

Evaluering av komboindeksens egnethet for tilstandsklassifisering av makroalger i sjøsonen



Hovedkontor

Økernveien 94
0579 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

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

NIVA Region Innlandet

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

NIVA Region Vest

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

NIVA Danmark

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

Internett: www.niva.no

Tittel Evaluering av komboindeksens egnethet for tilstandsklassifisering av makroalger i sjøsonen	Løpenummer 7695-2022	Dato 01.04.2022
Forfatter(e) Camilla With Fagerli, Janne Gitmark, Hege Gundersen, Maia Røst Kile, Siri Moy, Mats Walday	Fagområde Marin biologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Norge	Sider 34 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) Miljødirektoratet	Kontaktperson hos oppdragsgiver Ingrid Handå Bysveen
Oppdragsgivers utgivelse: Miljødirektoratet rapport M-2258 I 2022	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 210225

<p>Sammendrag</p> <p>Komboindeksen er en ny klassifiseringsindeks for makroalger som baserer seg på vurderinger av makroalgесamfunnets tilstand i fjæresonen kombinert med vurderinger i sjøsonen. Komboindeksen har blitt utprøvd gjennom Miljødirektoratets ØKOKYST program siden 2017, og basert på erfaring fra bruk, er det ønskelig å utrede komboindeksens egnethet og vurdere om den bør inkluderes som indeks for makroalger i klassifiseringsveilederen. I rapporten foreslås justeringer av metoden som kan bidra til forbedring av indeksens presisjon for registreringene og indeksens utsagnskraft. Blant forbedringsforslagene fremheves særlig overgang fra droppkamera til undervannsdrone/ROV, samt å inkludere nedre voksegrense for sukkertare som en vurderingsparameter. Videoregistreringer i sjøsonen bidrar til å gi et mer fullstendig bilde av tilstanden til makroalgесamfunnet og kan avdekke negative forhold som ikke nødvendigvis gir utslag i fjæresonen. Komboindeksen bør derfor fortsatt inngå i ØKOKYST-overvåkingen, men basert på faglige vurderinger konkluderes det med at indeksen bør videreutvikles og et større vurderingsgrunnlag bør foreligge før komboindeksen eventuelt kan inkluderes i klassifiseringsveilederen.</p>

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Makroalger Økologisk tilstand Miljøovervåking Vannforskriften 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> Macroalgae Ecological status Environmental monitoring Water Framework Directive
--	---

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

Camilla With Fagerli
Prosjektleder

Paul Ragnar Berg
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7431-8
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

Evaluering av komboindeksens egnethet for tilstandsklassifisering av makroalger i sjøsonen

Forord

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Miljødirektoratet og skal bidra til å vurdere komboindeksens egnethet som metode for tilstandsklassifisering av makroalgesamfunn i sjøsonen. Komboindeksen har vært testet ut gjennom en fireårig programsyklus i ØKOKYST (2017-2020) og basert på disse erfaringene gir rapporten en faglig vurdering av hvorvidt det er hensiktsmessig å inkludere komboindeksen som et klassifiseringsverktøy i Veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann. I rapporten vurderes elementer ved indeksen som kan tilpasses for å øke komboindeksen utsagnskraft.

Faggruppen hos NIVA har bestått av Camilla With Fagerli, Janne Gitmark, Hege Gundersen, Maia Røst Kile, Siri Moy og Mats Walday.

Kontaktperson hos Miljødirektoratet har vært Ingrid Handå Bysveen (avtalenummer: 21047011).

Oslo, 9.12.2021

Camilla With Fagerli
Prosjektleder

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Mål for prosjektet	8
1.3	Kort om indeksene og prinsippene for tilstandsklassifisering av makroalgesamfunn	8
2	Dekker indeksen det behovet den var ment å dekke?	10
2.1	Basert på de eksisterende rapportene om indeksen, har den oppfylt intensjonene?	10
2.1.1	Resultater og erfaringer fra utprøving av komboindeksen	10
2.1.2	Resultater fordelt på delprogram.....	12
2.2	Hva er begrensningene ved bruk av indeksen?	21
2.2.1	Begrensninger knyttet til delparameter «nedre voksedyp for stortare»	21
2.2.2	Begrensninger knyttet til delparameter «nedre voksedyp for opprette rødalger»	22
2.2.3	Begrensninger knyttet til delparameter «dybdeomfang for masseforekomst av trådformete alger».....	23
2.2.4	Begrensninger knyttet til utstyr og metodikk	24
2.3	Er det potensiale for videreutvikling og forbedring av indeksen?.....	25
2.4	Er det andre elementer som burde vært inkludert for å forbedre komboindeksen?.....	26
2.5	Er det områder, økoregioner, vanntyper eller stasjonslokaliteter der komboindeksen ikke egner seg?.....	28
2.6	Ser grenseverdiene fornuftige ut eller kan/bør de revideres?	29
3	Konklusjon	31
4	Referanser.....	33
	Vedlegg.....	35

Sammendrag

Komboindeksen er en ny klassifiseringsindeks for makroalger som baserer seg på vurderinger av makroalgemesamfunnets tilstand i fjæresonen og i sjøsonen. Komboindeksen gjelder for påvirkningstypen eutrofi, og er skissert som en to-delt indeks som baserer seg på registreringer i fjæresonen (RSL/RSLA) i kombinasjon med registreringer i sjøsonen med droppkamera. Tre delparametere inngår i tilstandsvurderingen av sjøsonen: 1 - nederste voksegrense for opprette alger (i praksis rødalgebeltet), 2 - nedre voksegrense for stortare, samt 3 - dybdeutbredelse for eventuelle masseforekomster av opportunistiske trådalger.

Komboindeksen blitt utprøvd gjennom Miljødirektoratets ØKOKYST program siden 2017, og basert på erfaring fra bruk, er det ønskelig å utrede komboindeksens egnethet og vurdere om den bør inkluderes som indeks for makroalger i klassifiseringsveilederen. Rapporten tar for seg svakheter som er identifisert ved metoden slik den praktiseres i dag, og foreslår løsninger for å imøtekomme og forbedre indeksens utsagnskraft. Blant forslagene nevnes særlig overgang fra droppkamera til undervannsdrone/ROV for å gi en bedre presisjon for dybderegistreringene av algene. Det foreslås også å inkludere nedre voksegrense for sukkertare som en undersøkelsesparameter som tillegg til stortare.

Ved å inkludere masseforekomster av kråkeboller og filtrerende organismer som delparametere i tilstandsvurdering av sjøsonen vil komboindeksen kunne gjelde for flere påvirkningstyper i tillegg til eutrofi. Kråkebollebeitet hardbunn er en redusert tilstand av økosystemet som er knyttet til lav forekomst, og høyt fiskepress på kråkebollens predatorer. Kraftig påvekst på tare fra filtrerende organismer er et økende fenomen som observeres på enkelte av hardbunnstasjonene og som i likhet med trådalger, redusere tareplantenes biologiske kvalitet og indikerer trolig høy tilstedeværelse av organiske partikler i vannmassene.

Videoregistreringer i sjøsonen bidrar til å gi et mer fullstendig bilde av tilstanden i en større del av makroalgemes vokseområde og kan avdekke negative forhold i sjøsonen som ikke nødvendigvis gir utslag i fjæresonen. Vi mener derfor at det er viktig å overvåke en større dybdegradient av makroalgemes potensielle utbredelse, som et supplement til undersøkelsene i fjæra. Testing av komboindeksen har imidlertid avdekket begrensninger ved metoden, og basert på en faglig vurdering konkluderes det med at indeksen ikke er moden for å inkluderes i klassifiseringsveilederen i sin nåværende form.

NIVA anbefaler at komboindeksen revideres og at uttesting videreføres i ØKOKYST-programmet. Når tilstrekkelig erfaring og resultater foreligger, anbefales det igjen å evaluere om komboindeksen i sin reviderte form kan inkluderes i klassifiseringsveilederen.

Summary

Title: Evaluering av komboindeksens egnethet for tilstandsklassifisering av makroalger i sjøsonen

Year: 2022

Author(s): Camilla With Fagerli, Janne Gitmark, Hege Gundersen, Maia Røst Kile, Siri Moy og Mats Walday

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7431-8

“Komboindeksen” is introduced as a new index for assessment of the ecological status of macroalgae in the shallow sublittoral zone. The index applies to the impact type eutrophication and is outlined as a two-part index based on quality assessments in the littoral zone (RSL/RSLA) in combination with video-assessments of the shallow part of the sublittoral zone applied with a drop-camera. The index includes three sub-parameters: 1 - the lower growth limit for upright macroalga (the red algae belt), 2 - the lower growth limit for tangle kelp and 3 - depth distribution for mass deposits of opportunistic, filamentous algae.

“Komboindeksen” has been tested in ØKOKYST since 2017. ØKOKYST is the national coastal monitoring program funded by the Norwegian Environmental Agency. Based on preliminary use and results from ecological quality assessments, the main goal of this report is to evaluate the suitability of the suggested index, and assess whether the index should be implemented as a quality assessment tool for macroalgae in the classification guide (Veileder 02:2018). Some weaknesses associated with the “komboindeks” has been identified, and solutions that may improve the method is discussed in the text. The two main factors that are proposed as potential improvements, is first; to transition from video-recording applied by drop camera, to video-recordings applied by an underwater drone / ROV, and secondly; to include the lower growth limit of sugar kelp as a sub-parameter in the index.

By including mass abundance of sea urchins and of filtering organisms as sub-parameters in the index, the index can also apply to other types of impact in addition to eutrophication. Sea urchin barrens is a low-productive state of the shallow rocky ecosystem and high fishing pressure on sea urchin predators is suggested as an important driver of the shift from macroalgal beds to overgrazed sea urchin barrens. Overgrowth of kelp from filtering organisms is a growing concern and a phenomenon that has been observed at some of the hard bottom stations in the monitoring program. Similar to overgrowth by filamentous algae, high cover of filtering organisms will reduce the biological quality of kelp plants and is presumably an indicator of a high load of organic particles in the water masses.

Video recording of the sublittoral zone provides a broader picture of the ecological condition in the study area and can reveal negative impact that not necessarily effects macroalgae in the littoral zone. We therefore believe that it is important to monitor a wider depth gradient of the macroalgae's potential distribution area as a supplement to the surveys in the littoral zone.

Preliminary results have revealed limitations related to the “komboindex” that should be remedied, and based on an expert judgement, we conclude that the index should not be included in the classification guide (Veileder 02:2018) in its present form.

NIVA recommends a revision of the “komboindex” and continuous testing of its suitability through ØKOKYST. When sufficient experience and results are available, it is again recommended to evaluate whether the index in its revised form can be included in the classification guide.

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

EUs vanddirektiv 2000/60/EC, setter rammer for vannforvaltningen ved å sette miljømål og krav til overvåking. I Norge er disse pliktene implementert gjennom vannforskriften av 15. desember 2006. For å fastslå økologisk tilstand i kystvann, undersøkes biologiske kvalitetselementer (planteplankton, makroalger, ålegress og bløtbunnsfauna), samt fysisk-kjemiske og hydromorfologiske kvalitetselementer ved bruk av metoder beskrevet i Veileder 02:2018 "Klassifisering av miljøtilstand i vann".

Det biologiske kvalitetselementet makroalger omfatter store, synlige alger som vokser på hardt underlag langs kysten - tang og tare er blant disse algene. Algene er fastsittende og har derfor ikke mulighet til å forflytte seg dersom miljøforholdene blir dårlige. Algesamfunnet vil dermed være sammensatt av de artene som til enhver tid er best tilpasset miljøforholdene i konkurranse med andre arter. Artssammensetning og sonering varierer ved forhold som lys, temperatur, saltholdighet, bølgeeksponering, strøm og næringstilgang. Dersom tilgangen til næring endres, vil også artssammensetningen i algesamfunnet endre seg. En situasjon med overgjødning kan føre til at hurtigvoksende trådformede alger, som raskt kan ta opp og utnytte næringssalter til vekst, får større utbredelse på bekostning av flerårige alger. Økt mengde næring medfører gjerne økt mengde partikler i vannet som gjør lysforholdene dårligere slik at fastsittende alger ikke kan vokse like dypt som i klart vann.

For fastsittende makroalger er det to indekser som er inkludert i Veileder 02:2018 og som benyttes for tilstandsklassifisering av makroalgesamfunn: algenes nedre voksegrense i sjøsonen (MSMDI) og artssammensetning i fjæresonen (fjæresoneindeksen), som enten beregnes med eller uten dekningsgrad, henholdsvis som RSLA og RSL. Begge indekser skal være indikatorer for påvirkningstypen eutrofi (overgjødning).

Den økologiske miljøtilstanden som indeksverdien skal gjenspeile er basert på et lite utvalg av parametere som benyttes for å si noe om tilstanden på samfunnsnivå. Begrensninger ved indeksene gjør dermed at avvik kan forekomme mellom den faglige, skjønnsmessige vurdering av stasjonens tilstand, og tilstand regnet ut med indeksene. En viktig begrensning med MSMDI er at den ikke fanger opp forekomster av opportunistiske trådalger. Fjæresoneindeksen vil derimot fange opp forekomst av opportunistiske arter, men kun i fjæresonen. Siden fjæresonen er et krevende leveområde er de organismer som lever der robuste og tilpasset skiftende og til tider ekstreme miljøforhold. Ekstreme miljøforhold gir stor naturlig variasjon (Paine & Levin, 1981). Alger tåler dessuten høyere næringssaltbelastning i områder med god vannbevegelse og bølgepåvirkning kan derfor virke dempende på eutrofi-effekter i fjæra og derfor kan makroalgeundersøkelser kun i fjæra, virke kamuflerende på næringssaltpåvirkning (Walday m. fl. 2015).

Erfaringsmessig kan eutrofi-effekter forekomme i sjøsonen samtidig som fjæreindeksen gir god tilstand. Fjæresone-undersøkelser vil dessuten i liten eller ingen grad fange opp andre forhold som kan gi bortfall av alger på større dyp enn fjæresonen. Bortfall av alger i sjøsonen kan skyldes både menneskeskapte og ikke-menneskeskapte forhold som redusert siktdyp, kråkebollebeiting, nedslamming og begroing av epifyttiske alger og dyr. Disse forholdene gir sjelden registrerbare effekter i fjæra.

På bakgrunn av fjæreindeksens begrensninger ble det i 2017 lansert ett forslag om komboindeksen, en ny klassifiseringsindeks for makroalger hvor klassifiseringen skulle basere seg på vurderinger av makroalgesamfunnets tilstand over flere dybdeområder, ikke kun fjæresonen (Gundersen m. fl. 2017). I likhet med fjæreindeksen og nedre voksegrenseindeksen gjelder også komboindeksen for påvirkningstypen eutrofi, og er en to-delt indeks som baserer seg på registreringer i fjæresonen (RSL/RSLA) i kombinasjon med registreringer i sjøsonen med droppkamera. Tre delparametere inngår i tilstandsvurderingen av sjøsonen: nederste voksegrense for opprette alger (i praksis rødalgebeltet), nedre voksegrense for stortare samt dybdeutbredelse for eventuelle masseforekomster av opportunistiske trådalger.

1.2 Mål for prosjektet

Med unntak av delprogram Skagerrak (som dekker Ytre Oslofjord og Grenland) har komboindeksen blitt utprøvd på alle delprogram i ØKOKYST gjennom programperioden 2017-2020. Undersøkelser av det biologiske kvalitetselementet makroalger ruller, med undersøkelser hvert tredje år, slik at komboindeksen har blitt beregnet en til to ganger for de ulike hardbunnsstasjonene i hvert delprogram i den nevnte perioden. Utprøving av komboindeksen videreføres også i inneværende programperiode for ØKOKYST (2021-2025), med unntak av delprogram Skagerrak, hvor makroalgesamfunnet i sjøsonen skal undersøkes ved dykking. Miljødirektoratet ønsker nå å evaluere metoden, basert på resultatene og erfaringene fra ØKOKYST, og vurdere om den skal inngå som en indeks for tilstandsklassifisering av makroalger i klassifiseringsveilederen.

