønnndott (*Spongomorpha aeruginosa*) som tidligere har blitt observert med middels dekningsgrad (3-4), har de siste år hatt en tilbakegang, og forsvunnet i 2016. Tarmgrønske (*Ulva intestinalis*), silkegrønnndusk (*Cladophora sericea*) og fjærepyttsnøre (*Chaetomorpha aerea*) har blitt observert tidligere ved gjenbesøk av stasjonen. Disse har ikke blitt observert siden henholdsvis 2014, 2013 og 2012. Bleikgrønnndusk (*Cladophora albida*) ble observert med lav dekningsgrad i 2014 (2), enkeltfunn i 2015 og ble ikke observert i 2016. Nykommerne i 2016, var dvergtarmgrønske (*Blidiniga minima*) og *Ulva prolifera*. Grønnalgene forekommer generelt med lav dekningsgrad (2 til 3) på denne stasjonen (unntakene er få, og skjeldent repitative).



Figur 3.5.1.3: Dekningsgrad (semi kvantitativ skala 1-6) av grønnalger (arter oppgitt med norsk navn, med unntak av *Ulva prolifera*) for stasjon HB3 i perioden 2010-2016. Oppportunister er merket med *.

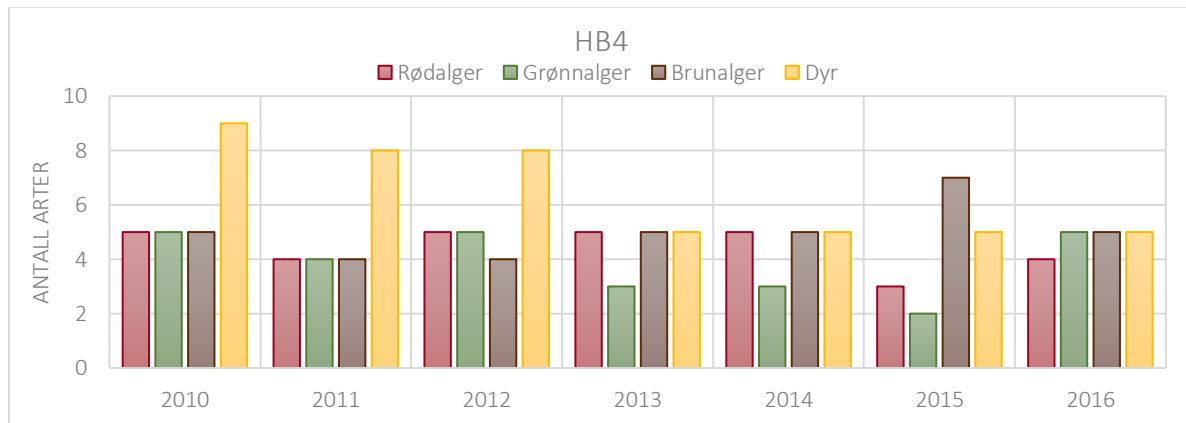
Av brunalger er det en stor forekomst av artene blæretang (*Fucus vesiculosus*) og sagtang (*Fucus serratus*) på stasjon HB3 (fig. 3.5.1.4). Begge artene har blitt observert alle prøveår, sammen med tanglo (*Elachista fucicola*). Forekomsten av tanglo er relativt stabil med dekningsgrad fra 2-3. Den opportunistiske arten perlesli (*Pylaiella littoralis*), som i 2013 ble dokumentert med høy dekningsgrad (5) har ikke blitt observert på stasjonen i ettertid. Knippesli (*Ectocarpus fasciculatus*) har blitt registrert i 2015 og 2016 med lav- middels dekning (2-3) Ellers, er det arter som ikke har blitt observert igjen på stasjonen eller kun har blitt observert 1 år.



Figur 3.5.1.4: Dekningsgrad (semi kvantitativ skala 1-6) av brunalger (arter oppgitt med norsk navn, unntak *Ectocarpus sp.*) for stasjon HB3 i perioden 2010-2016. Oppportunister er merket med *.

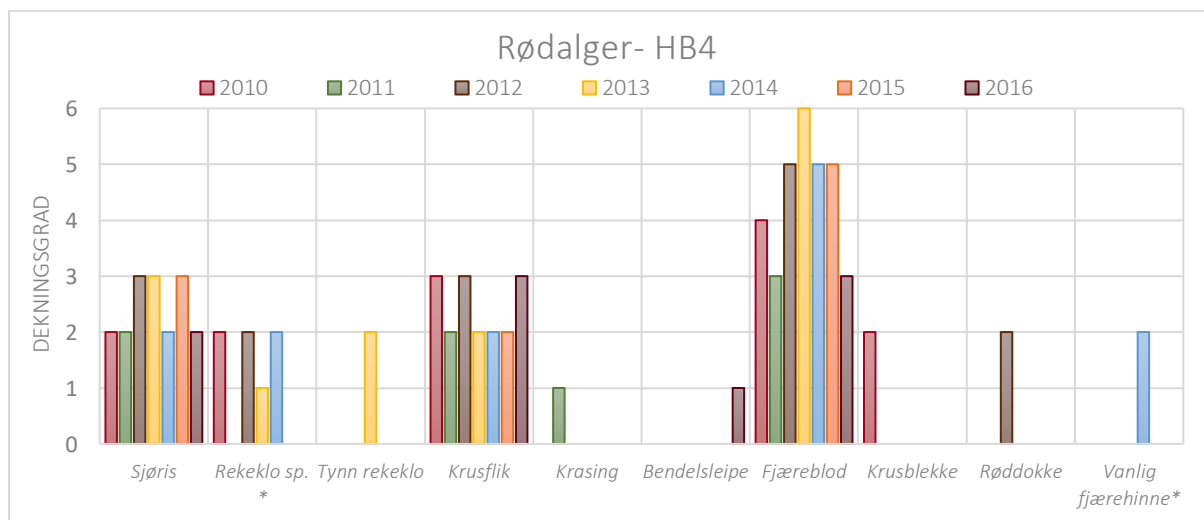
3.5.2 Stasjon HB4- Risøyodden

Stasjon HB4 er plassert nest ytterst i fjordgradienten, rangert som stasjon 2, og befinner seg i Langesundsfjorden. Det er en relativ stabil forekomst av antall rødalge- og brunalgearter (fig. 3.5.2.1) på denne stasjonen i perioden. Antall grønnalgearter avtar i 2013-2015, for så å øke igjen i 2016. Det ble observert flest brunalgearter i 2015, som var samme år det ble observert færrest rødalger. Forekomsten av dyr kan se ut til å avta etter 2012.



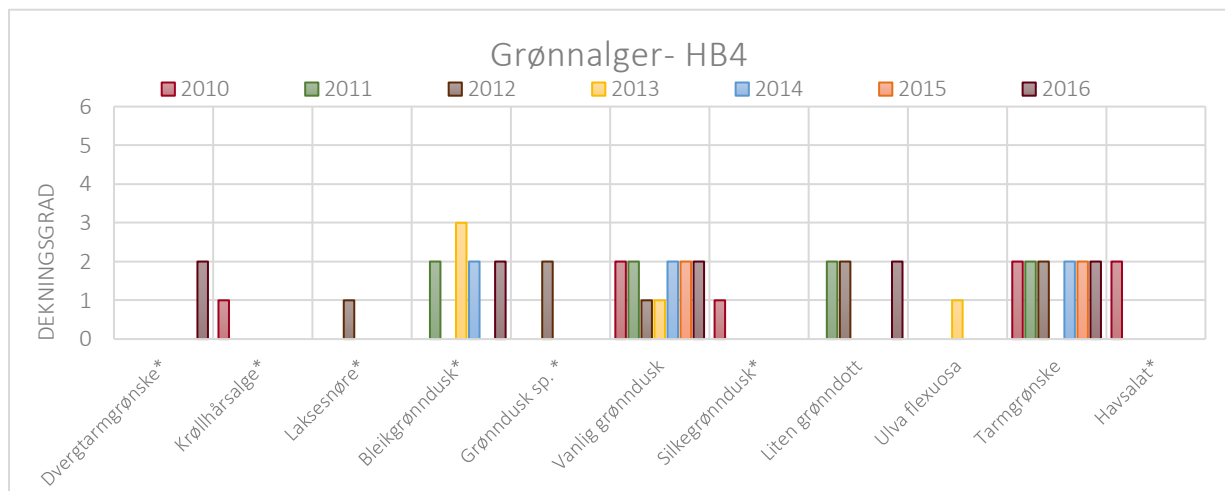
Figur 3.5.2.1: Antall observerte makroalgearter innen gruppene grønnalger, brunalger og rødalger samt dyrearter på stasjon HB4 (Risøyodden) i perioden 2010-2016.

Denne stasjonen har de samme rødalgeartene registrert hvert år som stasjon HB3 (fig. 3.5.2.2 og 3.5.1.2). Også her er det fjæreblood som har blitt dokumentert med størst dekningsgrad de fleste år, og dominerer. De laveste dekningsgraden for denne arten ble dokumentert i 2011 og 2016 (3). Krusflik ble registrert med høyere dekningsgrad i 2016 (3) enn i 3 årsperioden før (2). Nykommeren bendelsleipe (*Dumontia contorta*) ble registrert som et enkeltfunn i 2016.



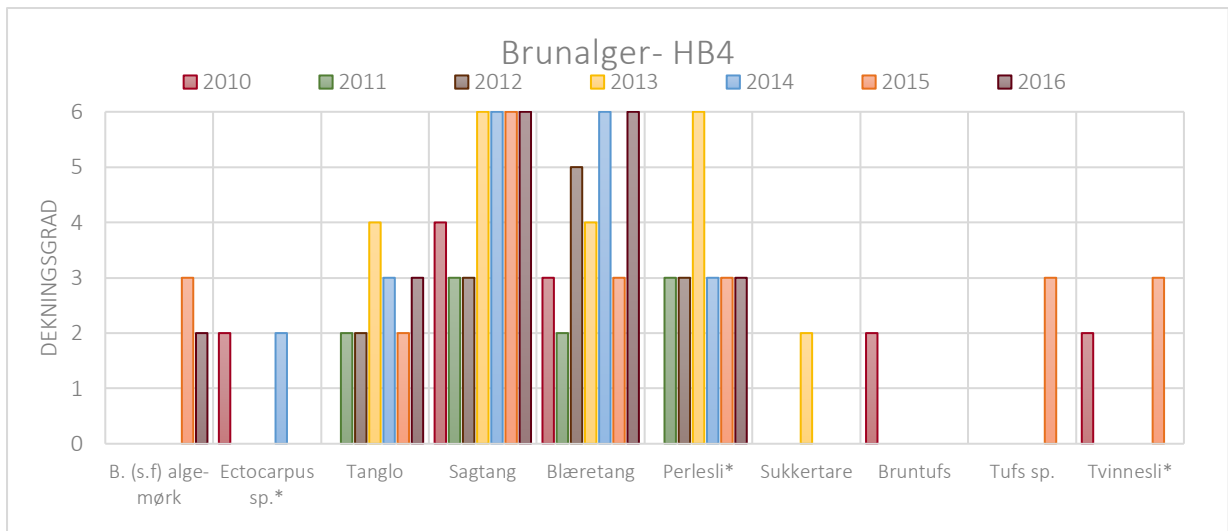
Figur 3.5.2.2: Dekningsgrad (semi kvantitativ skala 1-6) av rødalger (arter oppgitt med norsk navn) for stasjon HB4 i perioden 2010-2016. Oppportunisten er merket med *.

Det er to grønnalgearter som dominerer på denne stasjonen. Vanlig grønnndusk som har blitt observert alle prøveår, og tarmgrønske som har vært tilstede hvert år med unntak av 2013 (fig. 3.5.2.3). Begge er registrert med lav dekningsgrad (< 2). Bleikgrønnndusk og liten grønnndott har blitt observert med ujevne mellomrom og stort sett i lav forekomst (2-3). Begge ble observert i 2016. Nykommeren er dvergtarmgrønske som ble observert med lav dekningsgrad (2) i 2016.



Figur 3.5.2.3: Dekningsgrad (semi kvantitativ skala 1-6) av grønnalger (arter oppgitt med norsk navn, med unntak av *Ulva flexuosa*) for stasjon HB4 i perioden 2010-2016. Oppportunister er merket med *.

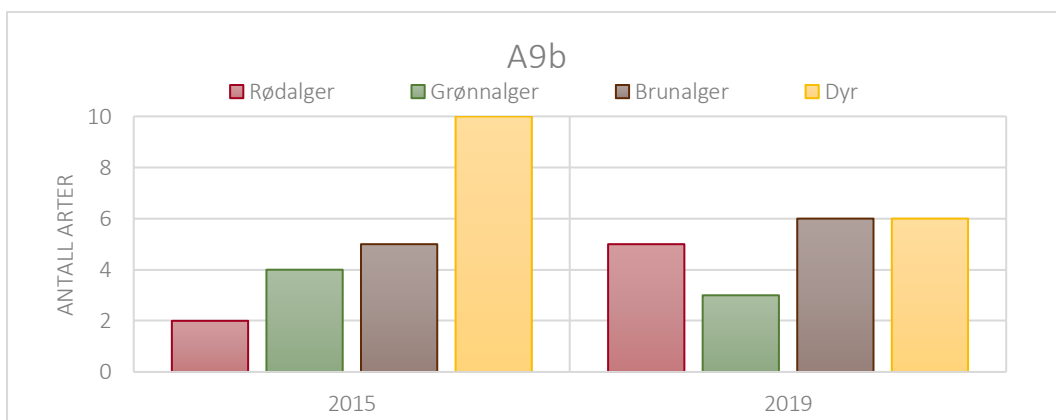
Tre brunalgearter har blitt observert hvert år på denne stasjonen (fig. 3.5.2.4). Sagtang og blæretang er av størst forekomst, og ble registrert med høy dekningsgrad (6) i 2016. Forekomsten av sagtang økte betraktelig fra 2012-2013, tanglo har vært relativt stabil med dekningsgrad 2-3. Perlesli har blitt observert alle prøveår unntatt 2010, den viste dominerende forekomst (6) i 2013, men har etter dette blitt registrert med dekningsgrad 3, som den også var før 2013. Nykommeren *Brun skorpeformet alge-mørk*, har blitt dokumentert de to siste årene (2-3 dekningsgrad). Resterende arter er kun tilstede i lave forekomster eller bare enkeltår.



Figur 3.5.2.4: Dekningsgrad (semi kvantitativ skala 1-6) av brunalger (arter oppgitt med norsk navn, med unntak av *Ectocarpus sp.*) for stasjon HB4 i perioden 2010-2016. Oppportunister er merket med *. B. (s.f) alge-mørk er her *Brun skorpeformet alge- mørk*.

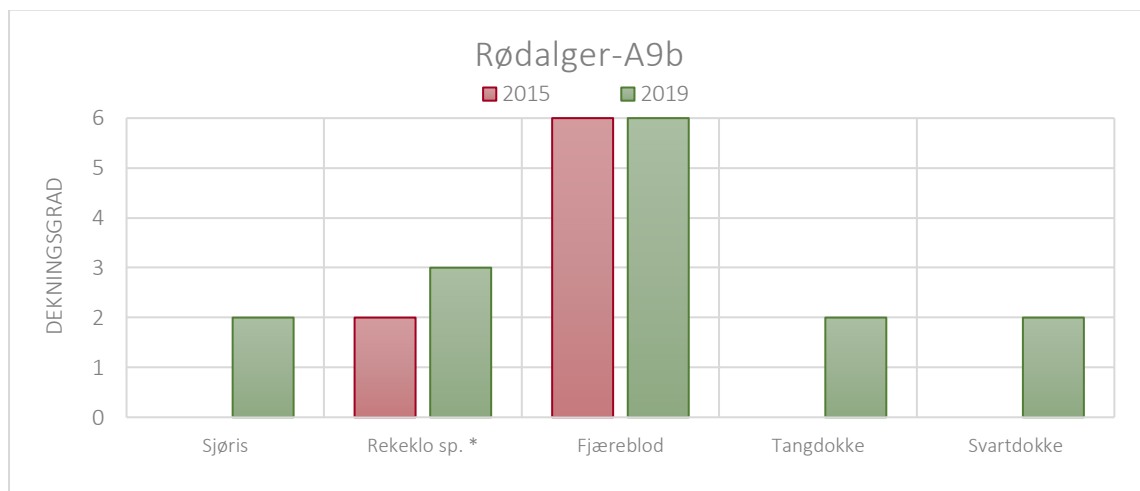
3.5.3 Stasjon A9b- Øya

A9b er rangert som stasjon 3 i fjordgradienten, og ligger i Langesundsfjorden. På denne stasjonen er det begge år registrert flest brunalgearter i tillegg til dyrearter (*fig. 3.5.3.1*). I 2019 er det et økt antall arter av gruppen rødalger, og det ble observert små endringer av brun – og grønnalgearter i 2019 sammenlignet med 2015. Det ble registrert færre dyr i 2019 enn det ble i 2015.



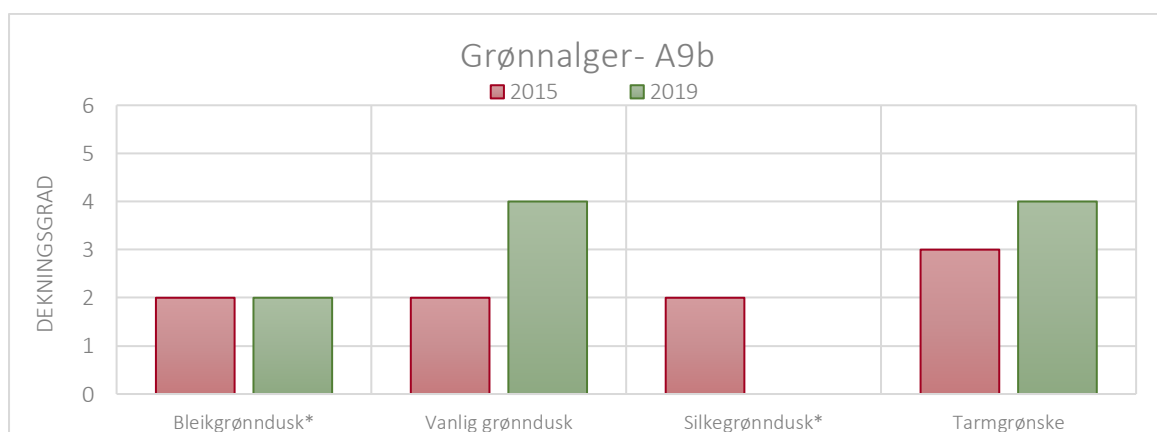
Figur 3.5.3.1: Antall observerte makroalgearter innen gruppene grønnalger, brunalger og rødalger samt dyrearter på stasjon A9b (Øya) 2015 og 2019.

Det er fjæreblood som er den dominerende rødalgearten på stasjon A9b (fig. 3.5.3.2). Den har blitt dokumentert med høy dekningsgrad (6) både i 2015 og i 2019. Slekten rekeklo har også blitt observert begge år, i noe større forekomst i 2019. Det ble observert 3 nye rødalger på denne stasjonen i 2019 (ikke registrert i 2015); sjøris, tangdokka (*Polysiphonia fibrillosa*) og svartdokka (*Polysiphonia fucoides*), alle med dekningsgrad 2.



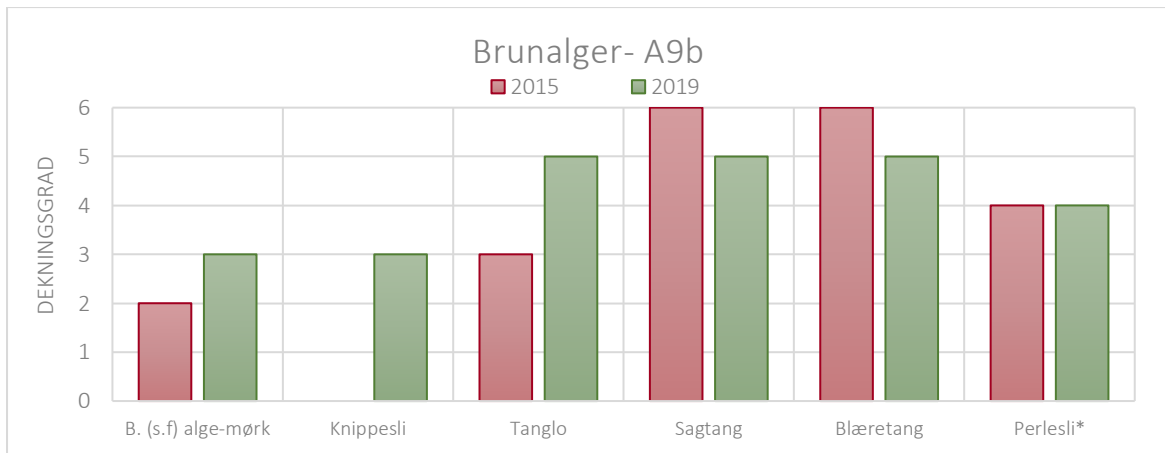
Figur 3.5.3.2: Dekningsgrad (semi kvantitativ skala 1-6) av rødalger (arter oppgitt med norsk navn) for stasjon A9b i 2015 og 2019. Opportunister er merket med *.

Vanlig grønndusk og tarmgrønske ble funnet i større forekomst i 2019 (4) enn i 2015 (2 og 3) (fig. 3.5.3.3). Bleikgrønndusk ble observert med lik dekningsgrad (2) begge år, mens silkegrønndusk, som ble observert i 2015 ble ikke observert i fjæra i 2019.



Figur 3.5.3.3: Dekningsgrad (semi kvantitativ skala 1-6) av grønnalger (arter oppgitt med norsk navn) for stasjon A9b i 2015 og 2019. Opportunister er merket med *.

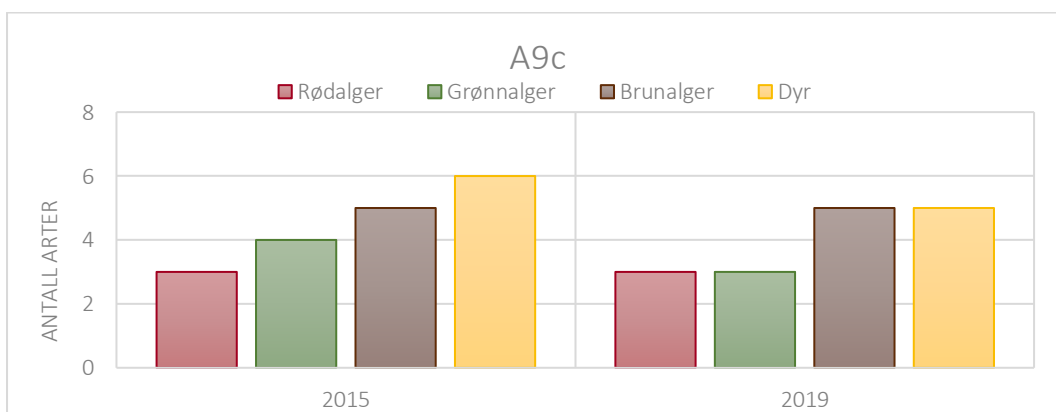
Det er en stor forekomst av brunalgene sagtang og blæretang på denne stasjonen, med noe lavere dekningsgrad i 2019 (5) enn i 2015 (6) (fig. 3.5.3.4). Tanglo har økt i forekomst på denne stasjonen i 2019 (5) sammenlignet med 2015 (3), sammen med *Brun skorpeformet alge-mørk*. Opportunisten perlesli forholder seg stabil, med middels dekningsgrad (4). Knippesli ble observert med middels dekningsgrad i 2019 (3), denne arten ble ikke observert i 2015.



Figur 3.5.3.4: Dekningsgrad (semi kvantitativ skala 1-6) av brunalger (arter oppgitt med norsk navn) for stasjon A9b i 2015 og 2019. Opportunister er merket med *. B (s.f) alge-mørk er her *Brun skorpeformet alge- mørk*.

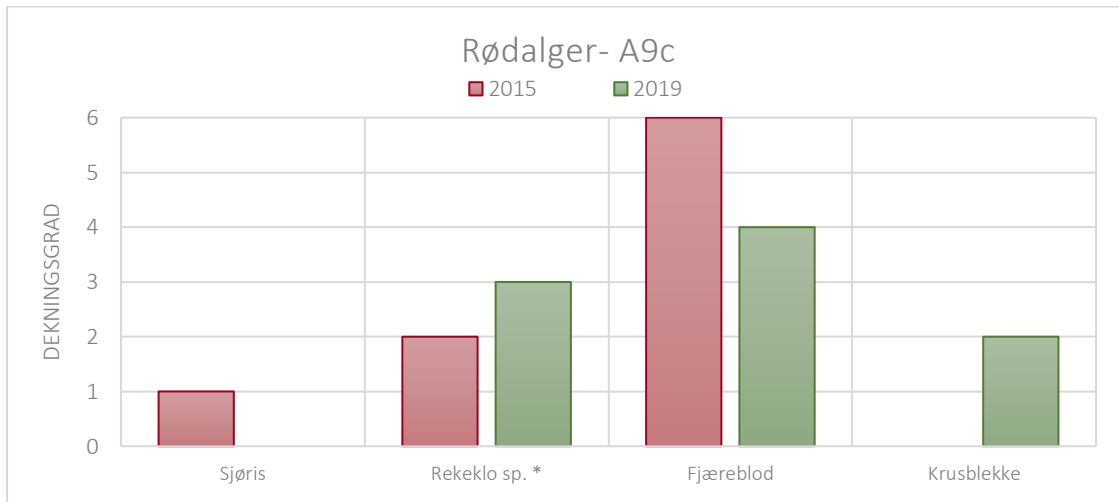
3.5.4 Stasjon A9c- Blokkhustangen

A9c er stasjonen rangert som nummer 4 i fjordgradienten, og ligger i Langesundsfjorden. Antall arter observert av brunalger og rødalger er lik i 2019 og i 2015 (fig. 3.5.4.1). Det er små variasjoner i observerte arter av grønnalger og dyr i 2019, sammenlignet med 2015.



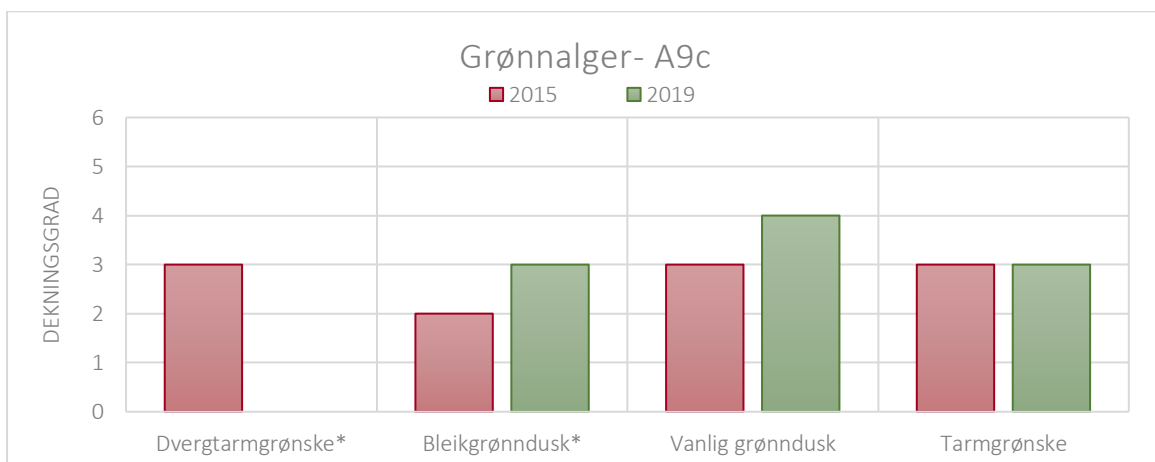
Figur 3.5.4.1: Antall observerte makroalgearter innen gruppene grønnalger, brunalger og rødalger samt dyrearter på stasjon A9c (Blokkhustangen) i 2015 og 2019.

Fjæreblood dominerer av rødalgerne, men ble dokumentert med lavere forekomst i 2019 (4) enn i 2015 (6), (fig. 3.5.4.2). Slekten rekeklo ble registrert med større dekningsgrad i 2019 (3), og nykommeren krusblekke (*Phyllophora pseudoceranoides*) ble dokumentert med mer enn et enkeltfunn (2). Sjørøis ble observert i 2015 som enkeltfunn, denne ble ikke observert i 2019.



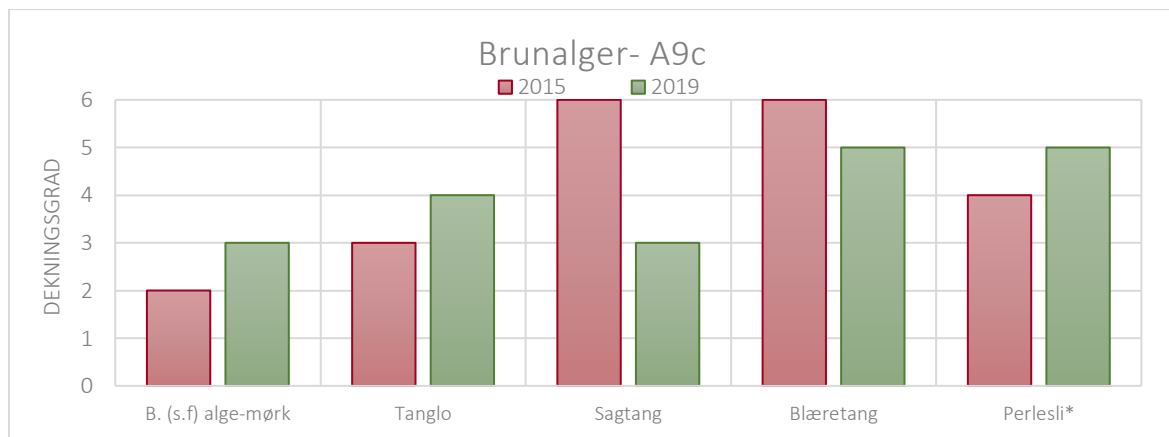
Figur 3.5.4.2: Dekningsgrad (semi kvantitativ skala 1-6) av rødalger (arter oppgitt med norsk navn) for stasjon A9c i 2015 og 2019. Oppportunister er merket med *.