Følgende spørsmål er gitt av Miljødirektoratet som grunnlag for evalueringen av komboindeksens egnethet:

- Dekker indeksen det behovet den var ment å dekke?
- Basert på de eksisterende rapportene om indeksen, har den oppfylt intensjonene?
- Hva er begrensningene ved bruk av indeksen?
- Kan/bør den videreutvikles (gitt fortsatt bruk av dropp/undervannskamera og ikke mer omfattende registrering/innsamling som krever for eksempel dykking)?
- Er det andre elementer dere ser etter å ha testet den ut som burde vært inkludert/justert for å gjøre den mer optimal (f. eks nye arter, eventuelt andre ting)?
- Hvilke områder kan/bør den brukes i, og hvilke områder kan/bør den eventuelt ikke brukes i? Som for eksempel økoregion/vann typer men også fysiske egenskaper ved en stasjonslokalitet som gjør komboindeksen vanskelig eller egnet for denne indeksen.
- Ser grenseverdiene fornuftige ut eller kan/bør de revideres?

Hvert enkelt spørsmål er tilegnet et eget delkapittel i rapporten. Besvarelse og vurdering av spørsmålene er foretatt på bakgrunn av erfaring fra delprogram hvor NIVA har hatt fagansvar for hardbunn gjennom ØKOKYST programperiode 2017-2020.

1.3 Kort om indeksene og prinsippene for tilstandsklassifisering av makroalgesamfunn

Nedre voksegrenseindeksen (MSMDI) er per i dag utviklet for tre vann typer i økoregion Skagerrak. Indeksens grenseverdier for vannkvalitet baserer seg på observerte største voksedyp for ni utvalgte makroalger. De fleste av artene krever dykkerundersøkelse for sikker artsbestemmelse.

I øvrige økoregioner benyttes fjæresoneindeksen (RSLA/RSL), men det er foreløpig kun utviklet klassegrenser for alle vanntyper (1-5) i økoregion Norskehavet Sør og Nordsjøen. Fjæresoneindeksen er en multimetrisk indeks som bruker informasjon om artssamfunnet i fjæra: antall arter, samt forholdet mellom grupper og typer av arter. I tillegg gjøres en justering for de fysiske forutsetninger for makroalgevekst i det undersøkte fjæreamrådet.

En stor begrensning med fjæreindeksen er at den ikke fanger opp effekter av næringsaltpåvirkning under fjæresonen. Dette må ses på bakgrunn av en økende og bekymringsfull trend med utvikling fra flerårige makroalgesamfunn med tareskog mot et samfunn dominert av ettårige arter og trådalger, som har blitt rapportert fra kystområder i Norge og andre deler av verden og som knyttes til effekter av klimaendring og forurensning (Christie m. fl. 2019, Filbee-Dexter & Wernberg 2018).

Prinsippene for komboindeksen er å benytte den etablerte indeksen RSLA/RSL og en modifisert versjon av MSMDI i kombinasjon, da dette gir et mer komplett bilde av miljøsituasjonen på en lokalitet enn det hver enkelt indeks gjør hver for seg.

Undersøkelser foretatt av en dykkende marin botaniker er den metoden som per i dag gir størst presisjon for artsobservasjoner i sjøsonen. Der dykkertransekter av ulike årsaker ikke er hensiktsmessig eller ønskelig å gjennomføre, foreslår komboindeksen at droppkamera benyttes for observasjoner og datainnsamling fra makroalgesamfunnet i sjøsonen.

I komboindeksen skal fjæreindeksen (RSLA/RSL) beregnes, samt tre parametere for sjøsonen:

1. nedre voksedyp for stortare (*Laminaria hyperborea*)
2. nedre voksedyp for opprette rødalger
3. dybdeutstrekning/dybdeomfang av eventuelle masseforekomster av trådformete alger

Dersom én eller to av delparameterne i sjøsonen ikke er målbar, kan komboindeksen fremdeles beregnes, men utsagnskraften vil da bli mindre. Det er foreløpig ikke utviklet klassegrenser for alle parametere innenfor alle økoregioner og vanntyper. En oversikt over hvordan komboindeksen kan benyttes innen ulike økoregioner og vanntyper er gitt i Tabell 2 i Vedlegg. Det er også unntak for beregning av komboindeksen i vanntyper hvor det ikke foreligger klassegrenser for RSLA/RSL. I slike tilfeller kan nEQR-verdier for sjøsonen beregnes, men videre beregning av komboindeksen foretas ikke (Felt- og beregningsmetodikk for komboindeksen 2017). På sikt vil det etableres klassegrenser for fjæreindeksen i alle vanntyper og økoregioner, når disse er på plass vil komboindeksen kunne beregnes også her.

2 Dekker indeksen det behovet den var ment å dekke?

2.1 Basert på de eksisterende rapportene om indeksen, har den oppfylt intensjonene?

Med unntak av delprogram Skagerrak har komboindeksen blitt utprøvd på hardbunnstasjonene i ØKOYST sine ulike delprogram. Metodikken ble testet ut i felt første gang i 2017 i syv av delprogrammene (delprogram Klima, Nordsjøen Sør, Nordsjøen Nord, Norskehavet Sør I og II, samt Norskehavet Nord I og II). Komboindeksen ble ikke utregnet fra feltobservasjonene i 2017, men praktiske erfaringer fra metoden og observasjoner fra felt ble rapportert i påfølgende årsrapporter for de syv delprogrammene. Ved delprogram Norskehavet Nord III har nEQR-verdiene for sjøsonen blitt beregnet fra to undersøkelser (2018 og 2020). For øvrige delprogram har sjøsonen kun blitt tilstandsklassifisert en gang i løpet av den fireårige programperioden fra 2017-2020.

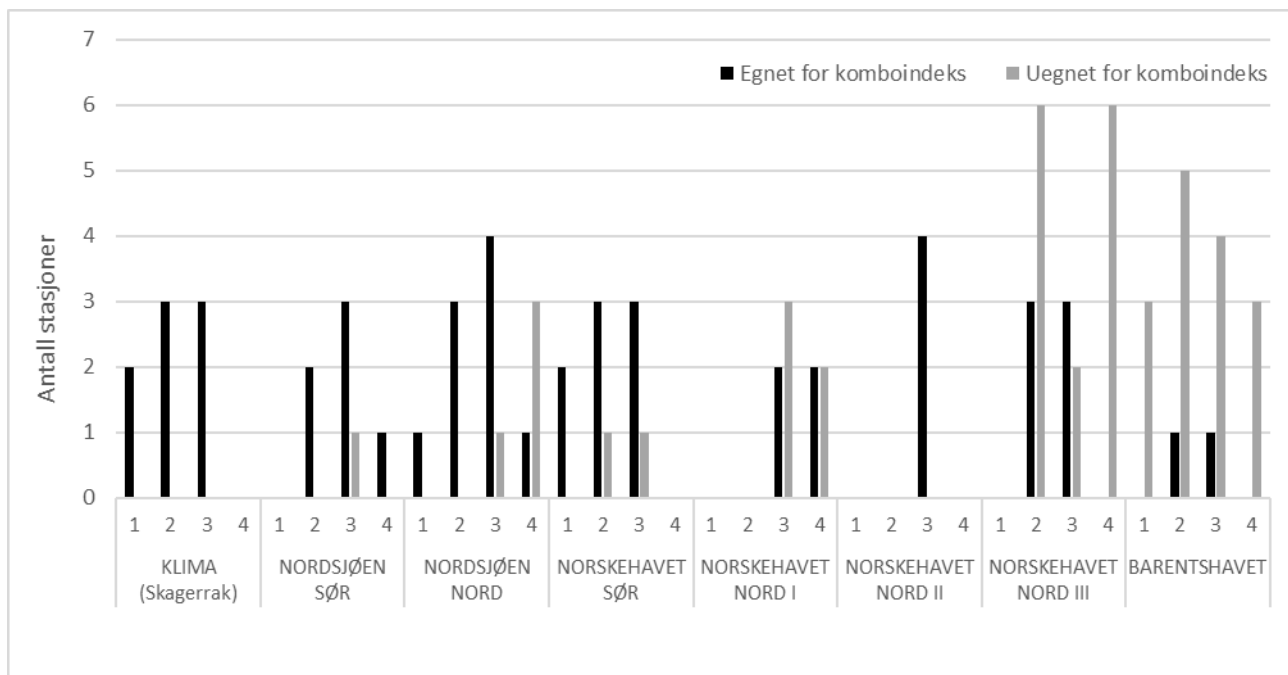
Ved flere av hardbunnstasjonene har komboindeksen blitt vurdert som uegnet, enten fordi algevegetasjonen er delvis nedbeitet av kråkeboller eller fordi sjøbunnen er dominert av bløtt bunns substrat (bløtbunn, sand eller grus) i deler av dybdetransektet. Slike forhold reduserer algevegetasjonen og gir et usikkert grunnlag for beregning av det nedre voksedypet for fastsittende makroalger. I metodebeskrivelsen for komboindeksen presiseres det at stasjonene bør skråne jevnt ned til (og forbi) nedre mulige voksegrense for alger (minimum 30 m dyp) og at bunns substratet uavbrutt bør bestå av fjellbunn eller stein. Ved de uegnede hardbunnstasjonene er ikke bunnforholdene slik, og derfor er heller ikke nEQR beregnet for sjøsonen.

2.1.1 Resultater og erfaringer fra utprøving av komboindeksen

Den høyeste andelen av uegnede stasjoner finner vi i de nordlige delprogrammene, uavhengig av vanntypen lokalitetene befinner seg i (Figur 1). Spesielt innenfor delprogram Barentshavet er andelen uegnede stasjoner høy. Kun to av 17 hardbunnstasjoner på dette delprogrammet er vurdert som egnede for tilstandsklassifisering av sjøsonen. Hardbunnstasjonene i delprogram Barentshavet er lokalisert i Tanafjorden og Varangerfjorden med sidefjorder. I store deler av dette kystområdet er landformene karakterisert av en smal, skrånende hardbunnsflate i den grunne delen av sjøsonen, før bløtere sediment (sand, grus eller leire) overtar allerede ved ca. 10-20 m dyp.

I de sørligere delprogrammene (hardbunnstasjoner sør for Troms) finner vi flest uegnede lokaliteter innenfor vanntype 4 «Ferskvannspåvirket fjord». Kråkebollebeiting eller uegnet bunns substrat er årsak til at disse fjordlokalitetene ikke egner seg for bestemmelse av algenes voksedyp.

Tabell 1 oppsummerer andelen av fjæresonestasjonene innenfor hvert enkelt delprogram som er vurdert uegnet for tilstandsklassifisering av sjøsonen og inkluderer en begrunnelse for vurderingen.



Figur 1. Fordeling av egnede/uegnede stasjoner for beregning av komboindeksen for vanntype (1-4) i hvert delprogram. Grå stolper viser antall stasjoner som er vurdert uegnet for tilstands-klassifisering av sjøsonen. Sorte stolper viser antall stasjoner som er egnet for komboindeksen og hvor nEQR-verdier for sjøsonen er beregnet i løpet av perioden 2018-2020. Delprogrammene er ordnet i en gradient fra sør (delprogram Klima i Skagerrak) til nord (delprogram Barentshavet) langs figurens x-akse.

Tabell 1. Oversikt over totalt antall hardbunnstasjoner innenfor hvert ØKOKYST delprogram hvor komboindeksen er utprøvd. Antall stasjoner hvor komboindeksen ble vurdert uegnet, samt bakgrunn for vurderingen er oppsummert.

Økokyst delprogram	Antall hardbunnstasjoner	Antall stasjoner vurdert uegnet for komboindeksen	Bakgrunn for vurdering av uegnethet
Klima	8	0	Ingen uegnede stasjoner
Nordsjøen sør	7	1	1 stasjon hadde uegnet bunnsbunnsstrat
Nordsjøen Nord	13	4	2 stasjoner var beitet av kråkeboller, 2 stasjoner hadde ikke tilstrekkelig algevegetasjon
Norskehavet Sør I	4	0	Ingen uegnede stasjoner
Norskehavet Sør II	11	5	5 stasjoner var beitet av kråkeboller
Norskehavet Nord I	9	5	2 stasjoner var beitet av kråkeboller, 3 stasjoner hadde uegnet bunnsbunnsstrat
Norskehavet Nord II	4	0	Ingen uegnede stasjoner
Norskehavet Nord III	19	13	6 stasjoner var beitet av kråkeboller, 7 stasjoner hadde uegnet bunnsbunnsstrat
Barentshavet	17	15	1 stasjon var beitet av kråkeboller, 14 stasjoner hadde uegnet bunnsbunnsstrat

Hovedintensjonen med komboindeksen er å fange opp effekter av påvirkning i sjøsonen, som kan forekomme uavhengig av tilstanden i fjæresonen, ved hjelp av tre delparametere («nedre voksedyp for stortare», «nedre voksedyp for opprette rødalger» samt «masseforekomst av trådalger»). Grad

av samsvar i nEQR-verdi for fjæresonen og sjøsonen er viktig når en skal vurdere om komboindeksens intensjoner er oppnådd. Avvik mellom tilstanden i fjæresonen og i sjøsonen tilsier at det er et behov for å vurdere tilstanden i makroalgesamfunnet over både fjæresone og sjøson dersom en skal få et representativt og pålitelig bilde av den økologiske tilstanden ved lokaliteten. Samsvar mellom de to indeksverdiene vil imidlertid peke i retning av at indeksene hver for seg gjenspeiler tilstanden på en god måte.

Av totalt 49 stasjoner hvor nEQR-verdier for sjøsonen har blitt beregnet var det samsvar mellom tilstandsklassifisering av fjæresonen og sjøsonen ved totalt 24 stasjoner, mens det ved 25 av dem var ulik tilstandsklasse i fjæra og sjøsonen. Sjøsonen skåret dårligere enn fjæresonen i 60 % av disse tilfellene, mens 40 % av dem hadde dårligere tilstandsklasse i fjæra enn i sjøsonen.

Komboindeksen beregnes som gjennomsnittet av nEQR-verdien for sjøsonen og nEQR-verdien for fjæresonen. Ved å midle nEQR-verdiene vil dermed eventuelt avvik mellom tilstandsvurderingen av de to ulike dybdeintervallene bli mindre. Foreløpig gjelder imidlertid følgende unntak fra beregning av komboindeksen (Felt- og beregningsmetodikk for komboindeksen 2017): «I de økoregioner hvor det ikke foreligger klassegrenser for fjæreindeksen (RSLA/RSL), presenteres kun nEQR-verdien for sjøsonen». Økoregionene Barentshavet, Norskehavet Nord og Skagerrak mangler per i dag klassegrenser for fjæreindeksen og i rapporter fra disse delprogrammene er derfor kun nEQR-verdier for sjøsonen beregnet. For egnede stasjoner i øvrige økoregioner er komboindeksen beregnet på grunnlag av nEQR-verdiene fra fjæresonen og sjøsonen.