Det er en svak økning i forekomst av artene bleikgrønndusk og vanlig grønndusk i 2019 (3 og 4), sammenlignet med 2015 (2 og 3), (fig. 3.5.4.3). Tarmgrønske ble observert med lik forekomst begge år (3), mens dvergtarmgrønske, som ble observert med middels dekningsgrad i 2015 (3), ble ikke observert i 2019.



Figur 3.5.4.3: Dekningsgrad (semi kvantitativ skala 1-6) av grønnalger (arter oppgitt med norsk navn) for stasjon A9c i 2015 og 2019. Oppportunister er merket med *.

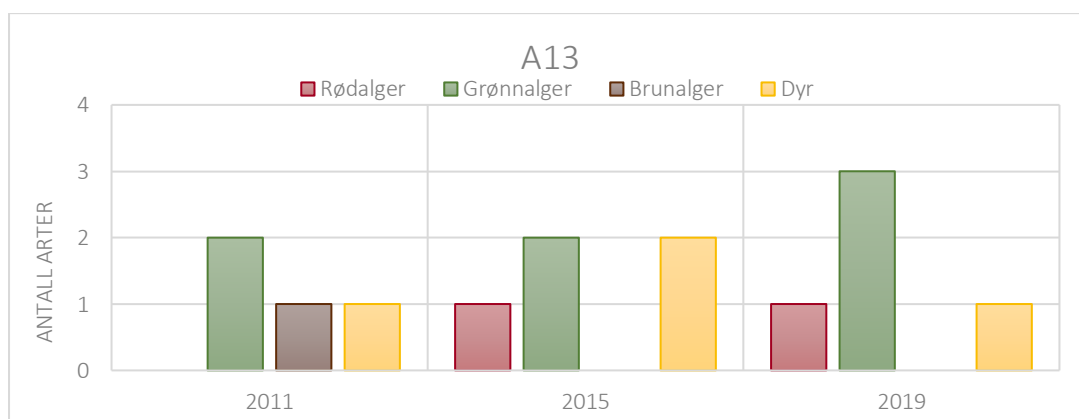
Brunalgearten sagtang viser en reduksjon av dekningsgraden (fig. 3.5.4.4). Sagtang ble registrert med dominerende forekomst (6) på stasjonen i 2015, mens den i 2019 var tilstede i middels forekomst (3). En kan også se at blæretang ble dokumentert i mindre dekningsgrad i 2019 (5), men ikke i samme grad som for sagtang. Det er en svak økt forekomst av algene *Brun skorpeformet alge-mørk*, tanglo og opportunisten perlesli i 2019 sammenlignet med 2015.



Figur 3.5.4.4: Dekningsgrad (semi kvantitativ skala 1-6) av brunalger (arter oppgitt med norsk navn) for stasjon A9c i 2015 og 2019. Opportunister er merket med *. B. (s.f) alge-mørk er her *Brun skorpeformet alge- mørk*.

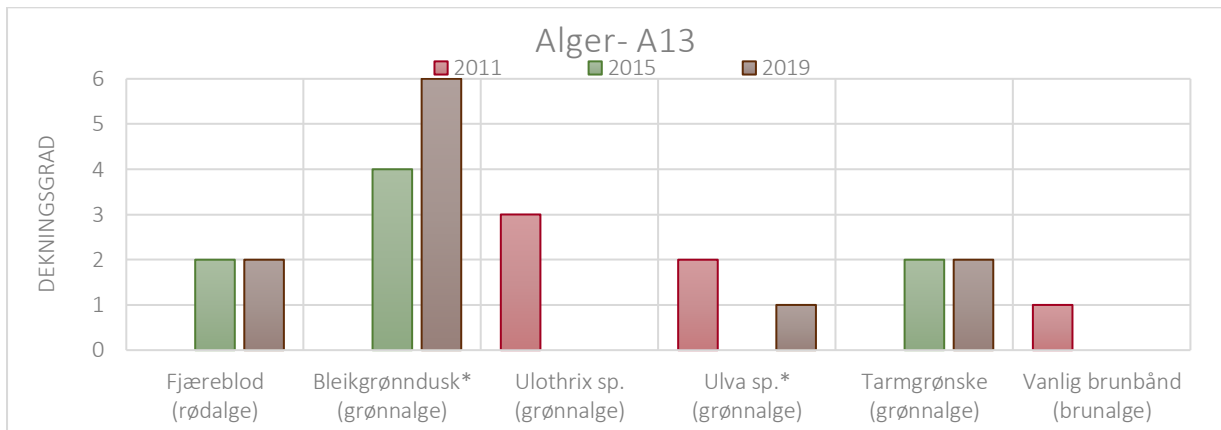
3.5.5 Stasjon A13- Steinholmene

Steinholmene er stasjonen rangert som nummer 5 i fjordgradienten og er den ytterste stasjonen i Frierfjorden. En kan se en tydelig reduksjon i forekomst av arter på denne stasjonen, sammenlignet med stasjonene i Langesundsfjorden. Det er observert flest grønnalgearter (fig. 3.5.5.1). I 2011 ble det observert en brunalgeart som ikke har blitt observert på denne stasjonen igjen senere.



Figur 3.5.5.1: Antall observerte makroalgearter innen gruppene grønnalger, brunalger og rødalger samt dyrearter på stasjon A13 (Steinholmene) i 2011, 2015 og 2019.

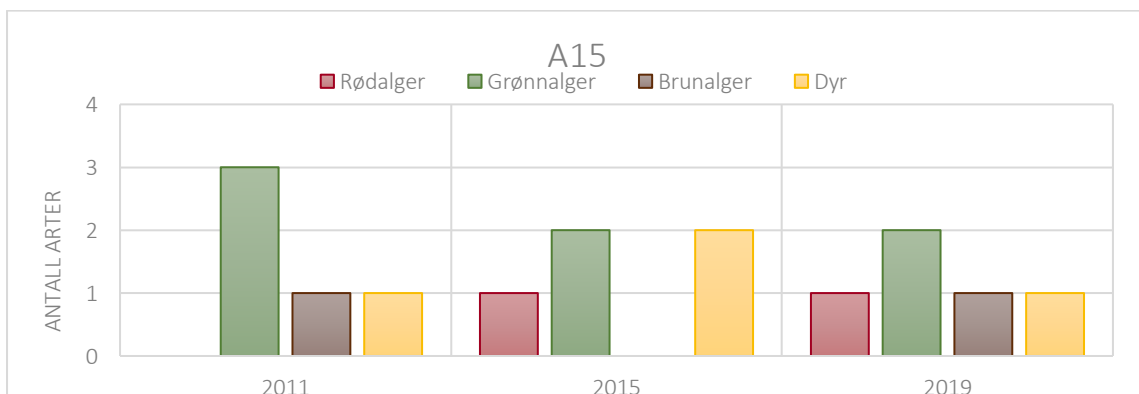
Det er ingen art som er observert alle undersøkelsesår 2011, 2015 og 2019 (fig. 3.5.5.2). Opportunisten bleikgrønndusk som ble dokumentert først i 2015 (4), viser økt forekomst i 2019 med dominerende dekningsgrad (6). Fjæreblod og tarmgrønske har begge blitt dokumentert med lav dekningsgrad i 2015 og 2019 (2). *Ulva sp.* ble registrert med lav dekningsgrad i 2011 (2), og enkeltfunn i 2019. *Ulothrix sp.* ble dokumentert i middels grad i 2011 (3), denne har ikke blitt observert i ettertid. I 2011 ble det dokumentert et enkeltfunn av brunalgen vanlig brunbånd (*Petalonia fascia*), denne har ikke blitt observert senere.



Figur 3.5.5.2: Dekningsgrad (semi kvantitativ skala 1-6) av algegruppene rød-, grønn og brunalger (arter oppgitt med norsk navn med unntak av *Ulothrix sp.* og *Ulva sp.*) for stasjon A13 i 2011, 2015 og 2019. Opportunister er merket med *.

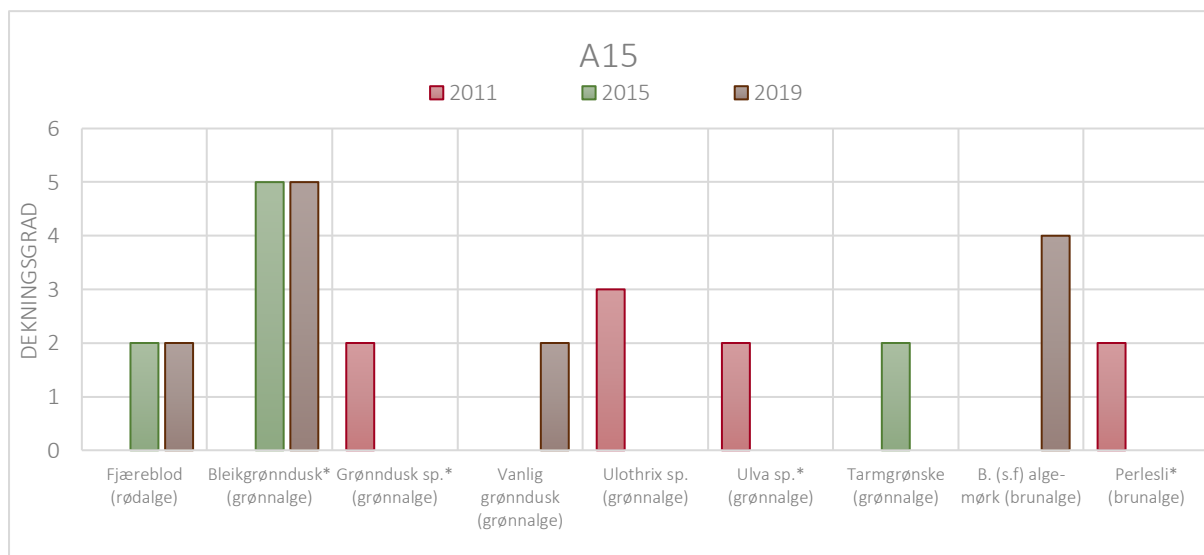
3.5.6 Stasjon A15- Saltbua

Saltbua er stasjonen som er rangert som nummer 6 i fjordgradienten, og ligger i Frierfjorden. Svært få arter ble observert på denne stasjonen i 2019 (fig. 3.5.6.1). Sammenlignet med tidligere år er det ikke store tegn til endringer. Det ble observert en brunalge i 2019, som ikke var dokumentert i 2015, samt en rødalge som ble observert først i 2015.



Figur 3.5.6.1: Antall observerte makroalgearter innen gruppene grønnalger, brunalger og rødalger samt dyrearter på stasjon A15 (Saltbua) i 2011, 2015 og 2019.

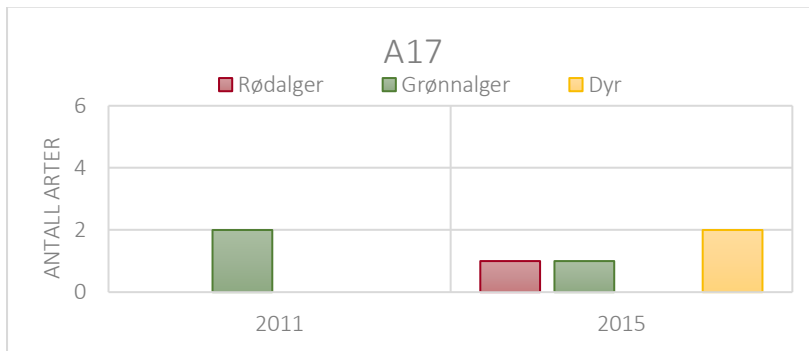
Opportunisten bleikgrønndusk er den grønnalgearten med største forekomst (5), og ble observert både i 2015 og i 2019. Det er ingen art som er observert alle undersøkelsesår, 2011, 2015 og 2019 (fig. 3.5.6.2). Fjæreblod ble dokumentert i 2015 og i 2019 med lav dekningsgrad (2). Det er to nykommere på denne stasjonen (2019), vanlig grønndusk og *Brun skorpeformet alge-mørk*. Vanlig grønndusk ble registrert med lav dekningsgrad (2), mens *Brun skorpeformet alge-mørk* ble registrert med middels forekomst (4). Det ble registrert grønnalger fra slekten Grønndusk (*Cladophora sp.*) og *Ulva sp.* i 2011, som senere år har blitt observert og identifisert til arter. *Ulothrix sp.* ble observert i 2011 (3), denne ble ikke observert i 2015 eller 2019. Tarmgrønske ble observert med lav dekning i 2015 (2), men ble ikke observert i 2019, og perlesli som kun har blitt dokumentert i 2011, med lav dekning (2).



Figur 3.5.6.2: Dekningsgrad (semi kvantitativ skala 1-6) av algegruppene rød-, grønn og brunalger (arter oppgitt med norsk navn med unntak av *Ulothrix sp.* og *Ulva sp.*) for stasjon A15 i 2011, 2015 og 2019. Opportunister er merket med *. B. (s.f) alge-mørk er her *Brun skorpeformet alge-mørk*.

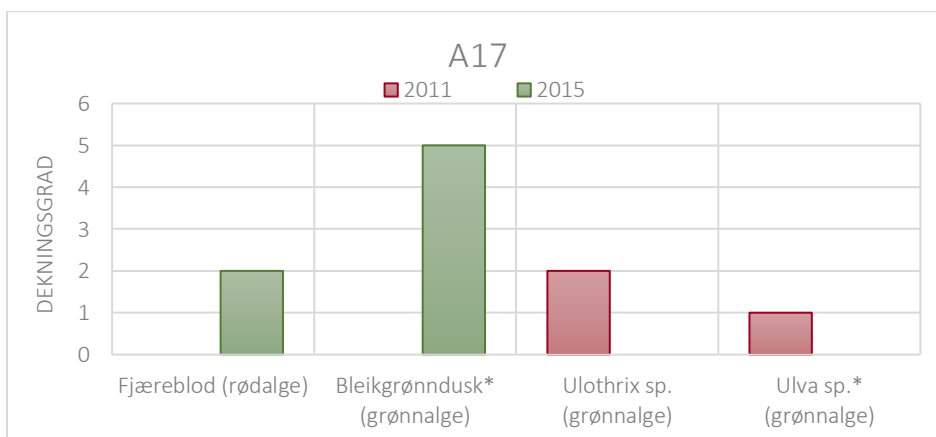
3.5.7 Stasjon A17- Balsøy

Det er svært liten forekomst av arter på stasjon A17, som er den innerste stasjonen i Frierfjorden, rangert som nummer 8. Det ble observert to grønnalgearter på denne stasjonen i 2011, mens det i 2015 ble observert en art av grønnalge, en rødalgeart samt dyrearter (*fig. 3.5.7.1*).



Figur 3.5.7.1: Antall observerte makroalgearter innen gruppene grønnalger, brunalger og rødalger samt dyrearter på stasjon A17 (Balsøy) i 2011 og 2015.

Ingen av artene som er registrert på denne stasjonen ble observert begge år, 2011 og 2015 (*fig. 3.5.7.2*). I 2011 ble grønnalgene kun identifisert til slekt; *Ulothrix sp.*, med lav dekningsgrad (2), og *Ulva sp.* kun med enkeltfunn. I 2015 ble Bleikgrønndusk observert med stor dekningsgrad på denne stasjonen (5), sammen med rødalgearten fjæreblood, i liten forekomst (2).



Figur 3.5.7.2: Dekningsgrad (semi kvantitativ skala 1-6) av algegruppene rød og grønnalger (arter oppgitt med norsk navn, unntak; *Ulothrix sp.* og *Ulva sp.*) for stasjon A17 i 2011 og 2015. Opportunister er merket med *.

3.6 EQR (Ecological Quality Ratio) og nEQR-verdi (normalized Ecological Quality Ratio)

EQR og nEQR-verdi for vannforekomstene Langesundsfjorden og Frierfjorden er beregnet basert på resultater fra fjæresoneundersøkelsen i 2019. Da det ikke eksisterer en godkjent indeks for utregning av EQR-verdi for fjæresoneundersøkelse i Økoregion Skagerrak, ble fjæreindeksen RSL 4 benyttet for Langesundsfjorden og RSL 5 for Frierfjorden. Dette er indekser utviklet for fjorder som er ferskvannspåvirket og svært ferskvannspåvirket. Da det ble funnet svært få arter på stasjonene i Frierfjorden var det ikke mulig å beregne EQR og nEQR-verdier her. Fjærepotensiale for stasjon A9b (*tab. 3.6.1*) og A9c (*tab. 3.6.2*) beregnes fra poengsummen i stasjonsskjemaet etter innsamling i felt og utregninger av alle parametere fra arter etter den reduserte artslisten. Da det ble observert under 14 arter på hver av stasjonene i Langesundsfjorden, ble EQR-verdiene for prosentandel rødalger og ESG-forhold (ettårige og flerårige alger) ikke tatt med i utregningen av nEQR og har blitt skravert, i henhold til Direktoratgruppen vanndirektivet 2018 a (*tab. 3.6.3 og 3.6.4*).

Tabell 3.6.1: Beregnet fjærepotensiale for stasjon A9b etter innsamling i felt 17.09.2019, samt beregninger av parametere fra den reduserte artslisten til RSL 4 og 5 i Direktoratgruppen vanndirektivet 2018 c.

Stasjon A9b	Verdi	Parameter	Beregning	Utregnet Verdi
Sum poeng	11			
Fjærepotensiale	1.29			
Sum antall arter	12	Normalisert artsantall	$1.29 * 12$	15.5
Antall rødalger	5	Prosentandel rødalger	$\left(\frac{5}{12}\right) * 100$	42
Antall grønnalger	3	Prosentandel grønnalger	$\left(\frac{3}{12}\right) * 100$	25
Antall brunalger	4	Prosentandel brunalger	$\left(\frac{4}{12}\right) * 100$	33
Antall opportunister	4	Prosentandel opportunister	$\left(\frac{4}{12}\right) * 100$	33
Antall ESG1	4	ESG1/ESG2 forhold	$4/7$	0.57
Antall ESG2	7			

Tabell 3.6.2: Beregnet fjærepotensiale for stasjon A9c etter innsamling i felt 17.09.2019, samt beregninger av parametere fra den reduserte artslisten til RSL 4 og 5 i Direktoratgruppen vanndirektivet 2018 c.

Stasjon A9c	Verdi	Parameter	Beregning	Utreignet verdi
Sum poeng	13			
Fjærepotensiale	1.14			
Sum antall arter	10	Normalisert artsantall	$1.14 * 10$	11.4
Antall rødalger	3	Prosentandel rødalger	$\left(\frac{3}{10}\right) * 100$	30
Antall grønналger	3	Prosentandel grønналger	$\left(\frac{3}{10}\right) * 100$	30
Antall brunalger	4	Prosentandel brunalger	$\left(\frac{4}{10}\right) * 100$	40
Antall opportunister	4	Prosentandel opportunister	$\left(\frac{4}{10}\right) * 100$	40
Antall ESG1	4	ESG1/ESG2 forhold	$4/6$	0.67
Antall ESG2	6			

Tabell 3.6.3: Utringinger av EQR og nEQR-verdier for stasjon A9b etter innsamling i felt 17.09.2019 basert på klassegrenser for RSL 4 i Direktoratgruppen vanndirektivet 2018 a.

Stasjon A9b	Fjæra	Utregning	EQR
Normalisert rikhet	15	$\left\{ \left[\left(\frac{15 - 9}{7} \right) \right] * 0.2 \right\} + 0.4$	0.57
Prosentandel grønналger	25	$0.8 - \left\{ \left[\left(\frac{25 - 25}{5} \right) \right] * 0.2 \right\}$	0.80
Prosentandel rødalger	41.67	$\left\{ \left[\left(\frac{42 - 30}{70} \right) \right] * 0.2 \right\} + 0.8$	0.83
ESG1/ESG2 forhold	0.57	$\left\{ \left[\left(\frac{0.57 - 0.5}{0.15} \right) \right] * 0.2 \right\} + 0.6$	0.69
Prosentandel opportunister	33.33	$0.6 - \left\{ \left[\left(\frac{33 - 23}{13} \right) \right] * 0.2 \right\}$	0.45
nEQR		$\frac{(0.57 + 0.8 + 0.45)}{3}$	0.61

Tabell 3.6.4: Utringninger av EQR og nEQR-verdier for stasjon A9c etter innsamling i felt 17.09.2019 basert på klassegrenser for RSL 4 i Direktoratgruppen vanndirektivet 2018 a.

Stasjon A9c	Fjæra	Utrekning	EQR
Normalisert rikhet	15	$\left\{ \left[\left(\frac{11-9}{7} \right) \right] * 0.2 \right\} + 0.4$	0.46
Prosentandel grønnsalger	25	$0.6 - \left\{ \left[\left(\frac{30-30}{10} \right) \right] * 0.2 \right\}$	0.60
Prosentandel rødalger	41.67	$\left\{ \left[\left(\frac{30-23}{7} \right) \right] * 0.2 \right\} + 0.6$	0.80
ESG1/ESG2 forhold	0.57	$\left\{ \left[\left(\frac{0.57-0.65}{0.35} \right) \right] * 0.2 \right\} + 0.8$	0.75
Prosentandel opportunist	33.33	$0.4 - \left\{ \left[\left(\frac{40-36}{5} \right) \right] * 0.2 \right\}$	0.24
nEQR		$\frac{(0.46 + 0.6 + 0.24)}{3}$	0.43

Utrekningene av nEQR for stasjon A9b gir tilstandsklasse god, mens utregningene for stasjon A9c gir tilstandsklasse moderat. Samlet nEQR for stasjonene (A9b og A9c) i Langesundsfjorden (2019) gir tilstandsklasse moderat (*tab. 3.6.5*), i henhold til Direktoratgruppen Vanndirektivet 2018 a (*fig. 3.6.1*).

Tabell 3.6.5: Samlet nEQR verdi for stasjon A9b og A9c i Langesundsfjorden 2019.

Samlet nEQR for stasjon A9b og A9c	nEQR
$\frac{(0.61 + 0.43)}{2}$	0.52

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

Figur 3.6.1: EQR og nEQR-verdi for fjæreindeks (RSL/RS LA). Hentet fra Direktoratgruppen Vanndirektivet 2018 a, tab. 9.14.

4 Diskusjon

Det er en tydelig endring i artssammensetning og struktur, med et redusert antall arter observert jo lenger inn i fjordgradienten stasjonene er plassert. Da det er gjort observasjoner ved varierte tidspunkt kan det ha skjedd endringer i tidsrommet mellom årene for prøvetaking som ikke har blitt oppdaget. Det ble i resultatet vist en sammenheng med ordinasjonsanalysen DCA1 og år (*tab. 3.2.2*). Da det ikke er tatt gjentatte undersøkelser alle år på hver av stasjonene, er dette litt usikkert å støtte seg til da makroalgесamfunnet kan variere fra år til år av ulike årsaker (Dragsund m.fl. 2006). Basert på stasjonenes plassering i ordinasjonsplottet, kan en tolke to floristiske gradienter med hensyn til likheter i vegetasjonsbilde. Skillet mellom gradientene kan ses på $DCA1 = 1$ (*fig. 3.3.3*). Den ene floristiske gradienten er plassert i Frierfjorden (A13- A18) mens den andre er i Langesundsfjorden (A9c- HB3). Selv om flere makroalger er tilpasset forholdene i fjæresonen vil artsutvalget og mengden arter variere basert på naturgitte og menneskeskaptе faktorer som påvirker den vannforekomsten de befinner seg i (Rueness, 1977).

4.1 Artssammensetningen av makroalger innover fjordgradienten

Sammenhengen mellom DCA-ordinasjonen og fjordgradienten, vist med korrelasjonsanalyse (*vedlegg IX*) kan tolkes som at det er en endring i artsvariasjon innover fjordgradienten, med en betydelig utskifting av arter basert på DCA1 og dens akselengde (5.5 S.D. enheter) (*tab. 3.2.1*). Den største forekomsten av brunalger og rødalger finner sted ved de stasjonene som befinner seg lengst ute i fjordgradienten, HB3, HB4 A9b og A9c (*fig. 3.3.3 og fig. 3.4.1*). Brunalgene som dominerer på disse stasjonene er sagtang, tanglo og blæretang. Disse tre artene er kjent som forholdsvis vanlige brunalger som er utbredt langs hele kysten, tanglo finnes ofte som vekst på tang, spesielt blæretang. Sagtang er vanlig å finne i øvre del av sublittoralsonen og vokser både på eksponerte og beskyttede områder. Blæretang kan vokse både på eksponerte og beskyttede områder, og observeres ofte i littoralsonen. Blæretang er en relativt tolerant art, og har blitt observert i områder hvor saltholdigheten har vært så lav som 5-10 ‰ (Rueness, 1977). Av rødalgene er det artene fjæreblood og sjøris som dominerer, samt arter fra slekten rekeklo. Fjæreblood er kanskje en av Norges vanligste rødalger, den finnes på alle former av fjell, stein og berg hvor den følger fjellsprekker helt opp i sprøytesonen, og er utbredt langs hele kysten og langt inn i fjorder (Rueness, 1977).

Denne ble også dokumentert på stasjon A13 og A15 i Frierfjorden i 2019 (i lav grad, 2). Sjøris er vanligst å finne på beskyttede steder, men den kan også vokse på utsatte steder og er utbredt langs hele kysten, som også vanlig rekeklo fra slekten rekeklo er. Det finnes mange arter innenfor denne slekten, hvor flere av disse er ettårige og vanlige å finne om sommeren. Slekten kan være vanskelig å artsbestemme da flere av artene har en miljøbettinget formvariasjon (Rueness, 1977). Grønnalgene som dominerer i den ytre delen av fjordgradienten (i Langesundsfjorden) er tarmgrønnske, vanlig grønndusk og bleikgrønndusk. Tarmgrønnske er en av Norges vanligste grønnalger. Dette er en robust art som tåler store vekslinger i saltholdighet, og tåler godt brakkvann, og finnes stort sett i littoralsonen. Vanlig grønndusk er vanlig langs hele kysten og vokser gjerne som undervegetasjon i sagtangbelte. Bleikgrønndusken vokser både på eksponerte og beskyttede områder. Denne arten er svært tolerant mot endringer i saltholdighet og temperaturvekslinger, og finnes stort sett i littoralsonen. Slekten grønndusk og tarmgrønnsker er hurtigvoksende alger som ofte finnes i store forekomster i områder der det er høye konsentrasjoner av næringsalter (Gitmark m.fl. 2015). Grønnalgen bleikgrønndusk dominerte i den innerste delen av fjordgradienten ved stasjonene i Frierfjorden (A13, A15, A17 og A18), sammen med de stresstolerante, hurtigvoksende artene fra slekten *Ulva* og *Ulothrix* (Rueness, 1977, Rueness, 1998). Generelt har det blitt dokumentert få arter på stasjonene i Frierfjorden. Fjæreblod er den eneste rødalgen som har blitt observert ved stasjonene A13, A15 og A17. I 2019 ble det kun observert den hurtigvoksende brunalgen Brun skorpeformet kalkalge på stasjon A15. Ulikhetene i artssammensetningen på DCA2 (fig. 3.4.1), vist av den vertikale utbredelsen langs y-aksen, er hovedsakelig observasjoner av forskjellige arter for stasjon HB3 og HB4. Dette er stort sett alger som har blitt observert i lav forekomst eller kun enkeltår på hver av stasjonene. Stasjon HB3 har for øvrig blitt registrert med flere rødalge- og grønnalgearter enn stasjon HB4.

4.2 Salinitet og næringssaltkonsentrasjoner

Salinitet er en viktig styrende faktor for utbredelse av arter i overflatelaget, få marine arter er tolerante mot lav saltholdighet da de blir utsatt for osmotisk stress (Moy m.fl., 2003, Berggren, 2018). Rent havvann har en saltholdighet på ca. 35 ‰, stort sett er det minimale vekslinger i salinitetsnivå men i områder ved elvemunninger, som Frierfjorden, vil dette være en viktig faktor (Rueness, 1977). Moy og Walday (1996) skriver at «Marine alger og dyr har et minimumskrav for saltholdighet. Det er derfor naturlig å anta en generell reduksjon i antall arter og en økning i hurtigvoksende grønnalger med økt elvepåvirkning».

Frierfjorden, som får direkte tilførsel av ferskvann fra Skienselva har i gjennomsnitt et 5-10 m dypt overflatelag med brakkvann hele året (ca. 4‰), (Walday m.fl. 2012).

Stasjonene lengst inn i fjorden (A13, A15, A17 og A18) ble dokumentert med den laveste artsrikheten, med grønnalger som dominerende klasse. I undersøkelsesårene 2011, 2015 og 2019 ble det stort sett funnet stresstolerante arter på disse stasjonene (fjæreblod, *Ulva* sp., *Ulothrix* sp. og bleikgrønndusk) hvor den dominerende arten var den opportunistiske grønnalgen bleikgrønndusk (fig. 3.5.5.2, 3.5.6.2 og 3.5.7.2). De fleste grønnalger er stresstolerante, og i brakkvannsområder og forurensede områder vil de ofte utkonkurrere andre arter i fjæra og dominere i vegetasjonsbilde (Dragsund m.fl. 2006). Det har blitt dokumentert svært lite dyr på stasjonene i Frierfjorden. Brakkvannsrur (*Balanus improvisus*) og/eller slekten rur (*Balanus* sp.) har blitt registrert på alle stasjonene i Frierfjorden, med unntak av A18 (2011) hvor det ikke ble observert dyr. Brakkvannsrur er en svartelistet art som i dag er kategorisert som potensielt høy risiko, da den konkurrerer om plassen til andre stedegne arter (Artsdatabanken b).