2.1.2 Resultater fordelt på delprogram

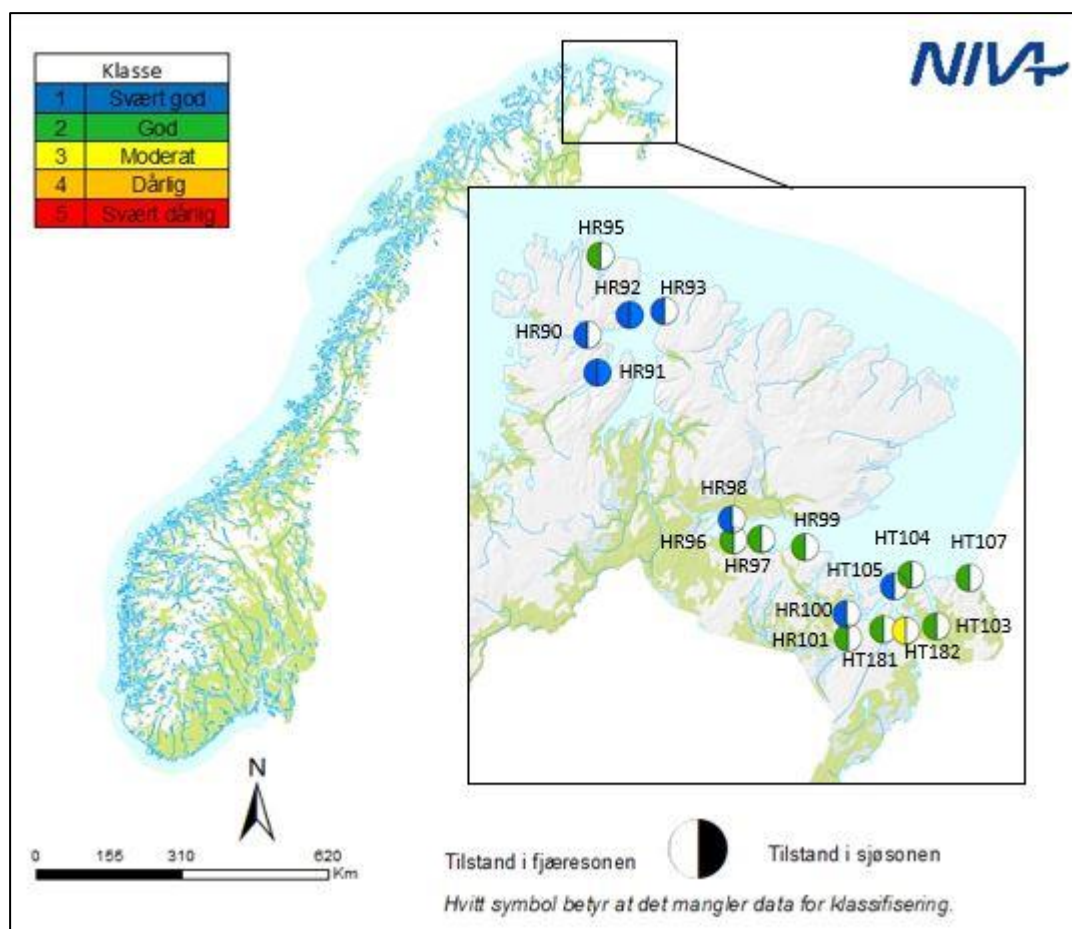
På grunn av manglende klassegrenser for fjæreindeksen, er stasjonene i økoregion Barentshavet, Norskehavet nord og Skagerrak klassifisert på grunnlag av klassegrenser for nærliggende økoregioner (Norskehavet Sør for nordlige delprogram og Nordsjøen Nord for Klima-programmet). I vurderingen av resultatene må det tas høyde for usikkerheten som innføres ved at klassegrenser for nærliggende økoregioner kan være dårlig tilpasset de lokalitetene som vurderes. For økoregion Norskehavet Sør og Nordsjøen Nord har det eksistert klassegrenser for tilstandsberegning av fjæresonen siden 2017. For delprogram Nordsjøen Sør ble indeksen gyldig i 2018 og klassegrensene er de samme som for Norskehavet Sør og Nordsjøen Nord, mens artslisten inkluderer noen andre arter enn for de to andre økoregionene (Veileder 02:2018). Dette har ikke påvirket resultatene for komboindeksen, som først ble beregnet etter 2018.

78 % av stasjonene som viste bedre tilstand (høyere nEQR) i fjæra enn i sjøsonen lå i de nordligste delprogrammene i Norskehavet Nord og Barentshavet. Videre følger en sammenligning av tilstanden i fjæresonen og sjøsonen for hvert enkelt delprogram. En stasjonsvis oversikt over tilstandsklassifisering av fjæresone og sjøsonen er vist for hvert delprogram i Figur 2 til Figur 10.

Delprogram Barentshavet

Tilstanden i sjøsonen ble kun beregnet ved to (HR91 og HR92) av 16 stasjoner på delprogram Barentshavet i 2019 (Figur 2) (Mannvik m. fl. 2020). Både fjæresonen og sjøsonen oppnådde «svært god» tilstand på disse stasjonene. Bakgrunn for de øvrige stasjonenes uegnethet relaterte seg til deres fysiske egenskaper. Sjøbunnens helningsgrad var slakt skrånende og dominert av bløtbunn og sand i de dypeste partiene. I tillegg var det høye tettheter av kråkeboller ved flere av stasjonene, spesielt i Tanafjorden. Høy tetthet av kråkeboller påvirker forekomsten av blant annet rødalger og

stortare negativt. Forekomst av trådalger er heller ingen god indikator for eutrofipåvirkning i kråkebolledominerte områder hvor beitetrykket er høyt. Under høyt beitetrykk er det gjerne kun skorpeformede kalkalger som overlever blant makroalgene.



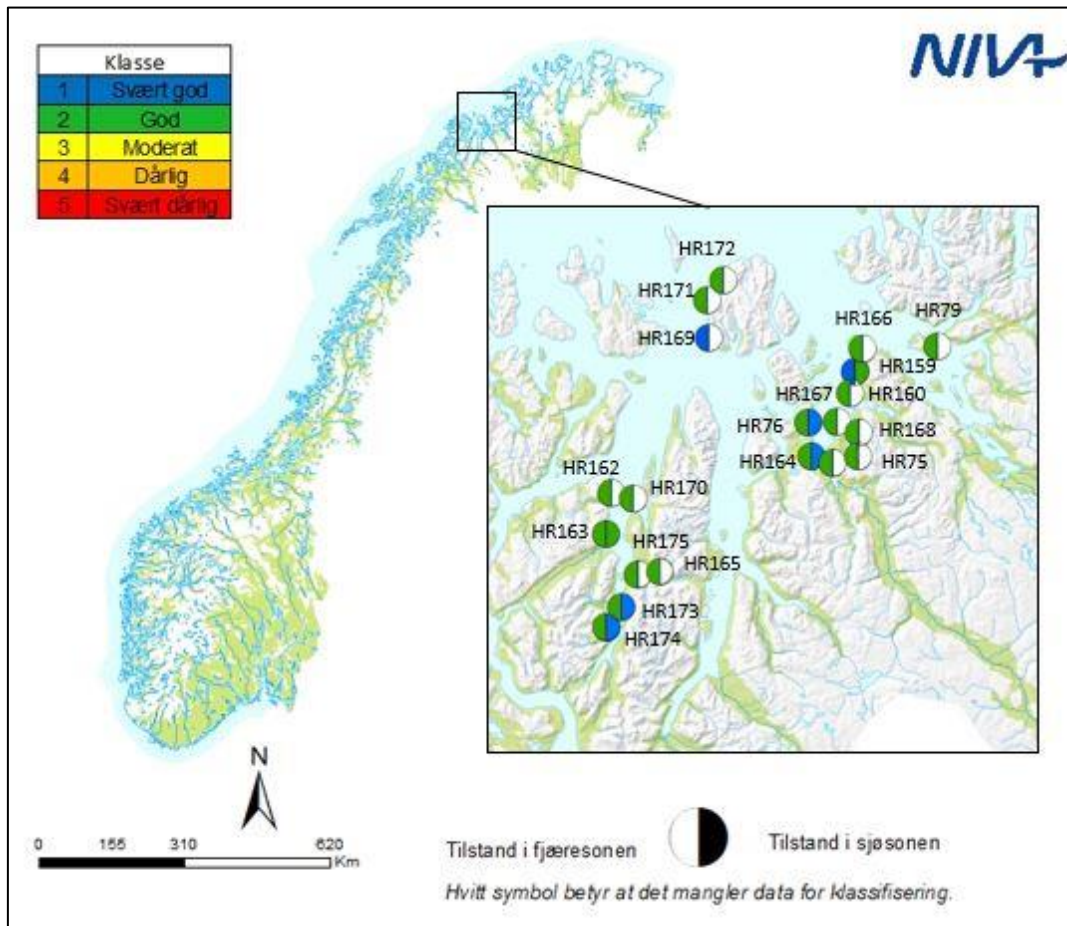
Figur 2. Oversikt over tilstandsklassifisering ved 16 hardbunnstasjoner på delprogram Barentshavet. Venstre halvdel av symbolet viser tilstanden i fjæresonen, høyre halvdel viser tilstanden i sjøsonen.

Delprogram Norskehavet Nord III

I delprogram Norskehavet Nord III, hvor komboindeksen er beregnet for både 2018 og 2020, har vi valgt å fokusere på resultatene fra 2020. Årsaken er usikkerhet knyttet til metodikken og stasjonenes egnethet i oppstartfasen av utprøvingen. Flere av stasjonene som ble klassifisert i 2018-undersøkelsen ble senere betraktet som uegnede på bakgrunn av stasjonenes fysiske forutsetninger knyttet til bunnsubstrat og helningsgrad; registreringene av algevekst fra 2018-undersøkelsen baserer seg på observasjoner av alger festet til løstliggende stein på bunnen. Videre var sjøbunnens helningsgrad lav (slik den ofte er i områder dominert av bløtt sediment), og tilstrekkelig dybde for vurdering av algenes voksedyp kunne først nås flere hundre meter fra land.

I 2020 var forekomsten av kråkeboller høy og algevegetasjonen glissen eller fraværende ved syv stasjoner og ved åtte av stasjonene var sjøbunnen dominert av bløtt substrat. Tilstanden i sjøsonen er ikke vurdert ved disse 15 stasjonene. Kun fem av stasjonene i dette delprogrammet ble vurdert som egnet for komboindeksen i 2020 (Christensen m. fl. 2021c). Blant disse var det samsvarende «svært god» tilstand i fjæresonen og sjøsonen ved en stasjon (HR173). Ved tre av stasjonene (HR164, HR174 og HR76) ble tilstanden i sjøsonen vurdert som bedre («svært god») enn i fjæresonen («god»). Ved den siste stasjonen (HR159) ble tilstanden i sjøsonen vurdert som «god», mens den ble funnet

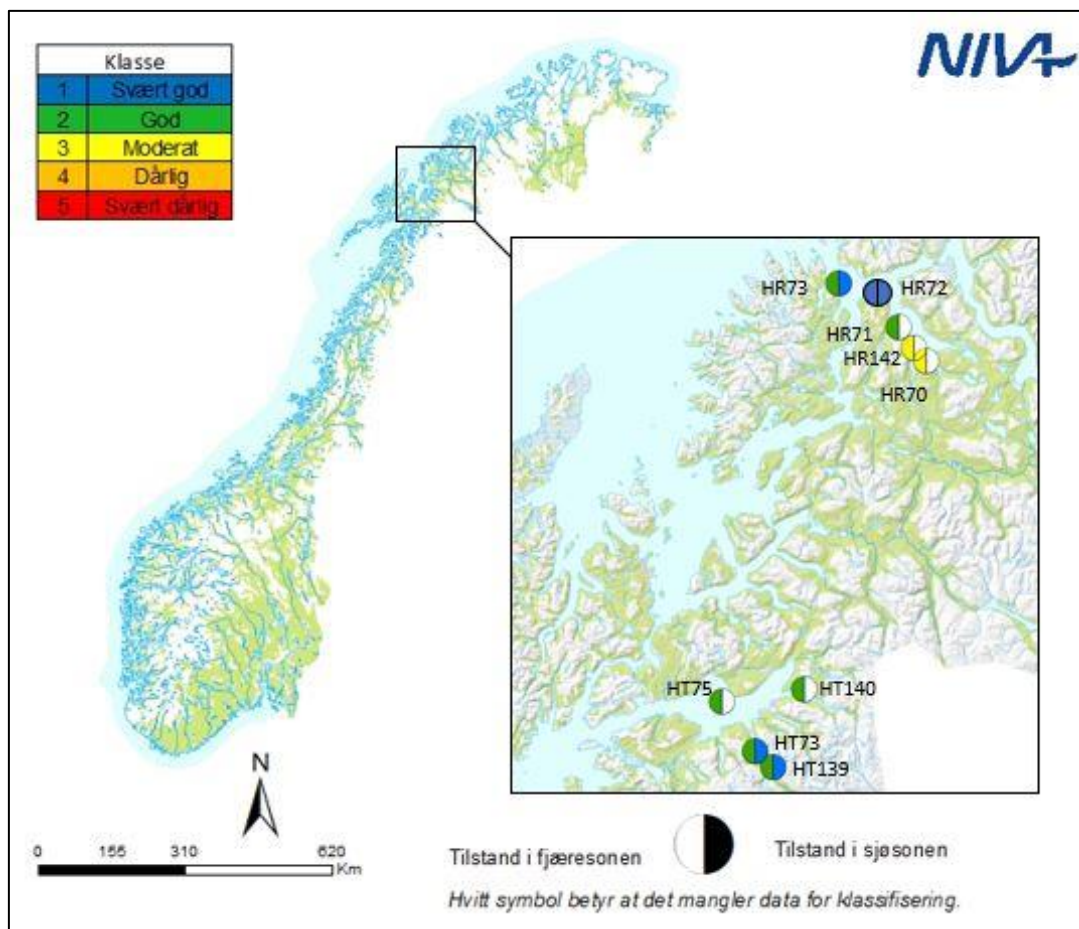
«svært god» i fjæresonen (Figur 3). Voksedypet til stortare var utslagsgivende for at stasjon HR159 kun oppnådde «god» tilstand i sjøsonen. Det ble imidlertid observert kråkeboller ved stasjonen, noe som kan ha påvirket tarens dybdeutbredelse og som resultatene bør sees i lys av. Det ble ikke observert masseforekomster av trådalger ved noen av de vurderte stasjonene. Dermed får alle stasjonene maksskår (nEQR=1) for denne parameteren, som bidrar til å trekke opp tilstanden i sjøsonen.



Figur 3. Oversikt over tilstandsklassifisering ved 20 hardbunnstasjoner på delprogram Norskehavet Nord III i 2020. Venstre halvdel av symbolet viser tilstanden i fjæresonen, høyre halvdel viser tilstanden i sjøsonen. Hvit farge betyr at stasjonen ikke er egnet for vurdering av sjøsonen med komboindeksen.

Delprogram Norskehavet Nord I

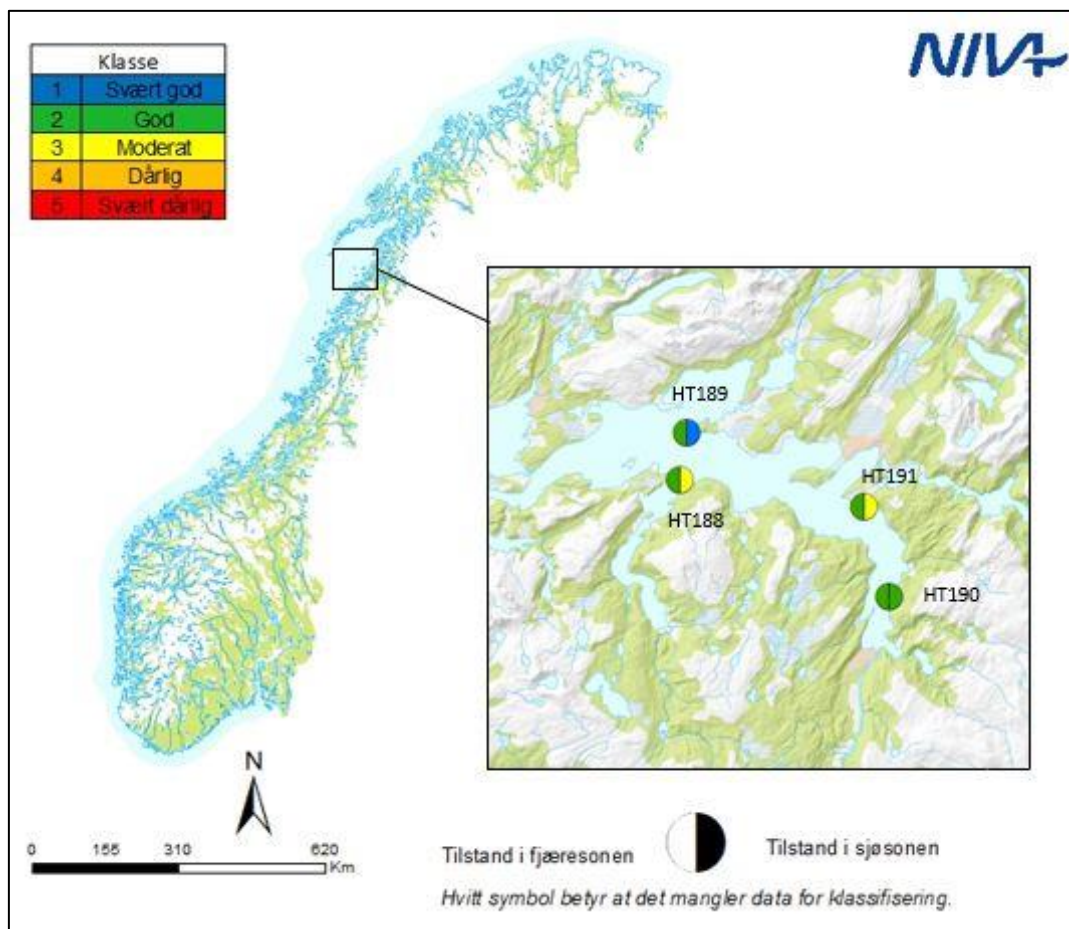
Tilstanden i sjøsonen ble beregnet ved fire av delprogrammets hardbunnstasjoner i 2020 (Christensen m. fl. 2021a). Ved tre av stasjonene (HT139, HT73 og HR73) ble tilstanden i fjæresonen vurdert som «god» mens tilstanden i sjøsonen ble klassifisert til «svært god». Ved den fjerde stasjonen (HR72) ble tilstanden vurdert som «svært god» både i fjæresonen og i sjøsonen (Figur 4). Det blir ikke observert masseforekomster av trådalger i sjøsonen, og dette trekker opp nEQR-verdien i sjøsonen på HR72. Ved to av hardbunnstasjonene i delprogrammet ble det observert masseforekomster av kråkeboller, mens det ved en stasjon var uegnet bunnsbunnsstrat for vurdering av sjøsonen. Ved stasjon HT140 og HT75 var værforholdene dårlige og droppkameraundersøkelser lot seg ikke gjennomføre i 2020. Det er derfor ikke kjent om disse to stasjonene er egnede for vurdering av sjøsonen med komboindeksen.