Det er en sterk indikasjon på at reduksjonen av arter innover fjordgradienten skjer som følge av redusert salinitetsnivå i kombinasjon med tilførsel av næringssalter, med hensyn til artenes betingelser for miljøet. Plante- og dyrelivet i fjæra endrer seg med de miljøforholdene de befinner seg i som gjenspeiler hvordan tilstanden har vært over tid. Da makroalger er planter som benytter næringssalter til vekst og produksjon, kan naturlige tilførsler av næringssalter være gunstig for algesamfunnet. Vedvarende høye næringssaltkonsentrasjoner (overgjødsling) vil derimot føre til et redusert antall arter og artsrikhet, ofte dominert av opportunistiske alger. Slike endringer i artssammensetningen av makroalger vil også påvirke dyrelivet i fjæra da mange dyr er avhengig av et godt utbredt tangbelte (Dragesund m.fl. 2006, Walday m.fl. 2012). Selv om det er vist til en reduksjon av tilførte næringssalter fra Skienselva i perioden 1990-2010 (Walday m.fl. 2012) så er fortsatt næringstilgangen vurdert som høy, og relativt stabil gjennom hele året. Mye av næringssaltene som blir tilført Frierfjorden transporteres ut av fjorden til utenforliggende områder og resulterer i høy biomasse av planteplankton i disse områdene (Naustevoll m.fl. 2019).

4.3 Eksponering, helning og sonering

Som økologisk faktor for artssammensetning av makroalger er vannbevegelse svært viktig. Vannbevegelsen er knyttet til flere faktorer som vind, strøm og til dels tidevann. Tidevannsendringen i Skagerrak er særs liten (ca. 0.4 m) og ikke av særlig påvirkning på fjæresonesamfunnet. Det skal for øvrig merkes at for fjorder tilknyttet elver vil tidevann ha innvirkning på blandingen av elvevann og sjøvann (Rueness, 1977, Moy m.fl. 2003). Større betydning for påvirkning av fjæresonesamfunnet er blant annet eksponering.

Den mekaniske effekten av bølgeslag kan være av stor påkjenning for arter som har lav toleranse for denne slitasten. Noen brunalgearter er spesielt tolerante for høy eksponering som eksempel butare (*Alaria esculenta*), mens andre er mer vanlig å finne på litt mindre eksponerte områder som sagtang og blæretang (Rueness, 1977). De sistnevnte er artene som ble observert med størst forekomst ved stasjonene plassert i Langesundsfjorden. Både Frierfjorden og Langesundsfjorden er betegnet som beskyttet fjord. Dette er på bakgrunn av den begrensede flaten vinden har for å bygge opp bølger, da fjordene befinner seg lenger inn i fjordsystemet med en rekke øyer rundt som gjør at de ligger mer i le for kraftig vindpåvirkning. Bølgeeksponering er i stor grad avhengig av både vindretning og styrke for at stor vannbevegelse skal oppstå (Moy m.fl. 2003, Vann-Nett a). Det skal bemerkes at stasjon HB3 som ligger i Langesundsfjorden er merket som moderat eksponert (*vedlegg VI*).

For makroalger som befinner seg i fjæresonen vil underlaget være av betydning. Alle stasjonene som ble undersøkt i 2019 var dominert av fjell/berg, små og store steiner som var delvis glatte med sprekker. Dette er substrat som i utgangspunktet gir gode betingelser for algenes mulighet til feste (Rueness, 1977). To av stasjonene (A9c og A15) var relativt bratte, noe som kan ha påvirkning på artssammensetningen i fjæresonen. Ved økt helningsgrad vil påvirkninger som blant annet bølger og isskuring få en forsterket effekt på organismene som befinner seg i fjæra. Dette er med på å øke faren for at organismene løsner (Artsdatabanken c). Det var ikke noen tydelig indikasjon på at helningsgraden var av stor påvirkning på stasjon A9c i 2019 sammenlignet med stasjon A9b, med relativt svakere helning. Det ble for øvrig observert 2 arter mer på stasjon A9b enn det ble på A9c. Det er ikke nødvendigvis slik at en arts utbredelse nedover fjæresonen begrenses av kun fysiske faktorer. Vegetasjonen i fjæra kan ofte være ganske tettvokst med mange individer som konkurrerer om plassen. Dette gjelder både planter og dyr.

Ofte vil en se en form for sonering nedover vannsøylen basert på de ulike arters toleranse (Rueness, 1998). Soneringsprofilen skilles ofte inn i tre hovedsoner; Supralittoralsonen, littoralsonen og sublittoralsonen.

Supralittoralsonen blir oftest mest synlig ved sterk eksponering, da dette er sonen for bølgesprut. Her vil en ofte finne få arter som typisk vil være en rekke blågrønnbakterier. Under supralittoralsonen ligger littoralsonen. Littoralsonens øvre grense settes av et rurbelte, mens nedre grense ofte finner sted ved øvre grense av eksempelvis sagtang. Sublittoralsonen begynner ved øvre voksegrense til sagtang og fortsetter ned til algeveksten bortfaller (Rueness, 1977). I 2019 ble det kun observert en tydelig sonering for en av stasjonene i Frierfjorden, A13. Her var det et bart parti uten vekst (ca. 10 cm) før det ble observert et tett rurbelte som strakk seg 20 cm nedover vannsøylen. Under nedre grensen til rurbelte ble det observert et dominerende lag med bleikgrønn dusk og diatomeer som strakk seg helt ned til bunn av stasjonen, da dette var en veldig grunn stasjon (ca. 2-2,5 m). På stasjon A15 ble det ikke observert noe tydelig sonering, da hele stasjonen var dominert med rur. Dette var en av stasjonene som hadde stor helning. For stasjonene i Langesundsfjorden ble det observert svak sonering på stasjon A9b. Stasjon A9b er uten særlig helning så tangbelte ble observert ganske langt oppe i vannsøylen. Over tangbelte ble det observert diverse grønnalger under et øvre lag med brun skorpeformet kalkalge. På denne stasjonen var sagtang dominerende art og strakk seg ca. 30 cm nedover i littoralsonen og 1,5 m videre sublittoralt. På denne stasjonen ble det observert diverse dyr som strandkrabbe (*Carcinus maenas*), strandsnegl (*Littorina sp.*), mosdyr (*Bryozoa sp.*) og rur, og var den stasjonen hvor det ble observert flest ulike arter i 2019. På stasjon A9c var det relativt bratt, og tangbelte hovedsakelig bestående av blæretang ble observert fra øverst i littoralsonen, og strakk seg ca. 60 cm og videre ned sublittoralt. Det ble ikke observert noen bevegelige dyr på denne stasjonen, men gjemt mellom blæretang, perlesli og sagtang ble det funnet mosdyr og rur.

4.4 Sammenligning med resultat fra tidligere undersøkelser

I en rapport fra Molvær m.fl. (1979), ble det gjort strandsoneundersøkelser for flere stasjoner i Frierfjorden og områder rundt i perioden 1974-1976. Stasjonene som var med i undersøkelsen var blant annet stasjon A17, A15, A13 og A9 (nå stasjon A9c) som ser ut til å ligge plassert likt med tilhørende stasjoner i denne oppgaven. I rapporten fra Molvær m.fl. (1979) ble det registrert en endring i artssammensetning med et redusert antall arter på stasjonene inn fjordgradienten. Stasjonene som var plassert i Frierfjorden ble karakterisert som artsfattige med tilnærmet fullstendig dominans av grønnalger, hvor grønn dusk ble observert i størst forekomst. Knutzen (1990) viser til en svak endring i artssammensetningen innover fjordgradienten, med få arter (kun grønnalger) observert på de innerste stasjonene i fjorden (A17 og A15). På stasjon A13 derimot, ble det observert en større andel rød- og brunalger enn ved tidligere undersøkelser. Med et redusert utslipp av næringsalter fra Skienselva i perioden 1980-1990 kommenterer Knutzen (1990) at forurensningssymptomene på de undersøkte stasjonene var moderate, og at artssammensetningen mest sannsynlig hadde en sammenheng med fysiske forhold så vel som overgjødning. Walday m.fl. (2001) sammenlignet resultatene fra sine undersøkelser av hardbunnsamfunnet med de observasjonene som ble gjort av Knutzen (1990), og fant at stasjonene innerst i fjorden viste lite tegn til forandring. Med en ytterligere reduksjon av næringsalkonsentrasjon til Frierfjorden (Walday m.fl. 2001) registrerte de derimot bedre forhold på stasjonene lenger ut i fjordgradienten. Det er et stort opphold i prøvetaking fram til strandsoneundersøkelser ble utført i 2011 (A17, A18, A15 og A13). Sammenlignet med funn fra 1998-99 (Walday m.fl. 2001) er det ikke store tegn til endringer på de stasjonene som er sammenlignbare (A17, A15 og A13) med tanke på artsrikhet. Det er tegn til generelt økt forekomst av den opportunistiske grønnalgeslekten grønn dusk for stasjon A13 og A15. Det har også blitt registrert en nedgang i observerte blågrønnbakterier og diatomeer på disse stasjonene.

4.5 Klassifisering av Makroalger

Da Skagerrak har utfordringer med relativt store lokale og langtransporterte tilførsler av næringsalter, samt de lokale utslippene fra nærliggende elver er Skagerrak definert som et såkalt eutrofipåvirket område (Aure & Danielssen, 2011), og redusert lysgjennomtrengelighet som følge av overgjødning kan føre til redusert nedre voksegrense for algene (Rueness, 1977). I områder som da er sterkt ferskvannspåvirket som følge av tilførsler lokalt fra elver (næringstilførsel og partikkeltilførsel) vil ikke MSMDI indeksen (nedre voksegrense) være relevant å bruke (Walday m.fl. 2015, Direktoratgruppen Vanndirektivet 2018 a). For ferskvannspåvirkede områder vil det ligge et brakkvannslag på overflaten og da vil det være mer relevant å se etter algearter som naturlig vil være tilstede i slike områder fremfor nede i det mer saltholdige laget (Aure & Danielssen, 2011, Walday m.fl. 2015). Da det er få makroalger som er tolerante mot lav saltholdighet vil det være en utfordring å kartlegge artssamfunnet og struktur i de fjordområdene som er sterkt ferskvannspåvirket. Som resultatene viser er det ganske artsfattig, med en dominerende forekomst av grønnalger i Frierfjorden. Ved å forsøke på og klassifisere tilstanden ved bruk av RSL-indeksen var det ikke mulig å beregne EQR-verdier for observasjoner her da det ble observert for få arter, med for liten diversitet.

For Langesundsfjorden ble utregninger utført for stasjon A9b og A9c som ga resultatet *moderat tilstand* basert på undersøkelser i 2019 (tab. 3.6.5). Ifølge Vann-Nett b, har denne fjorden i dag tilstandsklasse *moderat*, basert på biologiske klassifiseringsdata. Det kan tyde på at den reduserte artslisten for RSL 4 og 5 kan brukes videre i arbeidet med å utvikle en fjæreindeks for makroalger i ferskvannspåvirkede områder i Skagerrak. Ut ifra observasjonene fra de to stasjonene i Langesundsfjorden 2019 (A9b og A9c) ser en store forekomster av brunalger, selv om disse stasjonene ligger relativt tett på Frierfjorden, hvor det ikke ble observert brunalger. Utregning av nEQR ved bruk av RSL- indeksen tar ikke med prosentandel brunalger. En mulig svakhet med denne indeksen er at den ikke tar høyde for dekningsgraden av artene som blir observert. Selv om de fleste av artene som har blitt observert på disse stasjonene er relativt tolerante (Rueness, 1977) vil muligens mengdebeskrivelse virke styrkende og mer forklarende for en slik indeks. Det ble observert 2 arter mer på stasjon A9b enn det ble på stasjon A9c i 2019. Utregningene for prosentandel grønnalger fikk en EQR-verdi på 0,80 på stasjon A9b, og resulterte i en nEQR- verdi med tilstandsklasse god, selv om EQR- verdiene for normalisert rikhet og prosentandel opportunistler lå i klassen moderat (tab. 3.6.3 og fig. 3.6.1).

Stasjon A9c hadde en større vertikal helning enn stasjon A9b som kan være av betydning for et noe redusert artsantall, både med hensyn til eksponering og lokale overflatestrømmer (Walday m.fl. 2015). Det ble observert samme antall grønnalger på stasjon A9b og A9c, men grunnet det noe lavere artsantallet på stasjon A9c, og en EQR-verdi for prosentandel opportunistar på 0.24 (dårlig), førte dette til en nEQR-verdi med tilstandsklasse moderat (*tab. 3.6.4* og *fig.3.6.1*). Den samlede tilstanden for Langesundsfjorden basert på nEQR-verdiene til stasjon A9b og A9c ble *moderat* (*tab. 3.6.5*). Da det ble observert under 14 arter totalt per stasjon, ble prosentandel rødalger og ESG-forhold ikke tatt med i utregning av nEQR. Sammenhengen mellom nærings saltbelastning og EQR-verdier kan være usikre ved så lavt artsantall (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2018 a). Klassifiseringen som er utført i Langesundsfjorden 2019, er kun basert på undersøkelser av makroalger i fjæra, uten andre støtteparametere. Langesundsfjorden, som er en ferskvannspåvirket fjord i Skagerrak, tilhører en gruppe vanntyper som det ikke er godkjente klassegrenser for, med hensyn til fjæreindeks for makroalger (Direktoratsgruppen Vanndirektivet a). Klassifiseringen er derfor ikke av høy pålitelighet, men kan gi en indikasjon på de nåværende forhold knyttet til makroalger i fjæresonen.

5 Konklusjon

Resultatene viser et redusert antall makroalger og dyr innover fjordgradienten, der det ble observert størst forekomst av stresstolerante grønnalger og dyr (rur) ved de innerste stasjonene. Det har blitt sammenlignet generelle funn av makroalger i fjæresonen tilbake til 1970-tallet, da tilførsel av næringssalter trolig var høyere enn i dag, hvor artssamfunnet innover fjordgradienten viser lite tegn endringer. Trolig er kombinasjonen mellom ferskvannspåvirkning og tilførsel av næringssalter største faktor for det reduserte antallet makroalger og dyr observert innover fjordgradienten. Bruk av RSL-indeksen for klassifisering av stasjonene plassert i Langesundsfjorden 2019, indikerer at den reduserte artslisten for denne indeksen (RSL4 og 5) kan brukes til videreutviklingen av fjæresoneindeks for makroalger i ferskvannspåvirkede fjordområder i Skagerrak. Det må for øvrig utføres flere undersøkelser over en avgrenset tidsperiode hvor også målinger av vannkvaliteten blir tatt med. For videreutvikling av makroalgeindeks i *sterkt* ferskvannspåvirkede fjordområder er det fortsatt mye uklart rundt artssammensetning og struktur, og det kan i dette tilfellet være at Frierfjorden ikke gir et fullstendig bilde av en naturlig tilstedeværelse av makroalger i slike områder.

6 Litteraturliste

- Aure, J., & Danielssen, D. S. (2011). *Miljøundersøkelser i norske fjorder: Grenlandsfjordene 2000-2009 (Fisken og Havet rapport: 3/2011)*. Bergen: Havforskningsinstituttet.
- Brodie, J. A., Maggs, C. A., & John, D. M. (2007). *The green seaweeds of Britain and Ireland*. Dunmurry: British Phycological Society.
- Clarke, K. (1993). Nonparametric Multivariate Analysis of Changes in Community Structure. *Australian Journal of Ecology*(18), ss. 117-143.
- Direktoratsgruppen Vanndirektivet (2018 a). (2018). *Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver*. Direktoratgruppen for gjennomførelse av Vannforskriften.
- Direktoratsgruppen Vanndirektivet (2018 b). (2018). *Karakterisering. Metodikk for å karakterisere og vurdere miljømåloppnåelse etter Vannforskriften § 15*. Direktoratgruppen for gjennomførelse av Vannforskriften.
- Direktoratsgruppen Vanndirektivet (2018 c). (2018). *Vedlegg: Klassifisering av miljøtilstand i vann*. Direktoratgruppen for gjennomførelse av Vannforskriften.
- Dragsund, E., Aspholm, O., Tangen, K., Bakke, S. M., Heier, L., & Jensen, T. (2006). *Overvåking av eutrofitilstanden i Ytre Oslofjord. Femårsrapport 2001-2005 (DNV rapport: 2006-0831)*. Høvik: Det Norske Veritas AS.
- Dryden, I. L., & Mardia, K. V. (2016). *Statistical Shape Analysis: With Applications in R (2.. utg.)*. Chichester: John Wiley and Sons.
- Engum, H. (2006). Alpine tre- og skoggrenseendringer. Indikator på klimaforandringer eller endret arealbruk? En studie i Bergsdalen Vaksdal kommune. *Masteroppgave ved institutt for geografi*. Universitetet i Bergen.
- Gitmark, J., Green, N., Beylich, B., Borgersen, G., & Høgåsen, T. (2015). *Overvåking NOAH Langøya 2014. Miljøgifter i blåskjell, sedimentundersøkelser samt marinbiologiske registreringer (NIVA rapport: 6817-2015)*. Oslo: Norsk Institutt for Vannforskning.
- Gulbrandsen, R., Baalsrud, K., Molvær, J., & Rygg, B. (1987). *Brukerundersøkelse for Grenlandsfjordene (NIVA rapport: 2057)*. Oslo: Norsk Institutt for Vannforskning.
- Halvorsen, R., Andersen, T., Blom, H. H., Elvebakk, A., Elven, R., Erikstad, L., . . . Ødegaard, F. (2009). Naturtyper i Norge- Teoretisk grunnlag, prinsipper for inndeling og definisjoner. *Artsdatabanken*, ss. 1-210.

- Harris, R. J. (1975). *A Primer og Multivariate Statistics* (2. utg.). University og Michigan: Academic Press.
- Hill, M., & Gauch, H. (1980). Detrended Correspondence Analysis: An Improved Ordination Technique. *Vegetatio*(42), ss. 47-58.
- Høisæter, T. (1994). *Kompendium i Biologisk Statistikk (2. Utg) (IFM rapport: 27)*. Institutt for Fiskeri- og Marinbiologi. Bergen: Universitetet i Begen.
- Johannessen, P. (2017). *Dyreliv i fjæra*. Kom forlag.
- Kendall, M. G. (1938). A New Measure of Rank Correlation. *Biometrika*(30, 1-2), ss. 81-93.
- Knutzen, J. (1990). *Overvåking av gruntvannssamfunn i Grenlandsfjordene 1988-89 (NIVA rapport: 2516)*. Oslo: Norsk Institutt for Vannforskning.
- Knutzen, J., Molvær, J., Norheim, G., & Skei, J. (1982). *Grenlandsfjordene og Skienselva 1981 (NIVA rapport: 1422)*. Oslo: Norsk Institutt for Vannforskning.
- Kruskal, J. B. (1964a). Multidimensional Scaling by Optimizing Goodness of Fit to a Nonmetric Hypothesis. *Psychometrica*(29), ss. 1-27.
- Molvær, J., Bokn, T., Kirkerud, L., Kvalvågnæs, K., Nilsen, G., Rygg, B., & Skei, J. (1979). *Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilligende fjordområder. Rapport nr. 8. Sluttrapport (NIVA rapport: 1103)*. Oslo: Norsk Institutt for Vannforskning.
- Moy, F. E., & Walday, M. (1996). *Overvåking av Hvaler- Singelfjorden og munningen av Iddefjorden 1990-1994. Hardbunnsundersøkelser 1992-1994 (NIVA rapport: 655:96)*. Oslo: Norsk Institutt for Vannforskning.
- Moy, F. E., Bekkby, T., Cochran, S., Rinde, E., & Voegelé, B. (2003). *Marin karakterisering. Typologi, system for å beskrive økologisk naturtilstand og forslag til referansenettverk. FoU-oppdrag tilknyttet EUs rammedirektiv for vann (NIVA rapport: 4731-2003)*. Oslo: Norsk Institutt for Vannforskning.
- Møskeland, T., Ruth, E., & Østbøll, H. (2017). *Naturtilstanden i Frierfjorden, Kongekleiv og Eidangerfjorden. (Norconsult rapport: 5144505-D)*. Horten: Norconsult AS.
- Naustevoll, L. J., Selvik, J. H., & Walday, M. G. (2019). *Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018. Tilførsel og undersøkelser i vannmassene i 2018. Fagrapport (NIVA rapport: 7411)*. Oslo: Norsk Institutt for Vannforskning.
- Pedersen, A. (2013). Indekser til vurdering av økologisk status i marine vannforekomster- Biologiske og fysisk- kjemiske kvalitetselement. *VANN*, 48(4), 533-541.

- Peres-Neto, P. R., & Jackson, D. A. (2001). How well do multivariate data sets match? The advantages of a Procrustean superimposition approach over the Mantel test. *Oecologia*(129), ss. 169-178.
- Rinde, E., Olsen, M., Steen, H., Dahl, E., Espeland, S. H., & Albertsen, J. (2018). *Marine naturverdier i Telemark- status, trusler og muligheter. Innspill til kystsoneplan for Telemark (NIVA rapport: 7319)*. Oslo: Norsk Institutt for Vannforskning.
- Rueness, J. (1977). *Norsk Algeflora*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Rueness, J. (1998). *Alger i Farger- En felthåndbok om kystens makroalger*. Oslo: Almater forlag.
- Rueness, J. (2006a). *Bestemmelsesnøkler til brunalger*. Universitetet i Oslo: Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet.
- Rueness, J. (2006b). *Bestemmelsesnøkler til grøninalger*. Universitetet i Oslo: Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet.
- Rueness, J. (2006c). *Bestemmelsesnøkler til rødalger*. Universitetet i Oslo: Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet.
- Rygg, B., Green, N., Molvær, J., & Næs, K. (1987). *Grenlandsfjordene og Skienselva 1986 (NIVA rapport: 2033)*. Oslo: Norsk Institutt for Vannforskning.
- Saeed, N., Haewoon, N., Haq, M. I., & Bhatti, D. M. (2018). A Survey on Multidimensional Scaling. *ACM Computing Surveys (CSUR)*(51), ss. 1-25.
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (1995). *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research* (3.. utg.). New York: Freeman.
- Walday, M., Gitmark, J., Nautvoll, J. L., Norling, K., Selvik, J., & Sørensen, K. (2012). *Overvåking av Ytre Oslofjord i 2007-2011. 5 årsrapport (NIVA rapport: 6352-2012)*. Oslo: Norsk Institutt for Vannforskning.
- Walday, M., Gundersen, H., Gitmark, J., Bekkby, T., Norderhaug, K. M., & Pedersen, A. (2015). *Videreutvikling av makroalgeindeksene for klassifisering av miljøtilstand i kystvann (Rapport: M437-2015)*. Oslo: Miljødirektoratet.
- Walday, M., Moy, F., & Green, N. (2001). *Overvåking i Grenlandsfjordene. Organismesamfunn på hardbunn 1998-99 (NIVA rapport: 4360)*. Oslo: Norsk Institutt for Vannforskning.
- Økland, R. H. (1999). On the variation explained by ordination and constrained ordination axes. *Journal og Vegetation Science*(10), ss. 131-136.

Nettsider:

Artsdatabanken a. (2020, Januar 2). *Natur i Norge*. Hentet April 5, 2020 fra Artsdatabanken:

<https://www.artsdatabanken.no/NiN>

Artsdatabanken b. (2020, Mars 9). *Fremmedartslista 2018*. Hentet April 17, 2020 fra

Artsdatabanken: <https://www.artsdatabanken.no/fremmedartslista2018>

Artsdatabanken c. (2020). *Helningsbetinget forstyrrelsesintensitet*. Hentet April 17, 2020 fra

Artsdatabanken:

[https://www.artsdatabanken.no/Pages/179734/Helningsbetinget_forstyrrelsesintensitet\)-](https://www.artsdatabanken.no/Pages/179734/Helningsbetinget_forstyrrelsesintensitet)-)

Googlemaps. (2020). *Kart over Frierfjorden*. Hentet Januar 10, 2020 fra Googlemaps:

<https://www.google.com/maps/place/Frierfjorden/@59.0992062,9.6011304,14z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x46471fec9ac80f3d:0xd5c5631445d941e4!8m2!3d59.0991858!4d9.6186829>

Googlemaps. (2020). *Kart over Sør Norge*. Hentet Mai 8, 2020 fra Googlemaps:

<https://www.google.no/maps/place/Norge/@63.4840949,0.1646182,4z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x461268458f4de5bf:0xa1b03b9db864d02b!8m2!3d60.472024!4d8.468946>

Havforskningsinstituttet a. (2019, Juni 13). *Kyst og fjord*. Hentet Januar 20, 2020 fra hi:

<https://www.hi.no/hi/temasider/hav-og-kyst/hav-kyst-og-fjord/kyst-og-fjord>

Lovdata a. (2020, Januar 1). *Forskrift om rammer for vannforvaltningen*. Hentet Mai 11, 2020

fra Lovdata: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446>

NIVA a. (2019, Februar 19). *Overvåking av Ytre Oslofjord (første tokt)*. Hentet April 7, 2020 fra

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

Vannmiljø a. (2020). *Faktaark. Vannlokalitet: Frierfjorden, BC-1*. Hentet Januar 10, 2020 fra

Vannmiljøfaktaark.miljodirektoratet:

<https://vannmiljofaktaark.miljodirektoratet.no/Home/Details/38293>

Vannmiljø b. (2020). *Faktaark. Vannlokalitet: Breiviksfjorden, VT67*. Hentet Januar 10, 2020 fra

Vannmiljøfaktaark.miljodirektoratet:

<https://vannmiljofaktaark.miljodirektoratet.no/Home/Details/38294>

Vann-Nett a. (2019). *Om Frierfjorden*. Hentet November 9, 2019 fra Vann-nett: [https://vann-](https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/0110010701-C)

[nett.no/portal/#/waterbody/0110010701-C](https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/0110010701-C)

Vann-Nett b. (2020). *Om Langesundsfjorden*. Hentet Mars 2, 2020 fra Vann-nett:

<https://www.vann-nett.no/portal/#/waterbody/0110010801-C>

Vannportalen a. (2019, Oktober 28). *Vannforskriften*. Hentet Januar 13, 2020 fra

Vannportalen: <https://www.vannportalen.no/regelverk/vannforskriften/>

Vannportalen b. (2018, Desember 5). *Om Skien- Grenlandsfjordene vannområde*. Hentet

November 7, 2019 fra Vannportalen:

<https://www.vannportalen.no/vannregioner/vestfold-og->

[telemark/vannomrader/skien---grenlandsfjordene/dokumenter/om-skien-](https://www.vannportalen.no/vannregioner/vestfold-og-telemark/vannomrader/skien---grenlandsfjordene/dokumenter/om-skien-)

[grenlandsfjordene-vannomrade/](https://www.vannportalen.no/vannregioner/vestfold-og-telemark/vannomrader/skien---grenlandsfjordene/dokumenter/om-skien-grenlandsfjordene-vannomrade/)

Personlig meddelelse:

Andersen, Guri Sogn (NIVA). (2019). *Om klassifisering av makroalger i ferskvannspåvirkede områder*.

Andersen, Guri Sogn (NIVA). (2019). *Kontinuerlige miljøvariabler fra diverse GIS-lag, samt faktorvariabler fra administrative lag*.

Andersen, Guri Sogn (NIVA). (2020). *Kart over stasjoner*

Vedlegg

Vedlegg I: Oversikt over prosjekt og undersøkelsesår for stasjonene

Vedlegg II: Stasjonskjema for registrering av fjærepotensiale

Vedlegg III: Fullstendig liste over arter observert i 2019

Vedlegg IV: Komplette artsdatamatrixe (for ordinasjonsanalyser)

Vedlegg V: Verdier og beskrivelse av kontinuerlige miljøvariabler

Vedlegg VI: Verdier og beskrivelse av faktorvariabler

Vedlegg VII: Fullstendig NMDS- ordinasjonsanalyse av komplett artsdatamatrixe

Vedlegg VIII: Procrustes-test- samvariasjonsanalyse mellom DCA og NMDS- ordinasjonsanalyser

Vedlegg IX: Kendall's tau (T) rank korrelasjonsplott av DCA1 og kontinuerlige miljøvariabler

Vedlegg X: Fullstendig Anova-test for DCA1 og DCA2 med faktorvariabler og kontinuerlige miljøvariabler

Vedlegg I

Oversikt over prosjekt og undersøkelsesår for stasjonene i Frierfjorden og Langesundsfjorden.