Figur 4. Oversikt over tilstandsklassifisering ved 20 hardbunnstasjoner på delprogram Norskehavet Nord I 2020. Venstre halvdel av symbolet viser tilstanden i fjæresonen, høyre halvdel viser tilstanden i sjøsonen. Hvit farge betyr at stasjonen ikke er egnet for vurdering av sjøsonen med komboindeksen, med unntak stasjon HT140 og HR75 droppkameraundersøkelser ikke kunne gjennomføres grunnet dårlig vær og tilstanden i sjøsonen ikke er undersøkt.

Delprogram Norskehavet Nord II

Tilstanden i sjøsonen lot seg beregne ved alle fire hardbunnstasjoner som inngår i delprogrammet i 2020 (Christensen m. fl. 2021b). Ved to stasjoner (HT188 og HT191) ble tilstanden vurdert som «moderat» i sjøsonen, «god» i fjæra. Avviket skyldes masseforekomster av trådalger i sjøsonen. Ved stasjon HT189 ble det ikke observert trådalger og tilstanden i sjøsonen ble «svært god» (på grensen mot «god») mens tilstanden i fjæra ble vurdert som «god». Stasjon HT190 ble klassifisert til «god» både for fjæra og sjøsonen (Figur 5). Stortare ble bare observert ved to stasjoner (HT189 og HT191) med nedre voksedyp på hhv. kun 2 og 1 m dyp. Det ble imidlertid registrert dominerende forekomster av sukkertare (*Saccharina latissima*) på disse stasjonene som begge er lokalisert i vanntype G3 «Beskyttet kyst/fjord». Stortare er best tilpasset lokaliteter med moderat til høy bølgepåvirkning, mens sukkertare er mer konkurransedyktig og gjerne vanligere å finne innenfor denne vanntypen. Observasjonene av voksedyp for stortare ble derfor utelatt i tilstandsberegningen, da observasjonene tilsomt representerer det sanne potensialet for stortarens voksedyp på de to lokalitetene.



Figur 5. Oversikt over tilstandsklassifisering ved fire hardbunnstasjoner på delprogram Norskehavet Nord II i 2020. Venstre halvdel av symbolet viser tilstanden i fjæresonen, høyre halvdel viser tilstanden i sjøsonen.

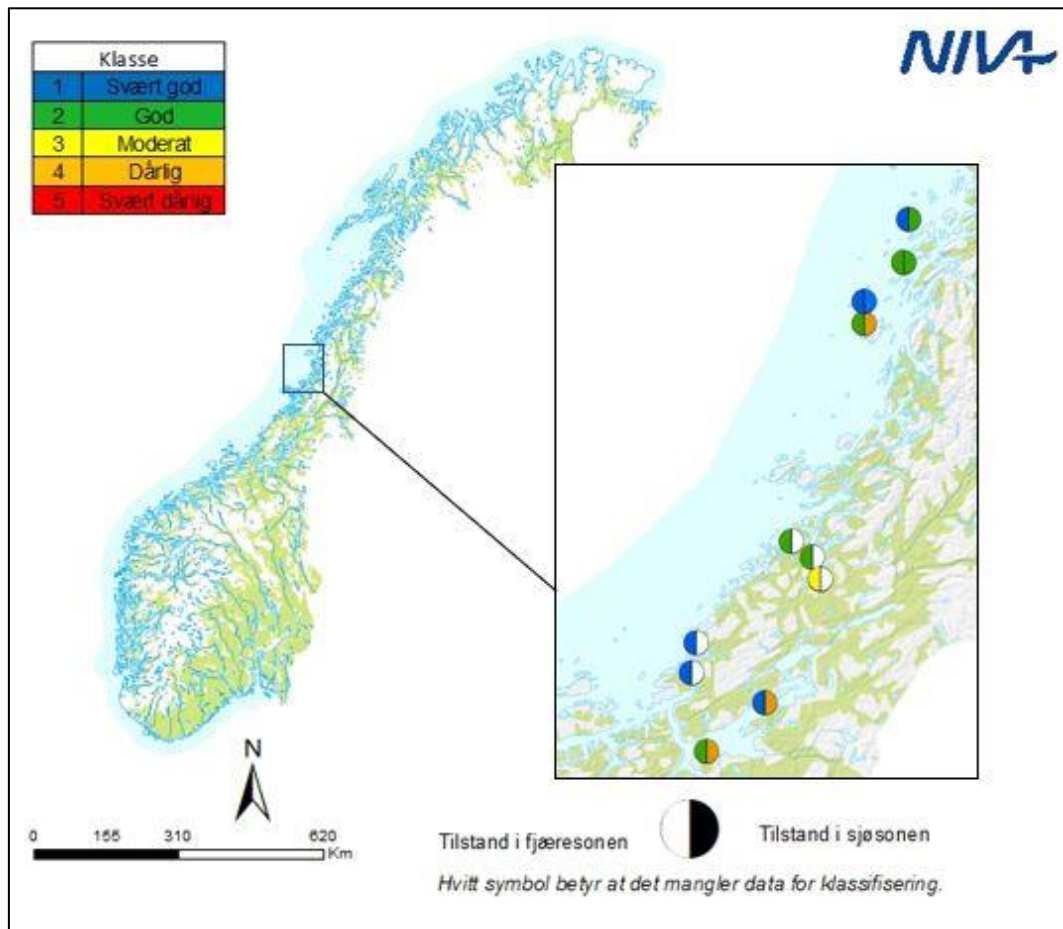
Delprogram Norskehavet Sør II

Ved stasjonene i Namsfjorden (HR165, HR157 og HR158) og Fosen (HR115 og HR112) ble ikke tilstanden i sjøsonen beregnet grunnet betydelige forekomster av kråkeboller (Fagerli m. fl. 2021). Det ble ikke observert stortare ved stasjonene.

Tilstanden i sjøsonen er beregnet for stasjonene (HT70, HT69 og HR60) på Helgeland, men det tas forbehold om usikkerhet grunnet observasjoner av kråkeboller ved stasjonene (Fagerli m. fl. 2021). Stasjon HT70 og HR60 oppnår en dårligere tilstandsklasse i sjøsonen enn i fjæra, som er henholdsvis «svært god» og «god». I sjøsonen oppnår HT70 «god» tilstand. Ved HR60 klassifiseres tilstanden i sjøsonen til «dårlig» («moderat» midlet for komboindeksen). Det er stor dybdeutbredelse og forekomst av trådalger som er årsak til «dårlig» tilstand i sjøsonen. Ved HR61 ble tilstanden vurdert som «svært god» både i fjæresonen og sjøsonen.

Ved stasjon HT57 og HT58 i Trondheimsfjorden var tilstanden i sjøsonen «dårlig», mens fjæra oppnådde «svært god» (HT57) og «god» (HT58) tilstand (Fagerli m. fl. 2021). Ved begge stasjonene ble det observert betydelige forekomster av trådalger, som antagelig indikerer forhøyede nivåer av næringssalter i vannmassene. Midlet gjennom komboindeksen ble tilstanden hhv. «god» og «moderat» på de to stasjonene. Begge er lokalisert i vannforekomster med vanntype H3 - Beskyttet kyst/fjord og det ble observert dominerende forekomster av sukkertare på stasjonene, som kan være

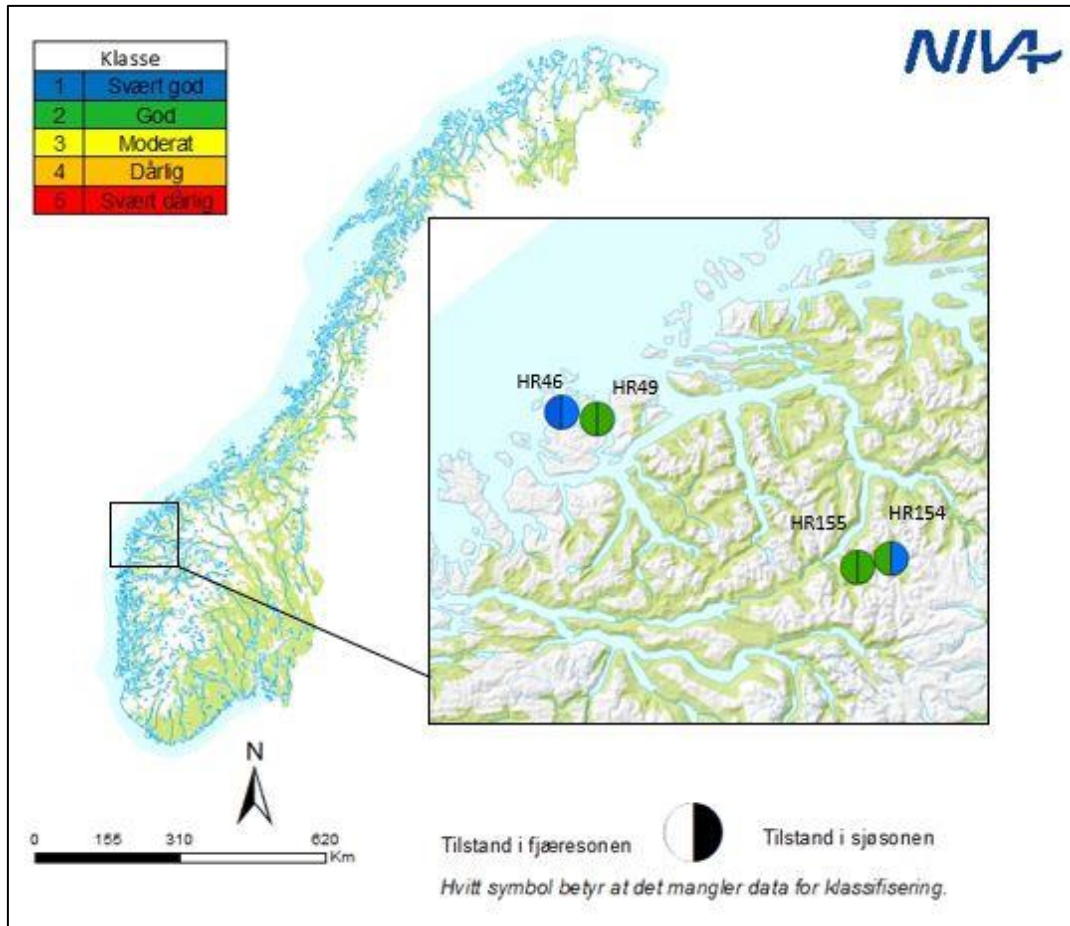
årsak til at stortare var fraværende. Sukkertare er bedre tilpasset de fysiske forhold ved vanntype H3 enn stortare, men sukkertare inngår ikke som en parameter i sjøsonen. Resultatene er vist i Figur 6.



Figur 6. Oversikt over tilstandsklassifisering ved 11 hardbunnstasjoner på delprogram Norskehavet Sør II i 2020. Venstre halvdel av symbolet viser tilstanden i fjæresonen, høyre halvdel viser tilstanden i sjøsonen. Hvit farge betyr at stasjonen ikke er egnet for vurdering av sjøsonen med komboindeksen.

Delprogram Norskehavet Sør I

Tilstanden i sjøsonen er beregnet for to stasjoner i Geiranger (HR154 og HR155) og to stasjoner i Ulsteinvik (HR46 og HR49) (Trannum m. fl. 2020). Alle parameterne i sjøsonen viste «svært god» tilstand ved stasjon HR154, mens tilstanden i fjæresonen kun ble vurdert som «god» (tilsvarende som for komboindeksen). Ved de øvrige tre stasjonene (HR155, HR46 og HR49) ble det beregnet lik tilstandsklasse for fjæresonen som for sjøsonen, og dermed også for komboindeksen (Figur 7).



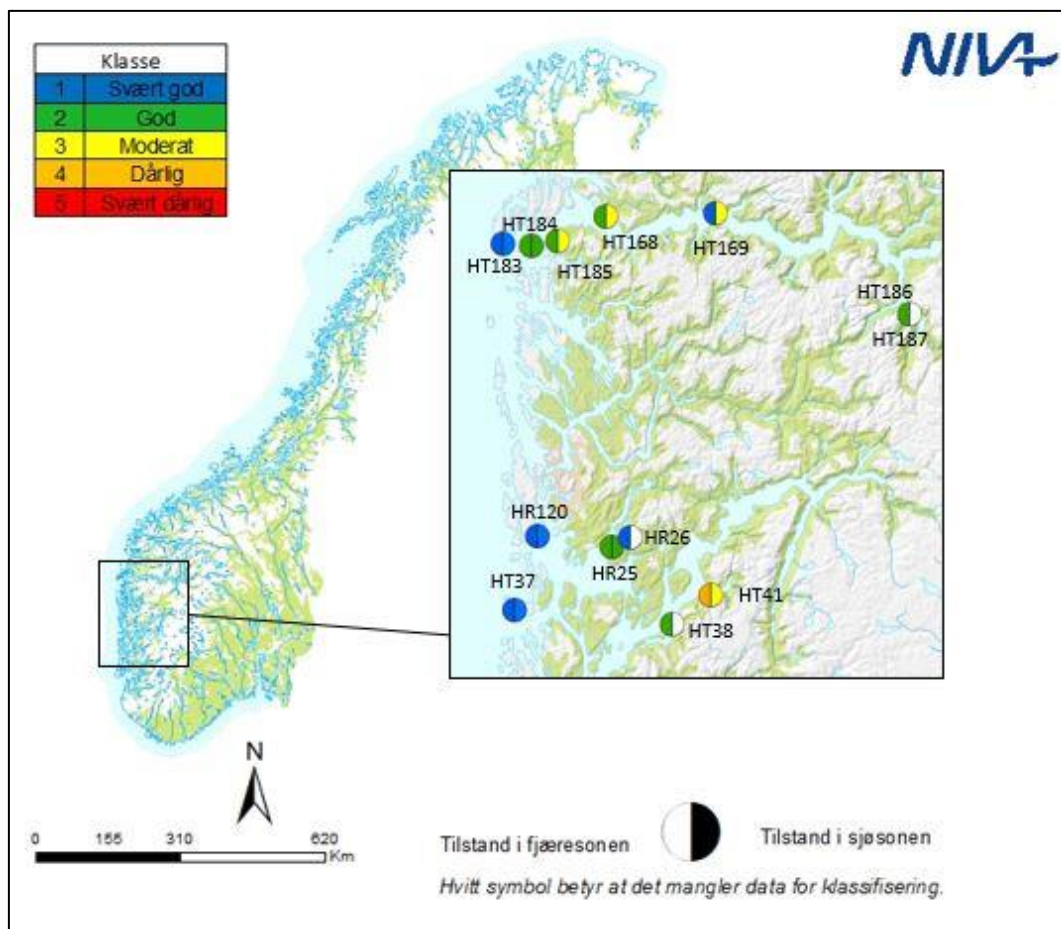
Figur 7. Oversikt over tilstandsklassifisering ved fire hardbunnstasjoner på delprogram Norskehavet Sør I. Venstre halvdel av symbolet viser tilstanden i fjæresonen, høyre halvdel viser tilstanden i sjøsonen.

Delprogram Nordsjøen Nord

Blant de 13 hardbunnstasjonene som er inkludert i delprogrammet, har uegnet bunns substrat (ved HT186 og HT187) og høy forekomst av kråkeboller (ved HT38 og HR26) resultert i at fire stasjoner er vurdert uegnet for tilstandsklassifisering i sjøsonen (Dale m. fl. 2021).

Ved to av stasjonene i Sognefjorden (HT183 og HT184) er tilstanden beregnet for sjøsonen og fjæresonen den samme, og dermed lik med komboindeksen (Dale m. fl. 2021). Ved tre av stasjonene (HT185, HT168 og HT169) førte masseforekomster av trådformede alger til at stasjonene havnet i dårligere tilstandsklasse for sjøsonen enn for fjæra (Dale m. fl. 2021). Samlet trekkes da tilstanden ned en klasse når kombo-indeksen beregnes. Stasjon HT183 Sula oppnår «svært god» tilstand i både fjæra og sjøsonen og dermed også for komboindeksen.

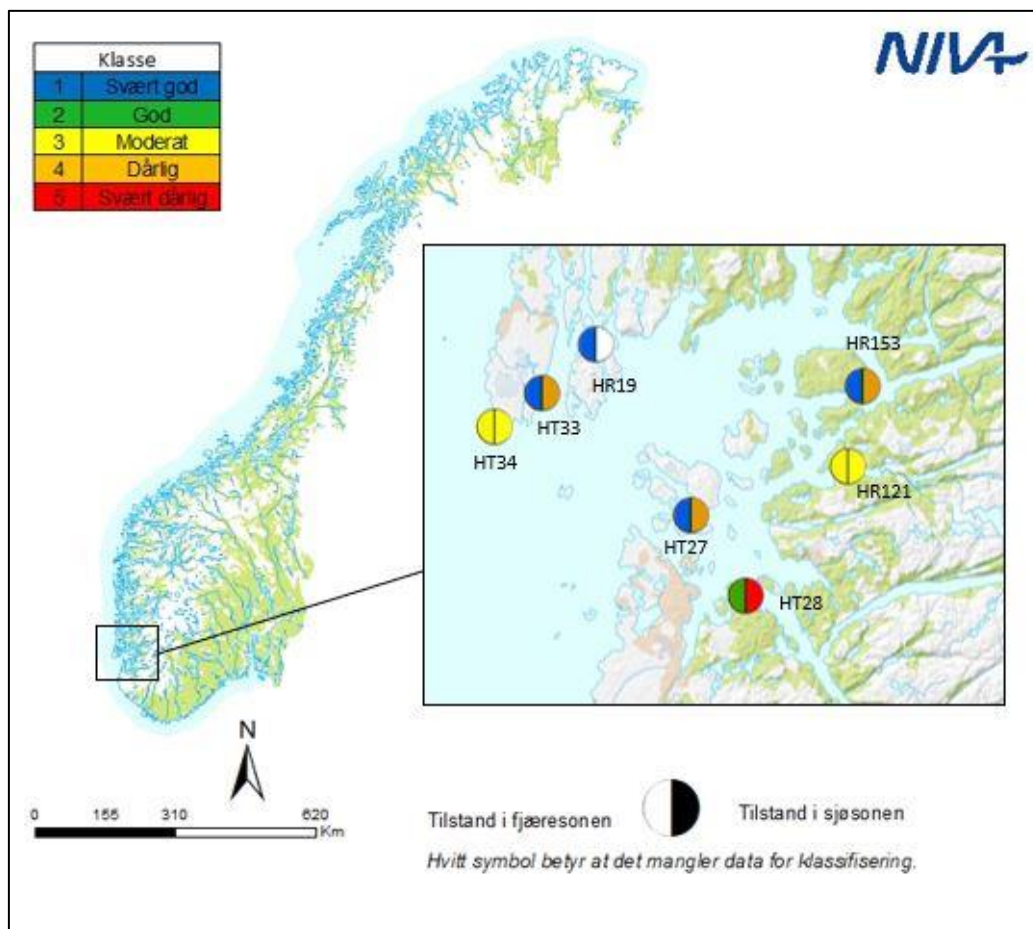
I Hardangerfjorden samsvarte klassifiseringen av fjæresonen med klassifisering av sjøsonen (Dale m. fl. 2019). Stasjon (HT41) representerte unntaket, med «dårlig» tilstand i fjæra og «moderat» i sjøsonen. Resultatene av tilstandsklassifiseringen er vist i Figur 8. Det var lavt artsmangfold som var utslagsgivende parameter for klassifiseringen av fjæra, mens grunt voksedyp for alger var utslagsgivende parametere for tilstanden i sjøsonen på HT41. Lav forekomst av alger i sjøsonen kan skyldes kråkebollebeiting, selv om få kråkeboller ble observert. Samlet oppnådde stasjonen «moderat» tilstand for komboindeksen, altså et hakk bedre enn i fjæra.



Figur 8. Oversikt over tilstandsklassifisering ved 12 hardbunnstasjoner på delprogram Nordsjøen Nord I. Venstre halvdel av symbolet viser tilstanden i fjæresonen, høyre halvdel viser tilstanden i sjøsonen. Hvit farge betyr at stasjonen ikke er egnet for vurdering av sjøsonen med komboindeksen.

Delprogram Nordsjøen Sør

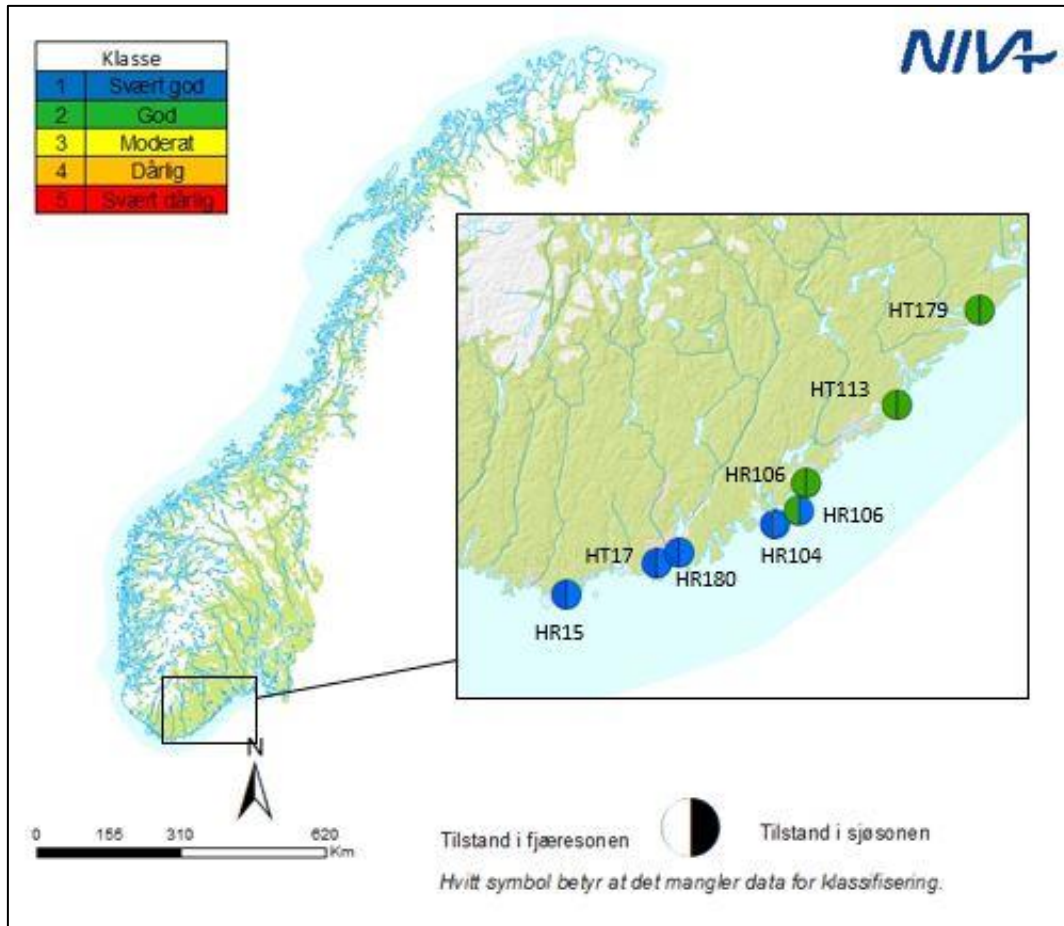
Med unntak av stasjon HR19 som hadde uegnet bunns substrat, ble tilstanden i sjøsonen klassifisert ved seks stasjoner (Kaurin m. fl. 2020). Ved HT34 og HR121 samsvarte tilstanden i fjæresonen og sjøsonen. Ved tre stasjoner (HT33, HT27 og HR153) ble tilstanden i sjøsonen vurdert som «dårlig», mens tilstanden i fjæra ble klassifisert som «svært god», og ved stasjon HT28 ble tilstanden i sjøsonen vurdert som «svært dårlig» mens tilstanden i fjæresonen ble vurdert som «god» (Figur 9). Fravær/lav forekomst av stortare på stasjonene er årsak til at det ikke oppnås «god» eller bedre tilstand i sjøsonen på de seks stasjonene. Med unntak av stasjon HT33 og HT34 er stasjonene lokalisert i vanntype N3 (Beskyttet kyst/fjord) og N4 (Ferskvannspåvirket fjord) hvor stortare er dårlig tilpasset. Videre ble det påpekt at det var vanskelig å fastslå voksedyptet for rødalgene slik at disse resultatene er forbundet med usikkerhet. Ved beregning av komboindeksen ble tilstanden vurdert en tilstandsklasse dårligere enn resultatet for fjæresonen.



Figur 9. Oversikt over tilstandsklassifisering ved syv hardbunnstasjoner på delprogram Nordstjøen Sør. Venstre halvdel av symbolet viser tilstanden i fjæresonen, høyre halvdel viser tilstanden i sjøsonen. Hvit farge betyr at stasjonen ikke er egnet for vurdering av sjøsonen med komboindeksen.

Delprogram Klima (økoregion Skagerrak)

Med unntak av en stasjon (HR104), hvor tilstanden i sjøsonen var «svært god» mens tilstanden i fjæra tilsa «god» tilstand, samsvarte tilstandsklassen i fjæresone og sjøsone på de øvrige syv stasjonene (HT179, HT113, HR106, HR105, HT180, HT175 og HR15, Figur 10) (Naustvoll m. fl. 2020).



Figur 10. Oversikt over tilstandsklassifisering ved åtte hardbunnstasjoner på delprogram Klima (Økoregion Skagerrak). Venstre halvdel av symbolet viser tilstanden i fjæresonen, høyre halvdel viser tilstanden i sjøsonen.

2.2 Hva er begrensningene ved bruk av indeksen?

Indeksens begrensninger er både relatert til undersøkelsesparameterne som inngår i beregningen av indeksen og til utstyr og metodikk som benyttes som verktøy for vurderingen.

Tilstandsvurderingen av sjøsonen baserer seg kun på tre parametere hvor hver enkelt parameter får lik vekt i resultatberegningen. Dersom noen av dem ikke lar seg bestemme i felt, f. eks grunnet fravær på lokaliteten, kan fremdeles nEQR-verdi fra sjøsonen beregnes på grunnlag av den/de eksisterende parameteren(e), men utsagnskraften vil være redusert (Felt- og beregningsmetodikk for komboindeksen 2017). I slike tilfeller tillegges gjenværende parameter(e) en høy vektning i tilstandsklassifiseringen, med fare for at resultatet blir lite representativt grunnet et begrenset datagrunnlag. Dette kompenseres til dels av at utsagnskraften ved resultatet reduseres, men indeksens utsagnskraft beskrives kun som tekst i rapporter og vil ikke fremkomme av indeksverdien dersom nEQR-verdier på sikt skal legges inn i Vannmiljø.

2.2.1 Begrensninger knyttet til delparameter «nedre voksedyp for stortare»

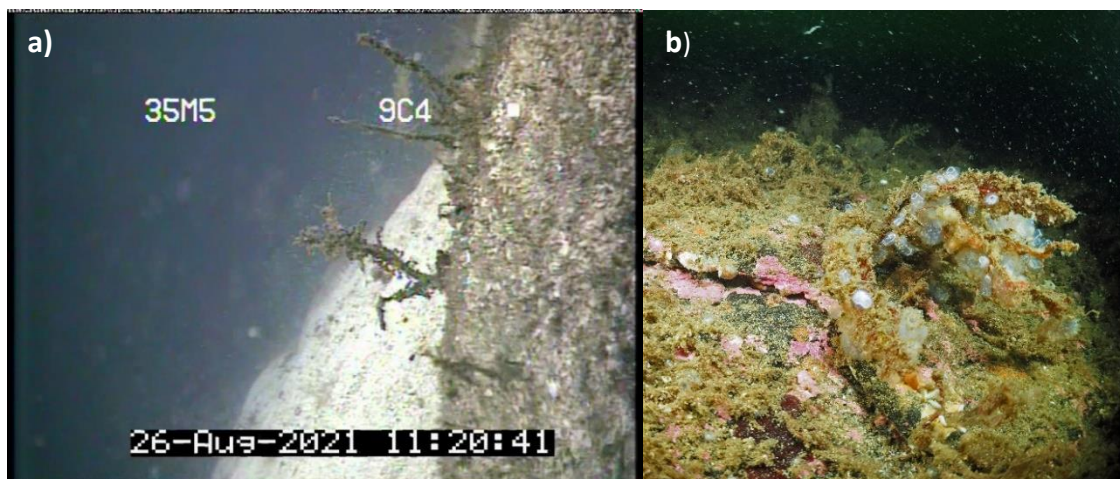
I mange tilfeller mangler det grunnlag for å vurdere delparameteren «nedre voksedyp for stortare», spesielt gjelder dette innen vanntyper hvor stortare ikke har naturlig tilhørighet. Stortare er dårlig tilpasset fysiske forhold ved vanntype 3 «Beskyttet kyst/fjord» og 4 «Ferskvannspåvirket fjord» - hvor

bølgeeksponeringen er lav (Gundersen m. fl. 2021). Sannsynligvis er det slik at fravær av stortare i disse to vanntypene i mindre grad er knyttet til eutrofipåvirkning og redusert miljøtilstand, enn til bølgepåvirkning. Sukkertare har derimot en mer naturlig tilhørighet til vanntype 3 og 4. En variant av stortaren, som kalles *Laminaria hyperborea f. cucullata* (også kalt skinnbroktare) er bedre tilpasset beskyttede vanntyper enn det vanlig stortare er, men er allikevel mer sjelden å finne der enn sukkertare. Ettersom stortare er den eneste tarearten som er inkludert i indeksen vil i stor grad utsagnskraften til komboindeksen være dårligere for vanntype 3 og 4 enn for vanntype 1 og 2, hvor stortare naturlig opptrer hyppigere. Dersom stortare er tilstede men voksedypet begrenses av sukkertare i områder der sukkertaren er mer konkurransedyktig, vil delparameteren oppnå en ufortjent dårlig skår, hvor den begrensende faktoren for stortare er knyttet til andre årsaker enn dårlig tilstand.