Stasjonskode	Stasjonsnavn	Undersøkelsesår	Prosjekt
HB3	Arøy	2010-2016	KYS Hardbunn ØKOKYST Skagerrak
HB4	Risøyodden	2010-2016	KYS Hardbunn ØKOKYST Skagerrak
A9b	Øya	2015, 2019	Tiltaksrettet industriovervåking Grenland industrikonsortium Masteroppgave
A9c	Blokkhustangen	2015, 2019	Tiltaksrettet industriovervåking Grenland industrikonsortium Masteroppgave
A13	Steinholmene	2011, 2015, 2019	Tiltaksrettet industriovervåking Grenland industrikonsortium Masteroppgave
A15	Saltbua	2011, 2015, 2019	Tiltaksrettet industriovervåking Grenland industrikonsortium Masteroppgave
A18	Ringsholmen	2011	YARA-utslipp
A17	Balsøy	2011, 2015	Tiltaksrettet industriovervåking Grenland industrikonsortium

Vedlegg II

Stasjonsskjema for registrering av fjærepotensiale (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2018 c)

Feltskjema- fjæresone- Stasjonsskjema					
Stasjonsnavn og stasjonsnummer			Dato:		dd:m m:yy
Vanntype:			Tid:		hh:mm
Koordinat type: (EU89, WGS84 etc.)			Vannstand over lavvann:		0,0 m
Nord:			Tid for lavvann:		hh:mm
Øst:			Observatør:		
Beskrivelse av fjæra- Fjærepotensial					
Turbid vann? (ikke antropogent)	Ja = 0, Nei = 2	Svar:			
Sandskuring?	Ja = 0, Nei = 2	Svar:			
Isskuring?	Ja = 0, Nei = 2	Svar:		Poeng:	
Dominerende fjæretype (Habitat)					
Små kløfter/sterk oppsprukket fjell/overheng/plattformer	Ja = 4	Svar:			
Oppsprukket fjell	Ja = 3	Svar:			
Små, middels og store kampestein	Ja = 3	Svar:			
Bratt/vertikalt fjell	Ja = 2	Svar:			
Uspesifisert hard substrat / Glatt fjell	Ja = 2	Svar:			
Små og store steiner	Ja = 1	Svar:			
Shingle/grus	Ja = 0	Svar:		Poeng:	
Andre fjæretype (Subhabitat)					
Brede grunne fjærepytter (Rockpools: >3 m bred og < 50 cm dyp)	Ja = 4	Svar:			
Store fjærepytter (>6 m long)	Ja = 4	Svar:			
Dype fjærepytter (50 %>100 cm)	Ja = 4	Svar:			
Mindre fjærepytter	Ja = 3	Svar:			
Store huler	Ja = 3	Svar:			
Større overheng og vertikalfjell	Ja = 2	Svar:			
Andre habitat typer (spesifiser)	Ja = 2	Svar:			
Ingen	Ja = 0	Svar:		Poeng:	
Merknader			Justering for norske forhold:	3	
			Sum poeng:		
			FJÆREPOTENSIALE		

Vedlegg III

Registrerte arter i 2019 i Frierfjorden og Langesundsfjorden med dekningsgrad (1-6) (NA= ikke norske navn)

Registrerte arter		Forekomst (1-6) av arter på hver stasjon			
		A9b (3)	A9c (4)	A13 (5)	A15 (6)
<i>Fucus vesiculosus</i>	Blæretang	5	5		
<i>Elachista fucicola</i>	Tanglo	5	4		
<i>Hildenbrandia rubra</i>	Fjæreblood	6	4	2	2
<i>Fucus serratus</i>	Sagtang	5	3		
<i>Pylaiella littoralis</i>	Perlesli	4	5		
<i>Ceramium rubrum</i> TYPE	Vanlig rekeklo	3	3		
<i>Cladophora rupestris</i>	Vanlig grønndusk	4	4		2
<i>Ulva intestinalis</i>	Tarmgrønske	4	3	2	
<i>Cladophora albida</i>	Bleikgrønndusk	2	3		5
<i>Cladophora albida</i> CF	Bleikgrønndusk CF			6	
<i>Ectocarpus fasciculatus</i>	Brunslis	3			
<i>Polysiphonia fucoides</i>	Svartdokke	2			
<i>Polysiphonia fibrillosa</i>	Tangdokke	2			
<i>Ahnfeltia plicata</i>	Sjøriss	2			
<i>Phyllophora pseudoceranoides</i>	Krusblekke		2		
Brun skorpeformet alge - mørk	Brun skorpeformet alge- mørk	3	3		4
<i>Ulva</i> sp.	NA			1	
Diatomeer ubest., bentiske	NA			5	2
<i>Rivularia</i> sp.	NA	3		3	3
<i>Laomedea</i> sp.	NA	2	2		
<i>Balanus</i> sp.	Rur	4	4	6	6
<i>Bryozoa</i> sp.	Mosdyr	3	3		
<i>Membranipora membranacea</i>	Mosdyr		3		
<i>Alcyonidium gelatinosum</i>	NA	4	2		
<i>Littorina</i> sp.	Strandsnegl	2			
<i>Carcinus maenas</i>	Strandkrabbe	2			

Vedlegg IV

Komplett artsdatamatrise for ordinasjonsanalyser:

	StLabel	SampleDate	ACRAR	AHNPL	ALCDZ	ALCGE	ALCHI	ALCMA	AMPIM	ASTRU	BACIX	BALAZ
1	A13	12.05.2011 00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2	A13	29.06.2015 00:00	0	0	0	0	0	0	3	0	0	5
3	A13	17.09.2019 13:44	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6
4	A15	12.05.2011 00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
5	A15	29.06.2015 00:00	0	0	0	0	0	0	3	0	0	5
6	A15	17.09.2019 11:26	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6
7	A17	12.05.2011 00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	A17	29.06.2015 00:00	0	0	0	0	0	0	3	0	0	5
9	A18	12.05.2011 00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	A9b	29.06.2015 00:00	0	0	0	4	4	0	4	0	0	2
11	A9b	17.09.2019 15:06	0	2	0	4	0	0	0	0	0	4
12	A9c	29.06.2015 00:00	0	1	0	2	0	0	4	0	0	3
13	A9c	17.09.2019 17:12	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4
14	HB3	08.06.2010 00:00	0	4	0	0	3	0	0	2	0	0
15	HB3	03.06.2011 00:00	0	2	0	2	2	0	0	1	0	0
16	HB3	07.06.2012 00:00	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
17	HB3	07.06.2013 00:00	0	4	0	0	0	0	0	1	0	2
18	HB3	06.06.2014 00:00	0	4	0	0	3	0	0	0	0	0
19	HB3	07.06.2015 00:00	0	4	0	0	5	0	0	0	0	0
20	HB3	03.06.2016 00:00	0	2	0	0	0	0	0	2	0	2
21	HB4	09.06.2010 00:00	0	2	0	0	3	3	2	0	0	0
22	HB4	02.06.2011 00:00	0	2	0	2	2	0	2	0	0	0
23	HB4	08.06.2012 00:00	0	3	0	0	2	0	4	0	0	0
24	HB4	09.06.2013 00:00	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0
25	HB4	08.06.2014 00:00	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0
26	HB4	04.06.2015 00:00	0	3	0	0	4	0	5	0	0	2
27	HB4	05.06.2016 00:00	0	2	3	0	0	0	2	1	0	0

	StLabel	SampleDate	BALBO	BLIMI	BOUMS	BRUNT	BRYOX	CALLI	CARMA	CERAZ	CERTN	CERVI
1	A13	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	A13	29.06.2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	A13	17.09.2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	A15	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	A15	29.06.2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	A15	17.09.2019	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
7	A17	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	A17	29.06.2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	A18	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	A9b	29.06.2015	3	0	2	2	0	0	1	2	0	0
11	A9b	17.09.2019	0	0	0	3	3	0	2	3	0	0
12	A9c	29.06.2015	4	3	3	2	0	0	0	2	0	0
13	A9c	17.09.2019	0	0	0	3	3	0	0	3	0	0
14	HB3	08.06.2010	2	0	0	0	0	2	1	4	0	0
15	HB3	03.06.2011	3	0	0	0	2	0	0	2	0	0
16	HB3	07.06.2012	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
17	HB3	07.06.2013	2	0	0	0	0	0	0	5	0	0
18	HB3	06.06.2014	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0
19	HB3	07.06.2015	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0
20	HB3	03.06.2016	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2
21	HB4	09.06.2010	2	0	0	0	2	0	0	2	0	0
22	HB4	02.06.2011	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
23	HB4	08.06.2012	2	0	0	0	2	0	0	2	0	0
24	HB4	09.06.2013	4	0	0	0	0	0	0	1	2	0
25	HB4	08.06.2014	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0
26	HB4	04.06.2015	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
27	HB4	05.06.2016	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0

Vedlegg IV fortsetter:

	StLabel	SampleDate	CHAAE	CHALI	CHAME	CHOCHR	CHOFI	CLAAL	CLADZ	CLAMU	CLARU	CLASE
1	A13	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	A13	29.06.2015	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
3	A13	17.09.2019	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
4	A15	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
5	A15	29.06.2015	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
6	A15	17.09.2019	0	0	0	0	0	5	0	0	2	0
7	A17	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	A17	29.06.2015	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
9	A18	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	A9b	29.06.2015	0	0	0	0	0	2	0	2	2	2
11	A9b	17.09.2019	0	0	0	0	0	2	0	0	4	0
12	A9c	29.06.2015	0	0	0	0	0	2	0	2	3	0
13	A9c	17.09.2019	0	0	0	0	0	3	0	0	4	0
14	HB3	08.06.2010	0	0	0	3	1	0	0	0	3	0
15	HB3	03.06.2011	1	0	2	3	0	0	0	2	3	0
16	HB3	07.06.2012	2	0	0	3	0	0	0	0	2	3
17	HB3	07.06.2013	0	0	0	4	0	0	0	0	3	2
18	HB3	06.06.2014	0	0	1	2	0	2	0	0	2	0
19	HB3	07.06.2015	0	0	2	4	0	1	0	0	3	0
20	HB3	03.06.2016	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0
21	HB4	09.06.2010	0	1	0	3	0	0	0	0	2	1
22	HB4	02.06.2011	0	0	0	2	0	2	0	0	2	0
23	HB4	08.06.2012	0	0	1	3	0	0	2	1	1	0
24	HB4	09.06.2013	0	0	0	2	0	3	0	0	1	0
25	HB4	08.06.2014	0	0	0	2	0	2	0	0	2	0
26	HB4	04.06.2015	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0
27	HB4	05.06.2016	0	0	0	3	0	2	0	0	2	0

	StLabel	SampleDate	CORAX	COROF	CRYPA	CYANO	CYSPU	DIAKI	DUMCO	DYNPU	ECTFA	ECTOZ
1	A13	12.05.2011	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0
2	A13	29.06.2015	0	0	0	3	0	5	0	0	0	0
3	A13	17.09.2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	A15	12.05.2011	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0
5	A15	29.06.2015	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0
6	A15	17.09.2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	A17	12.05.2011	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0
8	A17	29.06.2015	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0
9	A18	12.05.2011	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0
10	A9b	29.06.2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	A9b	17.09.2019	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
12	A9c	29.06.2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	A9c	17.09.2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	HB3	08.06.2010	2	0	0	0	1	0	0	2	0	3
15	HB3	03.06.2011	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0
16	HB3	07.06.2012	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0
17	HB3	07.06.2013	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0
18	HB3	06.06.2014	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
19	HB3	07.06.2015	3	0	0	0	0	0	0	3	2	0
20	HB3	03.06.2016	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0
21	HB4	09.06.2010	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
22	HB4	02.06.2011	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
23	HB4	08.06.2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	HB4	09.06.2013	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
25	HB4	08.06.2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
26	HB4	04.06.2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	HB4	05.06.2016	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Vedlegg IV fortsetter:

	StLabel	SampleDate	ECTSI	EINCR	ELAFU	ELEPI	FLUHI	FUCSE	FUCVE	FURLU	GONLO	HALPA
1	A13	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	A13	29.06.2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	A13	17.09.2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	A15	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	A15	29.06.2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	A15	17.09.2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	A17	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	A17	29.06.2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	A18	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	A9b	29.06.2015	0	4	3	0	0	6	6	0	0	0
11	A9b	17.09.2019	0	0	5	0	0	5	5	0	0	0
12	A9c	29.06.2015	0	4	3	0	0	6	6	0	0	0
13	A9c	17.09.2019	0	0	4	0	0	3	5	0	0	0
14	HB3	08.06.2010	0	0	3	3	2	4	3	0	0	2
15	HB3	03.06.2011	0	0	2	2	0	4	2	2	0	2
16	HB3	07.06.2012	0	0	3	0	0	4	6	3	0	0
17	HB3	07.06.2013	1	0	3	3	0	5	5	2	0	0
18	HB3	06.06.2014	0	0	2	2	0	6	5	0	0	0
19	HB3	07.06.2015	0	0	3	3	0	5	6	0	0	0
20	HB3	03.06.2016	0	0	3	0	0	6	6	0	0	0
21	HB4	09.06.2010	0	0	0	3	0	4	3	0	3	2
22	HB4	02.06.2011	0	0	2	2	0	3	2	0	0	2
23	HB4	08.06.2012	0	0	2	0	0	3	5	0	0	0
24	HB4	09.06.2013	0	0	4	4	0	6	4	0	0	0
25	HB4	08.06.2014	0	0	3	2	0	6	6	0	0	0
26	HB4	04.06.2015	0	0	2	0	0	6	3	0	0	0
27	HB4	05.06.2016	0	0	3	0	0	6	6	0	0	0

	StLabel	SampleDate	HALTO	HILRU	LAMDI	LAOMZ	LITLI	LITSA	LITTZ	MAGGI	MEMME	MYTED
1	A13	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	A13	29.06.2015	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	A13	17.09.2019	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
4	A15	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	A15	29.06.2015	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
6	A15	17.09.2019	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
7	A17	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	A17	29.06.2015	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
9	A18	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	A9b	29.06.2015	0	6	0	0	2	0	0	0	0	3
11	A9b	17.09.2019	0	6	0	2	0	0	2	0	0	0
12	A9c	29.06.2015	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
13	A9c	17.09.2019	0	4	0	2	0	0	0	0	3	0
14	HB3	08.06.2010	0	2	2	0	2	0	0	0	0	1
15	HB3	03.06.2011	2	3	0	0	0	2	0	0	2	2
16	HB3	07.06.2012	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
17	HB3	07.06.2013	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
18	HB3	06.06.2014	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
19	HB3	07.06.2015	0	5	0	0	0	0	0	0	0	2
20	HB3	03.06.2016	0	4	0	0	0	2	2	1	0	5
21	HB4	09.06.2010	0	4	0	0	2	0	0	0	0	2
22	HB4	02.06.2011	0	3	0	0	2	0	0	0	0	2
23	HB4	08.06.2012	0	5	0	0	2	0	0	0	2	3
24	HB4	09.06.2013	0	6	0	0	2	0	0	0	0	2
25	HB4	08.06.2014	0	5	0	0	2	0	0	0	0	2
26	HB4	04.06.2015	0	5	0	0	2	0	0	0	0	3
27	HB4	05.06.2016	0	3	0	0	2	0	0	0	0	6

Vedlegg IV fortsetter:

	StLabel	SampleDate	OBEGE	OBELO	PETFA	PHYPS	PILLI	POLFL	POLRT	POLST	PORUM	RHOCO
1	A13	12.05.2011	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2	A13	29.06.2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	A13	17.09.2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	A15	12.05.2011	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
5	A15	29.06.2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	A15	17.09.2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	A17	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	A17	29.06.2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	A18	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	A9b	29.06.2015	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
11	A9b	17.09.2019	0	0	0	0	4	2	0	0	0	0
12	A9c	29.06.2015	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
13	A9c	17.09.2019	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0
14	HB3	08.06.2010	2	0	0	2	0	0	2	0	0	0
15	HB3	03.06.2011	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0
16	HB3	07.06.2012	0	0	0	0	3	2	0	3	0	3
17	HB3	07.06.2013	0	0	0	0	5	0	0	0	0	3
18	HB3	06.06.2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
19	HB3	07.06.2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	HB3	03.06.2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	HB4	09.06.2010	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
22	HB4	02.06.2011	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0
23	HB4	08.06.2012	2	0	0	0	3	0	0	2	0	0
24	HB4	09.06.2013	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
25	HB4	08.06.2014	0	2	0	0	3	0	0	0	2	0
26	HB4	04.06.2015	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
27	HB4	05.06.2016	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0

	StLabel	SampleDate	RIVUL	SACLA	SPHCI	SPHCZ	SPOAE	SPOTO	ULOTZ	ULVAZ	ULVFL	ULVIN
1	A13	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0
2	A13	29.06.2015	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	A13	17.09.2019	3	0	0	0	0	0	0	1	0	2
4	A15	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0
5	A15	29.06.2015	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
6	A15	17.09.2019	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	A17	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0
8	A17	29.06.2015	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	A18	12.05.2011	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0
10	A9b	29.06.2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
11	A9b	17.09.2019	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4
12	A9c	29.06.2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
13	A9c	17.09.2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
14	HB3	08.06.2010	0	0	1	0	2	0	0	0	0	1
15	HB3	03.06.2011	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2
16	HB3	07.06.2012	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
17	HB3	07.06.2013	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
18	HB3	06.06.2014	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
19	HB3	07.06.2015	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
20	HB3	03.06.2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	HB4	09.06.2010	0	0	2	0	0	2	0	0	0	2
22	HB4	02.06.2011	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
23	HB4	08.06.2012	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
24	HB4	09.06.2013	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0
25	HB4	08.06.2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
26	HB4	04.06.2015	0	0	0	3	0	3	0	0	0	2
27	HB4	05.06.2016	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2

Vedlegg IV fortsetter:

	StLabel	SampleDate	ULVLA	ULVPR	VERFU	VERMA
1	A13	12.05.2011	0	0	0	0
2	A13	29.06.2015	0	0	0	0
3	A13	17.09.2019	0	0	0	0
4	A15	12.05.2011	0	0	0	0
5	A15	29.06.2015	0	0	0	0
6	A15	17.09.2019	0	0	0	0
7	A17	12.05.2011	0	0	0	2
8	A17	29.06.2015	0	0	0	0
9	A18	12.05.2011	0	0	0	2
10	A9b	29.06.2015	0	0	0	0
11	A9b	17.09.2019	0	0	2	0
12	A9c	29.06.2015	0	0	0	0
13	A9c	17.09.2019	0	0	0	0
14	HB3	08.06.2010	1	0	0	0
15	HB3	03.06.2011	0	0	0	0
16	HB3	07.06.2012	0	0	2	0
17	HB3	07.06.2013	0	0	0	0
18	HB3	06.06.2014	0	0	0	0
19	HB3	07.06.2015	0	0	0	0
20	HB3	03.06.2016	0	1	0	0
21	HB4	09.06.2010	2	0	0	0
22	HB4	02.06.2011	0	0	0	0
23	HB4	08.06.2012	0	0	0	0
24	HB4	09.06.2013	0	0	0	0
25	HB4	08.06.2014	0	0	0	0
26	HB4	04.06.2015	0	0	0	0
27	HB4	05.06.2016	0	0	0	0

Vedlegg V

Verdier og beskrivelse av *kontinuerlige* miljøvariabler:

Stasjon	bedpar	swm	SWMkombi	Wspd90	sal	salmean	dem	slope	Curv500
A13	1.069641	3232	3232	0.102942	33.94056	33.94055557	-16.4658	25.70435	-15.2958
A15	3.446259	0	8652	0.075058	34.17063	34.17062759	-13.7518	41.95728	7.687886
A17	0.225843	0	9575	0.03034	34.46663	34.46663284	0.901301	4.452567	34.61915
A18	0.006174	7531	7531	0.050645	34.42039	34.42039108	1.391478	3.794209	36.16398
A9b	0.633322	5958	5958	0.135342	34.12406	34.12405777	-4.49085	3.064928	14.6818
A9c	0.461579	0	NA	0.139383	34.11889	34.11889267	10.02313	0.551487	44.66741
HB3	0.344211	0	NA	0.119891	34.90009	34.90009308	5.414772	10.94204	18.10071
HB4	4.668771	26488	26559	0.106829	34.42349	34.42349243	-0.00646	0.424403	36.78437

Bedpar: Mål for lys på bunnen, 25 m oppløsning (EMODnet)

Swm: Overflatebølgeindeks, 25 m oppløsning (NIVA)

SWMkombi: ekstrapolering fra swm (for å fylle inn gridceller uten verdier), (NIVA)

Wspd90: NorKyst800 strømstyrke, 800 m oppløsning (Havforskningsinstituttet- HI)

Sal: NorKyst800 salt, 90 prosentil, 800 m (HI)

Salmean: NorKyst800 salt mean, 800 m (HI)

Dem: Dybdeprofil, 25 m (Offentlig tilgjengelig data)

Slope: Skråning beregnet fra dybdemodellen

Curv500: Kurvatur i et 500 m beregningsvindu, beregnet fra dybdemodellen

**De kontinuerlige variablene er mottatt fra Guri Sogn Andersen (NIVA).*

Vedlegg VI

Verdier og beskrivelse av faktorvariabler:

St.	Øko-region	Salinitet	Tidevann	Bølgeeksponering	Gjennomstrømmingshastighet	Økologisk tilstand potensial	EkspLKM	HelningLKM	SalinLKM
A13	Skagerrak	Skagerrak (5-25)	Liten (< 1 m)	Beskyttet	Moderat (1 - 3 knop)	Moderat tilstand	0ab	a	bc
A15	Skagerrak	Skagerrak (5-25)	Liten (< 1 m)	Beskyttet	Moderat (1 - 3 knop)	Moderat tilstand	0ab	a	bc
A17	Skagerrak	Skagerrak (5-25)	Liten (< 1 m)	Beskyttet	Moderat (1 - 3 knop)	Moderat tilstand	0ab	a	bc
A18	Skagerrak	Skagerrak (5-25)	Liten (< 1 m)	Beskyttet	Moderat (1 - 3 knop)	Moderat tilstand	0ab		bc
A9b	Skagerrak	Skagerak (> 25)	Liten (< 1 m)	Beskyttet	Moderat (1 - 3 knop)	Moderat tilstand	0ab		def
A9c	Skagerrak	Skagerak (> 25)	Liten (< 1 m)	Beskyttet	Moderat (1 - 3 knop)	Moderat tilstand	0ab		def
HB3	Skagerrak	Skagerak (> 25)	Liten (< 1 m)	Moderat eksponert	Svak (< 1 knop)	Moderat tilstand	efg	a	def
HB4	Skagerrak	Skagerak (> 25)	Liten (< 1 m)	Beskyttet	Moderat (1 - 3 knop)	Moderat tilstand	cd		def

Økoregion- (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018 b)

Salinitet: (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018 b)

Tidevann: (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018 b)

Bølgeeksponering: (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018 b)

Gjennomstrømmingshastighet: (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018 b)

Økologisk tilstand (potensial): (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018 a)

*Variablene med navn LKM er tilknyttet systemet Natur i Norge (NIN) og mottatt fra Guri Sogn Andersen (NIVA).

EkspLKM = 0ab: Stille til temmelig beskyttet for bølger

EkspLKM = efg: Litt eksponert til svært eksponert

EkspLKM = cd: Litt beskyttet

SalinLKM = bc: Temmelig brak (mesohalin)

SalinLKM = def: Temmelig salt (polyhalin) til normalsalt (euhalin)

HelningLKM = a: Svakt hellende bergknaus

Vedlegg VII

Fullstendig NMDS-ordinasjonsanalyse av komplett artsdatamatrikse:

```
set.seed(123)
NMDStotal <- RUTEMATRISSE %>% select(ACRAR:VERMA) %>%
  metaMDS(., k=3)
```

```
## Run 0 stress 0.05672898
## Run 1 stress 0.05715368
## ... Procrustes: rmse 0.05314191 max resid 0.1364613
## Run 2 stress 0.05523444
## ... New best solution
## ... Procrustes: rmse 0.05962717 max resid 0.1404461
## Run 3 stress 0.05737392
## Run 4 stress 0.05840098
## Run 5 stress 0.05625529
## Run 6 stress 0.05515975
## ... New best solution
## ... Procrustes: rmse 0.0057503 max resid 0.01070598
## Run 7 stress 0.0568361
## Run 8 stress 0.05841131
## Run 9 stress 0.05566386
## Run 10 stress 0.05739139
## Run 11 stress 0.05516083
## ... Procrustes: rmse 0.004344623 max resid 0.008654356
## ... Similar to previous best
## Run 12 stress 0.05840502
## Run 13 stress 0.05764364
## Run 14 stress 0.05625488
## Run 15 stress 0.05566922
## Run 16 stress 0.05519763
## ... Procrustes: rmse 0.007956633 max resid 0.01461873
## Run 17 stress 0.05679755
## Run 18 stress 0.05528197
## ... Procrustes: rmse 0.01262179 max resid 0.02200599
## Run 19 stress 0.05715949
## Run 20 stress 0.05517088
## ... Procrustes: rmse 0.005885259 max resid 0.01064057
## *** Solution reached
```

Vedlegg VIII

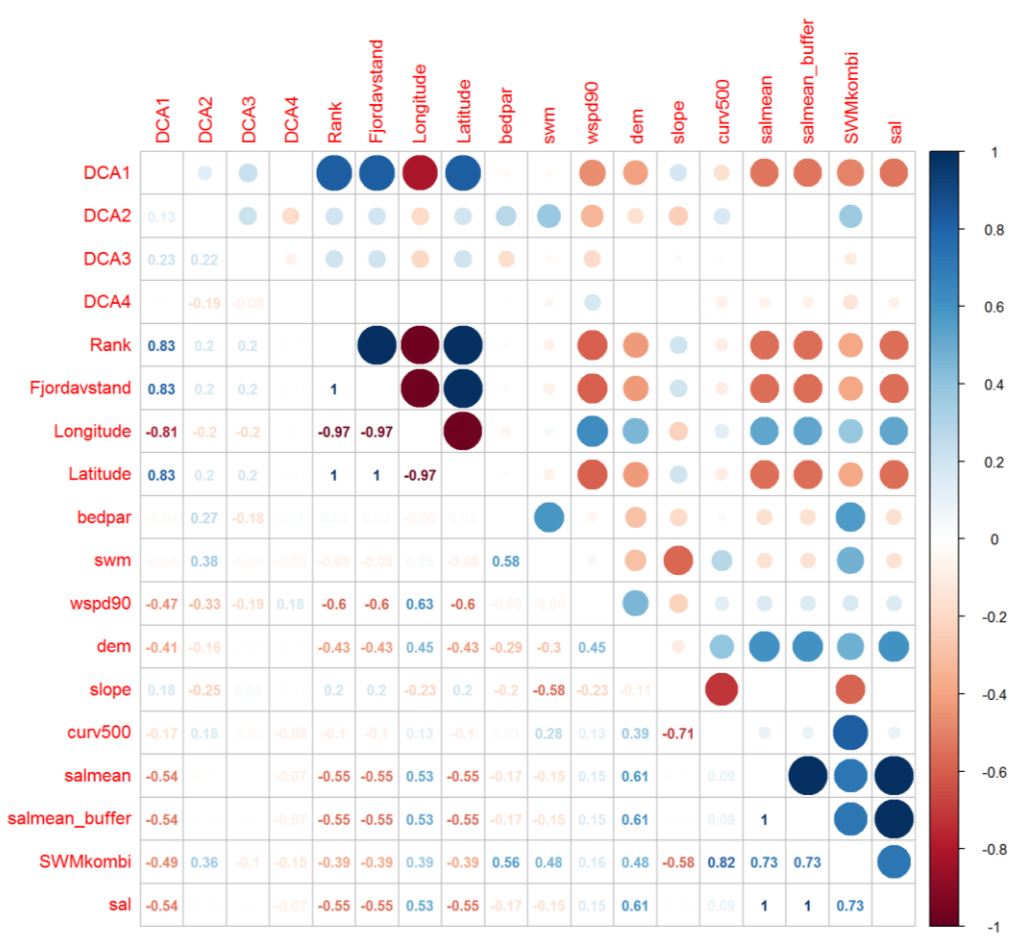
Procrustes- test- samvariasjonsanalyse mellom DCA og NMDS- ordinasjonsanalyser av komplett artsdatamatrise:

```
# Procrustes test for å se på sammenfall
ord.protest <- protest(DCAtotal, NMDStotal)
ord.protest

##
## Call:
## protest(X = DCAtotal, Y = NMDStotal)
##
## Procrustes Sum of Squares (m12 squared):      0.1338
## Correlation in a symmetric Procrustes rotation: 0.9307
## Significance: 0.001
##
## Permutation: free
## Number of permutations: 999
```

Vedlegg IX:

Kendall's tau (T) rank korrelasjonsplott av DCA1 og kontinuerlige miljøvariabler:



*Korrelasjonskoeffisienter 0 – 1, hvor 0 er ingen korrelasjon og 1 er perfekt positiv korrelasjon.

*Korrelasjonskoeffisienter – 1 – 0, hvor 0 er ingen korrelasjon og -1 er perfekt negativ korrelasjon.

* Størrelse på sirkler indikerer korrelasjonsnivå mellom variabler, stor sirkel = stor korrelasjon, liten sirkel = liten korrelasjon

Vedlegg X

Fullstendig Anova-test av DCA1 og DCA2 med faktorvariabler og kontinuerlige miljøvariabler (fjordavstand, rank og år):

Anova DCA1:

Anova(lm1, type = "II")

	Sum Sq <dbl>	Df <dbl>	F value <dbl>	Pr(>F) <dbl>
Fjordavstand	0.2469924	1	0.9634049	0.338055747
Rank	0.4431026	1	1.7283415	0.203499747
EkspLKM	1.0761955	2	2.0988745	0.148781962
SalinLKM	3.0004746	1	11.7034862	0.002706756
År	1.3217274	1	5.1554574	0.034377397
Residuals	5.1274885	20	NA	NA

6 rows

Anova DCA2:

Anova(lm2, type = "II")

	Sum Sq <dbl>	Df <dbl>	F value <dbl>	Pr(>F) <dbl>
Fjordavstand	0.001278032	1	0.009841941	0.92196191
Rank	0.006246498	1	0.048103387	0.82861988
EkspLKM	0.981572748	2	3.779475426	0.04052035
SalinLKM	0.001352544	1	0.010415746	0.91972729
År	0.437008864	1	3.365342542	0.08150302
Residuals	2.597113720	20	NA	NA

6 rows