Nedre voksedyp for makroalger defineres som største voksedyp for taxa/arter som ikke begrenses av uegnet substrat. Klassegrensene som benyttes for stortare i indeksen er basert på data fra transekter der stortare er registrert ned til maksimal dybdeutbredelse, med bekreftet hardbunn (egnet substrat) lenger ned (Gundersen m. fl. 2017). Dette kalles ekte nedre voksegrense. Data for nedre grense for ulike tetthetsklasser (inkl. nedre skoggrense) foreligger stort sett for stortare, men finnes også for sukkertare. Dataene er innhentet i forbindelse med nasjonale kartleggingsprogram hvor droppkamera er benyttet for observasjoner av tares voksedyp. Dersom datagrunnlaget for sukkertarens dybdeutbredelse er tilstrekkelig for å etablere klassegrenser for sukkertarens voksedyp i økoregioner der komboindeksen nå benyttes, vil det være hensiktsmessig å teste ut sukkertarens voksedyp som en delparameter i indeksen for vanntype 3 og 4; som erstatning, eller som tillegg til stortare.

2.2.2 Begrensninger knyttet til delparameter «nedre voksedyp for opprette rødalger»

Delparameteren «nedre voksegrense for opprette rødalger» kan være vanskelig å anslå fra droppkameraregistreringer. Det kan være vanskelig å skille rødalger fra hydroider (Figur 11a), og det kan også være vanskelig å skille fastsittende alger fra løstliggende materiale. Ofte er algene dekket av sediment, eller begrodd av dyr, og de er dermed ikke observerbare fra kamera (Figur 11b). Når nedre voksedyp for alger undersøkes ved dykkerundersøkelser (metoden som benyttes for MSMDI), må sjøbunnen gjerne børstes fri for partikulært materiale og sediment før rødalgene lar seg observere. Denne muligheten har man ikke under videoregistreringer, og voksedypet som bestemmes av rødalger fra kameratransekter er dermed forbundet med mye høyere usikkerhet enn ved *in situ* dykkerundersøkelser. Enkelte av rødalgene er små og vanskelige å observere fra kamera sammenlignet med stortare, som har en langt mer kraftig og høyreist vokseform.

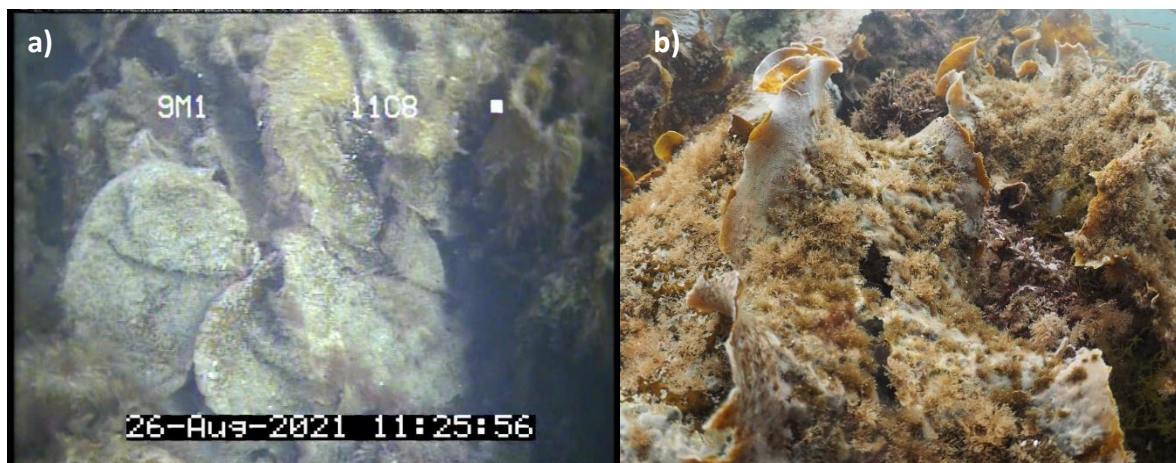


Figur 11a). Stasjon HR46 Vikane i Herøyfjorden, 2021. Hydroider på 35,5 m dyp. Skjerm bilde fra droppkameraopptak. b). Stasjon HB9 Gleodden ved Kristiansand, 2014. Rødalgen fagerving (*Delesseria sanguinea*) dekket av sediment og sekkedyr. Bilde tatt med undervannskamera.

Glissen forekomst av makroalger kan som nevnt være knyttet til kråkebollebeiting. Særlig i Troms og Finnmark og i enkelte av fjordene på Vestlandet har kråkeboller høy forekomst og negativ påvirkning på makroalgeutbredelsen over store områder. Synsfeltet for et droppkamera er lite og gjengir et svært begrenset areal av lokaliteten gjennom videotransektet. Ettersom det ikke behøves svært høye tettheter av kråkeboller for å holde makroalgevegetasjon nede i allerede nedbeitede områder, er det ikke sikkert at tilstedeværelse av kråkeboller vil fanges opp i videoundersøkelsen. Fravær eller lav forekomst av makroalger kan dermed mistolkes som et resultat av dårlige lysforhold men årsaken skyldes et jevnt beitetrykk fra kråkeboller.

2.2.3 Begrensninger knyttet til delparameter «dybdeomfang for masseforekomst av trådformete alger»

Den siste delparameteren som inngår i komboindeksen refererer til dybdeomfang for masseforekomst av trådformete alger. I rapport M-788 (Gundersen m. fl. 2017) defineres masseforekomst av trådalger som forekomster der dekningsgraden av trådformete alger utgjør >50%. Det har vist seg å være vanskelig å avgjøre i felt hvor man setter grensen for hva som er masseforekomster av trådalger, og her vil subjektive vurderinger ligge til grunn, både med hensyn til mengdevurdering av trådalgene og med hensyn til hvilke arter/typer som blir inkludert i kategorien trådformete alger. Tareplantene kan også være dekket av sediment og dyr som kan få de til å se «lodne» ut og dermed forveksles med begroing fra kortvokste trådalger (Figur 12a og b). Det er denne delparameteren som i størst grad bidrar til å trekke ned tilstanden i sjøsonen og hvor tilstanden ofte avviker negativt fra tilstandsklassen beregnet for fjæresonen.



Figur 12a) Stasjon HR46 Vikane i Herøyfjorden, 2021. Stortare på ca. 9 m dyp med sediment og trådformete alger på lamina. b) Stasjon HR106 Tvillingholmen ved Grimstad, 2014. Sukkertare dekket av diverse mosdyr. Bilde tatt med undervannskamera.

Høy trådalgevekst og begroing på tareplanter anses som en effekt av uegnede miljøforhold, og hvor flerårige arter som tare i økende grad utkonkurreres på bekostning av hurtigvoksende, ettårige alger. Trolig skyldes denne utviklingen en kombinasjon av faktorer, hvor eutrofi samt andre direkte (f. eks temperatur) og indirekte effekter av klimaendringer (f. eks økt avrenning fra land) er de viktigste driverne (Christie m. fl. 2019). Effekten av høy trådalgevekst på makroalgenes biologiske kvalitet og på makroalgесamfunnet som helhet er foreløpig uklar, både på kort og lang sikt. Vi vet ikke i hvilken grad begroing på og omkring tareplantene påvirker den biologiske tilstanden til det flerårige artskomplekset og om effekten er avhengig av hvilke trådformede arter som er til stede. Det kan hende effekten er uavhengig av om det er en rødalge som vanlig rekeklo (*Ceramium virgatum*) eller en opportunistisk art som overgror plantene. Hvorvidt tareskogen på lang sikt når et slags vippepunkt, hvor økokystemet permanent går over til en tilstand med trådalgesamfunn, er også usikker (Christie m. fl. 2019).

2.2.4 Begrensninger knyttet til utstyr og metodikk

Brukergrensesnittet for droppkamera er godt. Utstyret består av komponenter som er enkle å betjene og å transportere. Selve kamerahuset er plassert i et beskyttende stålbud slik at utstyret oppleves som robust. Ettersom all informasjon leses fra bilder vil imidlertid begrensninger knyttet til billedkvalitet påvirke kvaliteten av data som samles inn. Undervannskameraet, lagringsenheten og monitoren på overflaten er kritiske komponenter for utbyttet av undersøkelsene. Vår erfaring er at billedkvaliteten på grunt vann er god og kartlegging med droppkamera der kan være svært godt egnet. Når lysforholdene svekkes på større dyp forringes bildeoppløsning og fargegjengivelse, og droppkamera fungerer ikke optimalt. Synsfeltet vil dessuten innsnevres til kun det arealet som opplyses av lysdiodene på kamera, videre vil partikler i den opplyste vannmassen reflektere lyset og fremstå som forstyrrende prikker i bildet. Bestemmelse av voksegrensener kan dermed være utfordrende med droppkamera ettersom nedre voksedyp for alger befinner seg i nedre sjikt av eufotisk sone, hvor lystilgangen er dårlig.

Kameraets bildegjengivelse påvirkes også i stor grad av vær- og strømforhold. Droppkameraer slepes etter båt og kan ikke styres fra overflaten. Båtens bevegelser forplanter seg til kamera slik at bølger gir rykkete film og sterk strøm kan resultere i at kamera blir hengende å filme i vannmassene fremfor å slepe langs bunnen. Det er også svært vanskelig å justere kameraets avstand fra substratet, og

dermed gjøre gode observasjoner, spesielt opp langs bratte fjellvegger på dypt vann. Mulige løsninger for å forbedre metodikken diskuteres i delkapittel 2.3. nedenfor.

2.3 Er det potensiale for videreutvikling og forbedring av indeksen?

Et av spørsmålene Miljødirektoratet ønsker besvart er om indeksen kan eller bør videreutvikles gitt fortsatt bruk av undervannskamera, og ikke mer omfattende registrering og innsamling som krever *in situ* undersøkelse med dykking.

Droppkameraundersøkelser har store begrensninger sammenlignet med dykkeundersøkelser. Olsgard m. fl. (2005) gjorde en sammenligning av registreringer foretatt av dykker med registreringer basert på observasjoner fra ROV. Erfaringene derfra kan til stor del overføres til droppkamera: Ved dykkeregistreringene fant Olsgard m. fl. (2005) langt flere taxa enn ved registreringene fra ROV-opptak. Det er særlig de taxa som består av små organismer som er vanskelig å bestemme fra videoobservasjon. Enkelte områder er også vanskelige å komme til med en ROV, som for eksempel nede i tareskogen eller under tette algeforekomster. Dette vil i enda større grad gjelde for droppkamera. ROV har den fordel at man kan styre farkosten og dermed mulighet til å gå nærmere motivet og endre vinkel på kamera for å kunne se og identifisere organismer best mulig. Dette er droppkameraets store begrensning sammenlignet med for eksempel en dykker eller ROV.

Fotografering og filming i akvatiske miljøer stiller høye krav til lyssetting og her har droppkameraet som tidligere nevnt, store begrensninger. For å få tilfredsstillende kvalitet må lyset være tilstrekkelig sterkt, samtidig som det ikke skal reflektere partikler i vannmassene foran kameraet. På droppkamera består lyset av dioder plassert i en ring rundt kameralinsen. Lysstrålene vil dermed reflektere alle partikler i kameraets synsfelt og gi dårlig kvalitet på bildene.

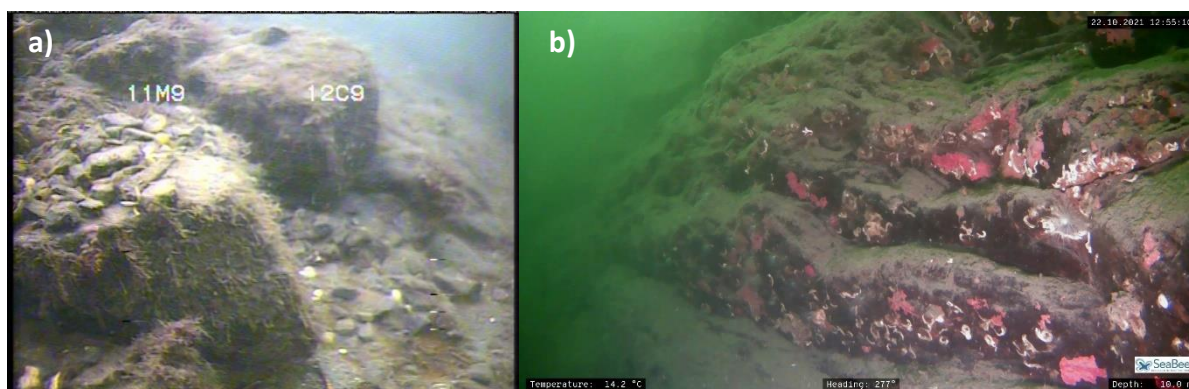
ROV står for "Remotely Operated Vehicle" og brukes oftest om en farkost under vann som er kablet men som har egenbevegelse og manøvreres via en styringsenhet. AUV står for «Autonomous Underwater Vehicle» og er en farkost som kan fjernstyres, men som ikke er fysisk forbundet via kabel til styringsenheten. Undervannsdroner er en samlebetegnelse for ROV og AUV. De siste årene har teknologiutviklingen for droner (ROV og AUV) hatt kraftig vekst samtidig som kostnadene for slik teknologi er blitt mye lavere. På bakgrunn av droppkameraets begrensede billedkvalitet ble undervannsdroner testet ut som alternativt verktøy på ØKOKYST delprogram Klima (Naustvoll m. fl. 2020). Konklusjonen fra undersøkelsene tilsa at «undervannsdroner synes å egne seg bra til komboindeksen ettersom indeksen benytter lett identifiserbare parametere som stortare og opprette rødalger. Med mindre justeringer av metodene for registrering med undervannsdroner, vil dette kunne bli en nyttig og kostnadseffektiv metode for kartlegging av tilstanden i hardbunnsamfunnet». Det ble også anbefalt å legge ut blyliner for å holde retningen på dronen og vurdere avstand (Naustvoll m. fl. 2020).

Fordeler med en undervannsdroner sammenliknet med droppkamera:

- Den har egenbevegelse og man kan enkelt justere avstand fra substrat og stanse opp for å undersøke ett område nærmere.
- Den har generelt bedre bildekvalitet enn droppkamera (Figur 13)
- Lyskilden er plassert lenger bort fra kameralinsen enn på et droppkamera
- Den kan opereres fra land

Ulemper med en undervannsdroner sammenliknet med droppkamera:

- Mer tidkrevende undersøkelse enn med droppkamera
- Dersom dronen opereres fra land har man kun utgangspunktposisjon, samt dyp.
- Selv om dronen har kompass, kan det være vanskelig å styre den i et transekt, bl.a. på grunn av drag i kabelen. Det kan, som anbefalt av Naustvoll m. fl. 2020, legges ut blyline i forkant av undersøkelsen for lettere å holde retning, men det vil gjøre undersøkelsen enda mer tidkrevende.
- Vanskelig å styre fra land i strømrrike områder, men vil sannsynligvis ikke være vanskeligere å styre enn et droppkamera fra båt.
- Den er sannsynligvis mindre robust enn et droppkamera



Figur 13. a) Skjerm bilde fra undersøkelser gjort med Tronitech UVS5080 droppkamera. b) BlueEye undervannsdroner fra rundt 10-11 m dyp.

For å undersøke kvalitet og presisjon av registreringer gjort med droppkamera sammenlignet med undervannsdroner, bør det på enkelte stasjoner utføres parallelle undersøkelser der de ulike hjelpemidlene testes og resultatene valideres mot registreringer foretatt av dykker. På denne måten kan eventuell feilmargen og avvik fra faktiske forhold avdekkes. Fordelen med droppkamera og ROV er at det tillater observasjoner dypere enn 30 m dyp, som er maksimalt tillatte dykkedyp for dykkebevis klasse A.

2.4 Er det andre elementer som burde vært inkludert for å forbedre komboindeksen?

Makroalger inngår i dag som biologisk kvalitetselement i klassifiseringssystemet for påvirkningstypen eutrofiering. Ved å inkludere flere parametere kan komboindeksen fange opp effekter av andre påvirkningstyper i tillegg til eutrofi, eksempelvis organisk belastning og kråkebollebeiting. Følgende parametere kan vurderes inkludert som indikatorer for tilstandsklassifisering av sjøsonen:

Sukkertare:

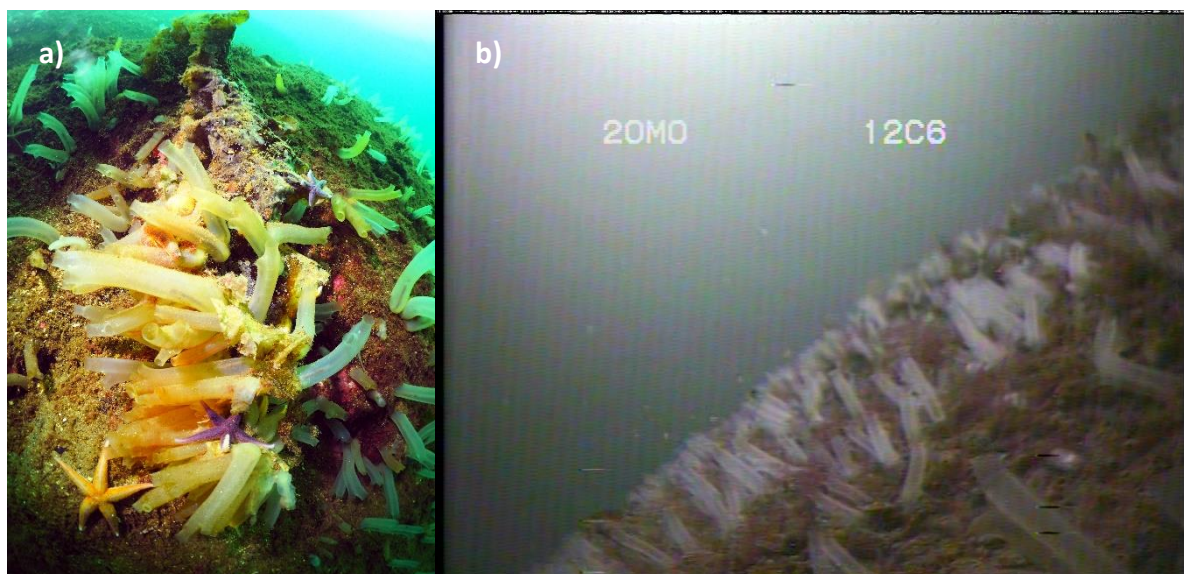
I delkapittel 2.2 ble nedre voksedyp for sukkertare foreslått testet som en indikator for tilstandsklassifisering av sjøsonen i vanntyper der stortare ikke har naturlig tilhørighet (primært vanntype 3 Beskyttet kyst/fjord og 4 Ferskvannspåvirket fjord). Sukkertare har ikke en opprett vokseform og dette kan bidra til usikkerhet om sukkertareplanten er festet til bunnen eller om den er løstliggende. Observasjoner av løsrevne tareplanter skal ikke regnes med når voksedypet estimeres. Sukkertare krever ikke et like fast og stabilt voksesubstrat som stortare. Sukkertaren kan vokse på skjell og små steiner og plantene er dermed mer utsatt for passiv forflytning til større dyp, dersom de utsettes for strøm eller annen fysisk påvirkning. Dette er en problemstilling som også delvis gjelder

nedre voksedyp for rødalgene. Disse er småvokste arter, sammenlignet med tare, som også kan vokse på små, harde substrater som grus og skjell.

Ved å inkludere sukkertare i komboindeksen vil en antagelig øke indeksens utsagnskraft i områder der en ikke har observasjoner av stortare eller der voksedypet til stortaren begrenses av sukkertare som kan være bedre tilpasset på den aktuelle lokaliteten eller vanntypen. En forutsetning for at sukkertare skal kunne inkluderes som en parameter er at det finnes tilstrekkelig datagrunnlag for fastsettelse av klassegrenser for nedre voksedyp. Dataomfanget for sukkertare er ikke undersøkt i denne rapporten. Nedre voksedyp for sukkertare vil være følsom for påvirkningstypen eutrofiering og organisk belastning.

Begroing fra filtrerende organismer:

Forhold som ofte er notert i felt under undersøkelser, men som ikke fanges opp av komboindeksen, relaterer seg spesielt til nedslamming og kraftig begroing fra filtrerende dyr, som hydroider, sekkekyr og skorpeformede mosdyr (Figur 14). Kraftig påvekst på stortare i moderat eksponerte områder er tidligere observert på Vestlandet (se Gitmark m. fl. 2016) og synes å være et økende fenomen. Slik begroing vil i likhet med trådalger redusere tareplantenes biologiske kvalitet og indikerer trolig høy tilstedeværelse av organiske partikler i vannmassene. Det er imidlertid uvisst om den økte påveksten er direkte relatert til eutrofi. Antagelig er det flere faktorer, slik som endringer i temperatur, partikkel- og næringssalttilførsler som sammen bidrar og forsterker begroing fra disse organismene.



Figur 14a) Stasjon HB5 Robbesvik ved Risør, 2014. Grønnsekkdyr (*Ciona intestinalis*) på sukkertare, på 12 m dyp. b) Stasjon HT168 Kjekeneset i Sognefjorden. Grønnsekkdyr på fjell, på 20 m dyp

Kråkebollebeiting:

Det er en sterk korrelasjon mellom kollaps i fiskebestander som utgjør kråkebollens predatorer, og nedbeiting av makroalgesamfunn langs norskekysten på syttitallet. Trolig skyldes nedbeiting av mer enn 2000 km² med tareskog antropogene effekter av overfiske (Norderhaug m. fl. 2021). Nedbeitet hardbunn er en dysfunksjonell og alternativ tilstand av økosystemet hvor tareskog og rødalgebunn har naturlig tilhørighet. Høye tettheter av kråkeboller er dermed en indikator for dårlig tilstand i økosystemet. Etter dagens praksis (Felt- og beregningsmetodikk for komboindeksen 2017) foretar man ingen tilstandsvurdering av sjøsonen på kråkebollebeitede lokaliteter fordi ingen av de tre delparameterne som inngår i vurderingen lar seg beregne. Vi mener at høy forekomst av kråkeboller

og beitet bunns substrat bør vurderes som en egen indikator som kan inngå i den samlede tilstandsvurderingen av stasjonen. Dersom en stasjon blir vurdert som beitepåvirket bør en kråkebolleindeks kunne innvirke på totalvurderingen av stasjonen slik at den samlede vurderingen blir satt til en lavere tilstandsklasse enn vurdert for fjæresoneindeksen alene. En binær indeks med klassene «beitepåvirket»/«ikke beitepåvirket» kan være en mulig løsning for å inkludere nedbeiting som en påvirkningstype ved tilstandsklassifisering av hardbunnstasjoner. I et økologisk perspektiv er det paradoksalt at en lokalitet kan oppnå «svært god» tilstand for makroalger ved bruk av fjæreindeksen, samtidig som makroalgesamfunnet nedenfor tangbeltet i prinsippet er fullstendig ødelagt (Figur 15). Studier viser dessuten at tiltak for å redusere kråkebollettheten på nedbeitet hardbunn har resultert i en rask tilstandsforbedring i form økt biodiversitet og gjenvekst av tare og makroalger (Carlsson og Christie 2019, Strand m. fl 2020).



Figur 15. Stasjon HT140 Holmen i Ofotfjorden, 2017. Frisk tangvegetasjon i fjæresonen (venstre bilde), mens substratet helt nedbeitet av kråkebolle like under fjæresonen (høyre bilde). Fjæreindeksen viste «god» økologisk tilstand (Velvin m. fl. 2018)

2.5 Er det områder, økoregioner, vanntyper eller stasjonslokaliteter der komboindeksen ikke egner seg?

Foruten å danne grunnlag for beregning av komboindeksen, kan droppkameraregistreringer i sjøsonen bidra til å gi et mer fullstendig bilde av tilstanden i undersøkelsesområdet og kan avdekke forhold i sjøsonen som ikke nødvendigvis gir utslag i fjæresonen. Vi mener derfor at det er viktig å overvåke en større dybdegradient av makroalgenes potensielle vokseområde og anbefaler å beholde undersøkelser i sjøsonen som et supplement til undersøkelsene i fjæra for alle delprogrammene der fjæreindeksen benyttes som indeks for makroalger.

Ved lokaliteter der nedre voksegrense for makroalger i sjøsonen er begrenset av mangel på hardt bunns substrat er det ikke hensiktsmessig å gjennomføre undersøkelser med droppkamera ned til >30 meters dyp. Det kan likevel være hensiktsmessig å undersøke stasjonen i det området hvor det er fjell og stein. Hvis det er uegnet substrat i den dypere delen av undersøkelseslokaliteten, kan grunnere deler dominert av hardt substrat likevel undersøkes. I slike tilfeller vil det ikke samles data om algenes voksedyp, men kråkebollebeiting og trådalgeforekomster vil kunne vurderes. I områder hvor det er uegnet substrat i deler av transektet, men dette ikke er en begrensende faktor for nedre voksegrense for stortare eller rødalger vil en kunne beregne komboindeksen.

På lokaliteter der makroalgens utbredelse er begrenset av kråkeboller er det ikke grunnlag for å klassifisere tilstanden i sjøsonen, men vi anbefaler likevel å overvåke utviklingen også på disse lokalitetene. Dette gjelder særlig i de nordlige delprogrammene (Barentshavet og Norskehavet Nord) men også ved enkelte stasjoner i fjorder på Vestlandet og i Nordland (i hhv. Nordsjøen Nord og Norskehavet Sør). Vi mener at nedbeiting er en negativ påvirkning som indirekte er menneskeskapt, og som bør innvirke på klassifiseringen og den samlede vurderingen av lokaliteten (jamfør kap. 2.4). Både komboindeksen og fjæreindeksen har som hovedmål og si noe om eutrofitilstanden i et område. I kartleggings- og miljøovervåkingsarbeid er det også viktig å si noe om tilstanden i sin helhet og det er derfor hensiktsmessig å inkludere faktorer som indikerer tilstanden, men som ikke nødvendigvis er direkte knyttet til eutrofi.

Store deler av ØKOKYST-programmenes stasjonsnett har overvåkingsdata tilbake i tid og ettersom undersøkelsene tidligere kun omfattet fjæresonen ble lokalitetene valgt på grunnlag av egnede fysiske forhold i fjæra, mens forholdene i sjøsonen ikke ble vurdert. For å oppnå tilfredsstillende registreringer i sjøsonen, anbefales det å gjennomføre undersøkelsene i jevnt skrånende bunnområder med fjell og stein (jf. Felt- og beregningsmetodikk for komboindeksen 2017). Mange av stasjonene avviker imidlertid fra denne anbefalingen nettopp fordi sjøsonen ikke inngikk i vurderingen når stasjonen ble valgt. I Barentshavet og Norskehavet Nord er stasjonene ofte karakterisert av slak helningsgrad og mangel på hardt bunnsstrat (jf. kap. 2.1.1). I andre områder, særlig i Vestlandsfjordene (Geirangerfjorden, Sognefjorden og Maurangsfjorden) består imidlertid mange av stasjonene som undersøkes av områder med bratte partier og fjellvegger. På grunn av droppkameraets manglende egenbevegelse er det vanskelig å føre droppkamera langs slike bratte bunnpartier. Vind, strøm- og bølgeforhold vil særlig påvirke kvaliteten på filmtransektet og nøyaktigheten av registrerte voksegrensener i slike områder. Lysforholdene ved bratte bunnpartier er også ofte dårligere sammenlignet med slakere områder, og er en faktor som spiller inn og kan bidra negativt til algens voksedyp og forekomst. Droppkamerate transekter gjennomført i bratte områder bør derfor vurderes som noe usikre, om ikke annet er notert i felt. Benyttelse av undervannsdroner på slike lokaliteter vil antagelig bidra til en bedre presisjon på dybderegistreringene av algene.

2.6 Ser grenseverdiene fornuftige ut eller kan/bør de revideres?

Generelt bør en indeks i vannforskriften kunne fange opp og gi tidlig utslag («early warning») på de påvirkningsfaktorene som den er designet for å gi utslag på over hele skalaen av påvirkning. I tillegg skal den gi et så riktig bilde som mulig, men slå ut på den konservative siden («føre-var») (Gundersen m. fl. 2017). Videotransekter vil sjelden overestimere algens voksedyp og komboindeksen vil trolig slå ut på den konservative siden når det gjelder nedre voksegrensener for stortare og opprette rødalger (Naustvoll m. fl. 2020). Dette skyldes at arter er lettere å overse ved videoregistrering, og det er ikke alltid mulig å identifisere arter (særlig små individer) med sikkerhet ut fra videobilder. Det anbefales i metodebeskrivelsen at droppkameraundersøkelsen i sjøsonen utføres med 3-5 replikate registreringer ved hver lokalitet (Felt- og beregningsmetodikk for komboindeksen 2017), dette for å imøtekomme denne usikkerheten, og også fange opp lokal variasjon samt gi observasjonene større troverdighet og økt representativitet.

For å kunne vurdere om grenseverdiene som er satt for komboindeksen er fornuftige bør resultatene fra indeksen valideres. Dette er vanskelig da vi ikke har noen dose-responskurve for næringssalter og organisk belastning som er direkte overførbare til de trådalgeforekomstene og voksedypene vi observerer i felt. Det er dermed uklart hvordan gradienten fra «svært god» til «svært dårlig» tilstand vil fordele seg langs en slik dose-responskurve.

I ØKOKYST-programmene inngår to stasjonstyper: trend- og referansestasjoner. Trendstasjoner inkluderer stasjoner i områder hvor det kan ha foregått storskala endringer forårsaket av sammensatte menneskelige påvirkninger, og som derfor står i fare for ikke å opprettholde eller oppnå god økologisk tilstand. Graden av påvirkning kan være liten eller stor (Pedersen & Dahl, 2009). Referansestasjoner er etablert i områder med lav belastning fra menneskelig påvirkning og disse lokalitetene bør derfor i teorien tilfredsstillende miljømålet ved å oppnå minst «god» økologisk tilstand. Resultater fra tilstandsvurderingen av sjøsonen ved referansestasjoner bør dermed kunne gi oss en pekepinn på om indeksen treffer riktig under upåvirkede forhold. For tilstandsklassene dårligere enn «god» vil det fremdeles være en skjønnsmessig vurdering av grenseverdiene for de ulike tilstandsklassene.

Fordelt på delprogrammene hvor komboindeksen ble utprøvet i 2017-2020 var tilstanden i sjøsonen beregnet for totalt 24 referansestasjoner. Blant disse oppnår 21 av referansestasjonene «god» tilstand eller bedre, mens 3 av stasjonene kun oppnår «dårlig» eller «moderat» tilstand. Blant de 26 trendstasjonene som er vurdert egnet for tilstandsvurdering i sjøsonen oppnår 14 stasjoner «god» eller bedre tilstand, mens totalt 12 av stasjonene ikke oppnår kravet om minst «god» tilstand i sjøsonen. Basert på denne fordelingen av resultater ser klassegrensene ut til å treffe ganske godt, ved at andelen referansestasjoner som faller i tilstandsklasser dårligere enn «god» tilstand er lav.

Dersom vi ser nærmere på de tre referansestasjonene som ikke tilfredstiller miljømålet om minst «god» økologisk tilstand se vi at to av disse referansestasjonene (HR153 og HR121) er lokalisert i vanntype 3 og 4 i økoregion Nordsjøen Sør. I rapporten nevnes ikke masseforekomst av trådalger, men fravær av stortare og vanskeligheter med sikker registrering av voksedyp for rødalgene ved stasjonene som forklaring på tilstandsvurderingen (Kaurin m. fl. 2020). Det kan dermed fremstå som at tilstanden er noe misvisende på disse stasjonene og at resultatet kan skyldes at stortare ikke har naturlig tilhørighet i de undersøkte vannforekomstene og at voksedypet for rødalgene er vanskelig å registrere med droppkamera. Den tredje referansestasjonen som ikke når målet om «god» økologisk tilstand i sjøsonen er HR60 i økoregion Norskehavet Sør. På denne stasjonen ble det registret betydelige forekomster av trådalger på stasjonen i 2020, og også forekomster av kråkeboller ble observert (Fagerli m. fl. 2021). Fjæreindeksen viste «god» tilstand på denne stasjonen.

3 Konklusjon

- I de nordlige delprogrammene (Barentshavet og Norskehavet Nord) har mange av hardbunnstasjonene enten uegnet bunns substrat i deler av sjøsonen eller høy forekomst av kråkeboller som fører til at undersøkelsesparameterne ikke lar seg beregne. Vi foreslår at sjøsonen likevel undersøkes i disse områdene, men at undersøkelsene begrenses til de deler av dybdetransektet hvor det finnes sammenhengende, hardt substrat. Dette vil føre til at komboindeksen ikke lar seg beregne ved enkelte stasjoner, men man vil innhente kunnskap om utviklingen i makroalgensamfunnet over tid.
- I mange tilfeller mangler det grunnlag for å vurdere delparameteren «nedre voksedyp for stortare», spesielt gjelder dette innen vanntyper hvor stortare ikke har naturlig tilhørighet. Ettersom stortare er den eneste tarearten som er inkludert som delparameter i indeksen vil i stor grad utsagnskraften til komboindeksen være dårligere for disse vanntypene enn for vanntyper hvor stortare naturlig opptrer hyppigere. Dersom voksedypet for stortare begrenses av sukkertare i områder der den er mer konkurransedyktig, vil stasjonen oppnå en ufortjent dårlig tilstand, hvor den begrensende faktoren for stortare er knyttet til andre årsaker enn menneskelig påvirkning.
- Vi foreslår å inkludere sukkertarens voksedyp som en delparameter i indeksen for vanntype 3 og 4, som erstatning for, eller som tillegg til registreringer av stortare. I denne rapporten er det ikke undersøkt om det eksisterer tilstrekkelig datagrunnlag for etablering av klassegrenser for tilstandsvurdering basert på sukkertarens voksedyp i de to vanntypene og innenfor ulike økoregioner.
- Sammenlignet med dykkeregistrering er det høyere usikkerhet knyttet til observasjoner med droppkamera, særlig for små organismer (f. eks rødalger) og under vanskelige forhold (f. eks bratte fjellvegger). Enkelte begrensinger ved droppkamera, særlig dårlig billedkvalitet og manglende egenbevegelse kan muligens kompenseres for ved overgang til undervannsdrone.
- Ved å inkludere begroing av filtrerende organismer som parametere i komboindeksen vil indeksen kunne fange opp negativ påvirkning fra flere påvirkningstyper enn eutrofi. Påvekst på tareblader er ofte dominert av filtrerende organismer som mosdyr, sekkedyr og hydroider. Masseforekomster av slike organismer er gjerne knyttet til høy organisk belastning og høy begroing av disse vil redusere tarens biologiske kvalitet på lik linje med overgroing av trådalger.
- Etter dagens praksis foretar man ingen tilstandsvurdering av sjøsonen på kråkebollebeitede lokaliteter fordi de tre parameterne som inngår ikke lar seg beregne. Vi mener at høy forekomst av kråkeboller og beitet bunns substrat bør vurderes som en egen indikator, som kan trekke ned den samlede tilstanden på stasjonen.
- Videoregistreringer i sjøsonen bidrar til å gi et mer fullstendig bilde av tilstanden i undersøkelsesområdet og kan avdekke forhold i sjøsonen som ikke nødvendigvis gir utslag i fjæresonen. Vi mener derfor at det er viktig å overvåke en større dybdegradient av makroalgens potensielle vokseområde og anbefaler å beholde undersøkelser i sjøsonen

som et supplement til undersøkelsene i fjæra for alle delprogrammene der fjæreindeksen benyttes som indeks for makroalger.

- Testing av komboindeksen har avdekket begrensninger knyttet til metodikk og til de delparametere som beregnes samtidig som det tilgjengelige datagrunnlaget for å vurdere indeksen per i dag er begrenset. Vi mener at indeksen ikke er moden for å inkluderes i klassifiseringsveilederen slik den fremstår nå uten ytterligere forbedringer.
- For at indeksen skal være egnet for bruk innenfor alle vanntyper og økoregioner (unntatt Skagerrak) foreslår NIVA at voksedyp for sukkertare, begroing av filtrerende organismer og kråkebollebeiting bør inngå ved tilstandsvurderingen av sjøsonen. NIVA foreslår at komboindeksen revideres på bakgrunn av de anbefalinger som er gitt i foreliggende rapport og at uttesting av en revidert versjon av indeksen videreføres i ØKOKYST-programmet. Når tilstrekkelig erfaring og resultater foreligger, vil det igjen være hensiktsmessig å evaluere om komboindeksen i sin reviderte form kan inkluderes i klassifiseringsveilederen.

4 Referanser

- Carlsson, P., H.C. Christie. 2019. Regrowth of kelp after removal of sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*). NIVA-report 7431-2019
- Christensen, G.N., Hammenstig, D., Velvin, R., Mannvik, H., Eikrem, W., Hermansen, S., Dahl-Hansen, G., Ivarjord, T., Tobiesen, A., Bryntesen T., Larsen, G., Kistenich, S. 2021a. ØKOKYST – delprogram Norskehavet Nord I, Årsrapport 2020. Miljødirektoratet-rapport; M-1969.
- Christensen, G.N., Hammenstig, D., Velvin, R., Mannvik, H., Eikrem, W., Hermansen, S., Engesmo, A., Dahl-Hansen, G., Lorås, G.W., Bryntesen T., Tobiesen, A., Kistenich, S., Larsen, G. 2021b. ØKOKYST – delprogram Norskehavet Nord II, Årsrapport 2020. Miljødirektoratet-rapport; M-1970.
- Christensen, G.N., Hammenstig, D., Velvin, R., Mannvik, H., Hermansen, S., Engesmo, A., Dahl-Hansen, G., Eikrem, W., Valestrand, L., Raeliaritiana, J.O., Bryntesen T., Baur, A.K. 2021c. Økokyst – delprogram Norskehavet Nord III, Årsrapport 2020. Miljødirektoratet-rapport; M-1971.
- Christie, H., Andersen, G.S., Bekkby, T., Fagerli, C.W., Gitmark, J.K., Gundersen, H. and Rinde, E. 2019. Shifts Between Sugar Kelp and Turf Algae in Norway: Regime Shifts or Fluctuations Between Different Opportunistic Seaweed Species? *Front. Mar. Sci.* 6:72. doi: 10.3389/fmars.2019.00072
- Dale, T., Eikrem, W., Fagerli, C.W., Kristiansen, T., Trannum H.C., Valstrand, L. 2021. ØKOKYST Delprogram Nordsjøen Nord, Årsrapport 2020. Miljødirektoratet-rapport; M-1966.
- Dale, T., Fagerli, C.W., Trannum H.C., Eikrem, W., Ledang, A.B., Kristiansen, T. 2019. ØKOKYST Delprogram Nordsjøen Nord, Årsrapport 2018. Miljødirektoratet-rapport; M-1338.
- Fagerli, C.W., Trannum, H., Golmen, L., Eikrem, W., Mengeot, C. 2021. Økokyst – DP Norskehavet Sør (II). Årsrapport 2020. Miljødirektoratet-rapport; M-1968.
- Felt- og beregningsmetodikk for komboindeksen (Makroalger) 28.11.2017. Miljødirektoratet. <https://www.vannportalen.no/veiledere/28.11.2017-felt-og-beregningsmetodikk-for-komboindeksen-makroalger/>
- Filbee-Dexter, K., Wernberg, T. Rise of Turfs: A New Battlefield for Globally Declining Kelp Forests. 2018. *BioScience*. 68(2). 64-76. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix147>
- Gitmark, J., Christie, H., Fagerli, C.W., Kile, M.R. 2016. Høstundersøkelser av makroalgesamfunn ved utvalgte lokaliteter, Rogaland og Sogn og Fjordane. Miljødirektoratet rapport M-640.
- Gundersen, H., Rinde, E., Bekkby, T., Hancke, K., Gitmark, J.K. and Christie, H. 2021. Variation in Population Structure and Standing Stocks of Kelp Along Multiple Environmental Gradients and Implications for Ecosystem Services. *Front. Mar. Sci.* 8:578629. doi: 10.3389/fmars.2021.578629
- Gundersen, H., Walday, M.G., Gitmark, J.K., Bekkby, T., Rinde, E., Syverud, T., Fagerli, C.W., Vedal, J., Tveiten, L.A., Christie, H., Moy, F.E. 2017. Nye klassegrenser for ålegress og makroalger i vannforskriften. Miljødirektoratet rapport M-788.

Kaurin, M.M., Vidgren, H., Braathen, M., Dybvik, E., Helland, A. 2020. ØKOKYST Delprogram Nordsjøen Sør - årsrapport 2019. Miljødirektoratet-rapport; M-1604.

Mannvik, H.P., Christensen, G.N., Velvin, R., Eikrem, W., Fagerli, C.W., Hermansen, S., Tårånd Aasen, A., Jensen, J., Henriksen, A., Sjetne, L.B., Dahl-Hansen, G., Frigstad, H., Gitmark, J.K., Olivia Raoeliaritiana, J., Larsen, G., Bryntesen, T., Kistenich S., Engesmo A. 2020. ØKOKYST – Delprogram Barentshavet, Årsrapport 2019. Miljødirektoratet-rapport 11611.

Naustvoll, L.J., Thormar, J., Lundsør, E., Kroglund, T., Norderhaug, K.M., Moy, F. 2020. ØKOKYST – delprogram Klima. Årsrapport 2019. Miljødirektoratet-rapport; M-1612.

NIVA notat journalnummer 0376/21. Manglende klassegrenser i veileder 02:2018 (leveranse 1).

Norderhaug, K.M., Nedreaas, K., Huserbråten, M., Moland, E. 2021. Depletion of coastal predatory fish sub-stocks coincided with the largest sea urchin grazing event observed in the NE Atlantic. *Ambio*. 50. 163-173. . <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01362-4>

Olsgard, F., Walday, M., Høkedal, J., Magnusson, J., Moy, F., Norderhaug, K.M., Lied, T.T., Ellingsen, K. 2005. Remots: Remote sensing techniques. Fjernmplingsmetoder for kartlegging av bunnhabitater – status ved NIVA i 2004. NIVA-rapport 5046-2005

Paine, R. T., & Levin, S. A. (1981). Intertidal Landscapes: Disturbance and the Dynamics of Pattern. *Ecological Monographs*. 51(2). 145-178.

Pedersen, A., & Dahl, E. (2009) Vannforskriften - Oppdatert forslag til stasjonsnett for basisovervåking i kystvann. SFT-rapport TA-nr: 2577.

Strand H K, Christie H, Fagerli C W, Mengede M, Moy F E. (2020). Optimizing the use of quicklime (CaO) for sea urchin decimation – a lab and field study. *Ecological Engineering* 6, <https://doi.org/10.1016/j.ecoena.2020.100018>

Trannum, H.C., Fagerli, C.W., Golmen, L., Eikrem, W., Frigstad, H., Staalstrøm, A. 2020. ØKOKYST – DP Norskehavet Sør (I). Årsrapport 2019. Miljødirektoratet-rapport; M-1606.

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

Velvin, R., Christensen, G., Mannvik, H., Fagerli, C.W., Eikrem, W., Engesmo, A., Tobiesen, A., Larsen, G. 2018. ØKOKYST Delprogram Norskehavet Nord (I), Årsrapport 2017. Miljødirektoratet rapport M-1012

Walday, M., Gundersen, H., Gitmark, J., Bekkby, T., Norderhaug, K.M., Pedersen, A. (PMC). 2015. Videreutvikling av makroalgeindeksene for klassifisering av miljøtilstand i kystvann. Miljødirektoratet rapport M-437. 60 s.

Vedlegg

Tabell 2. Oversikt over økoregioner og vanntyper der det er mulig å klassifisere etter komboindeksen (øverste tabell) og der det er utviklet klassegrenser for RSLA/RSL (nederste tabell).

Tabell 1. Oversikt over økoregioner og vanntyper (1-5) der det er mulig å klassifisere etter komboindeksen og hvor det kun foreligger klassegrenser for sjøsonen i komboindeksen*. n.a. betyr at vanntypen ikke finnes.

Økoregion Vanntyper:		B Barentshavet	G Norskehavet Nord	H Norskehavet Sør	M Nordsjøen Nord	N Nordsjøen Sør	S Skagerrak
Åpen eksponert kyst	1	Kombo 1*	Kombo 1*	Kombo 1	Kombo 1	Kombo 1	Kombo 1*
Moderat eksponert kyst/fjord	2	Kombo 2*	Kombo 2*	Kombo 2	Kombo 2	Kombo 2	Kombo 2*
Beskyttet kyst/fjord	3	Kombo 3*	Kombo 3*	Kombo 3	Kombo 3	Kombo 3	Kombo 3*
Ferskvannspåvirket fjord	4	Kombo 4*	Kombo 4*	Kombo 4	Kombo 4	Kombo 4	n.a.
Sterkt ferskvannspåvirket fjord	5	Kombo 5*	Kombo 5*	Kombo 5	Kombo 5	Kombo 5	Kombo 5*
Oksygenfattig fjord	6	For beregning i denne vanntypen kan man bruke klassegrensene til annen vanntype med lignende eksponering og salinitet					

*Pga manglende klassegrenser for fjæringindeksen (RSLA/RSL) kan en ikke foreta en fullstendig klassifisering i disse vanntypene, men må bruke klassegrenser på RSLA/RSL for en nærliggende vanntype/økoregion.

Tabell 2. Oversikt over økoregioner og vanntyper (1-5) der det er utviklet klassegrenser for RSLA/RSL og delparametre for sjøsonen i komboindeksen. 1 = nedre voksedyp for stortare, 2 = nedre voksedyp for opprette rødalger, 3 = dybdeutstrekning/dybdeomfang av masseforekomst av trådformede alger. n.a. betyr at vanntypen ikke finnes.

Økoregion Vanntyper:		B Barentshavet	G Norskehavet Nord	H Norskehavet Sør	M Nordsjøen Nord	N Nordsjøen Sør	S Skagerrak
Åpen eksponert kyst	1	2,3	1,2,3	RSLA 1-2 1,2,3	RSLA 1-2 1,2,3	RSLA 1-2 1,2,3	1,2,3
Moderat eksponert kyst/fjord	2	2,3	2,3	RSLA 1-2 2,3	RSLA 1-2 1,2,3	RSLA 1-2 1,2,3	1,2,3
Beskyttet kyst/fjord	3	2,3	2,3	RSLA 3 2,3	RSLA 3 1,2,3	RSLA 3 1,2,3	1,2,3
Ferskvannspåvirket fjord	4	3	3	RSL 4-5 3	RSL 4-5 1,3	RSL 4-5 1,3	n.a.
Sterkt ferskvannspåvirket fjord	5	3	3	RSL 4-5 3	RSL 4-5 3	RSL 4-5 3	3
Oksygenfattig fjord *	6	For beregning i denne vanntypen kan man bruke klassegrensene til annen vanntype med lignende eksponering og salinitet					

Per i dag er det gitt forslag til klassegrenser for parameteren «masseforekomster av trådformede alger» i vanntype 1 – 5 og «nedre voksedyp for opprette rødalger» i vanntype 1 – 3, i alle økoregioner. Klassegrenser for nedre voksedyp for stortare er kun utviklet for enkelte vanntyper i økoregion Skagerrak (vanntype 1-3), Nordsjøen sør og nord (vanntype 1-4) og Norskehavet sør og nord (vanntype 1). For fjæringindeksen (RSL/RSLA) er det utviklet klassegrenser for økoregionen Nordsjøen sør, Nordsjøen nord og Norskehavet sør, i vanntypene 1 – 5. I de økoregioner hvor det ikke foreligger klassegrenser for fjæringindeksen (RSLA/RSL), skal klassegrenser for en nærliggende vanntype/økoregion benyttes, og det må komme tydelig frem at resultatet ikke er basert på gjeldende klassegrenser for den aktuelle vanntypen.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressurs spørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.



Norsk institutt for vannforskning

Økernveien 94 • 0579 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no