

**Kunnskapsstatus og forsknings-  
behov for tareskog og  
kråkebollebeiting**  
- workshop på CIENS, Oslo, 20. aug. 2010



**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 31 22 14

**NIVA Midt-Norge**

Pirsenteret, Havnegata 9  
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Kunnskapsstatus og forskningsbehov for tareskog og kråkebollebeiting - workshop på CIENS, Oslo, 20. aug. 2010	Løpenr. (for bestilling) 6031-2010	Dato 19.10.2010
	Prosjektnr. Undernr. 29434	Sider Pris 55
Forfatter(e) Rinde, Eli Bekkby, Trine Christie, Hartvig	Fagområde Marin	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Nord-Norge	Trykket NIVA

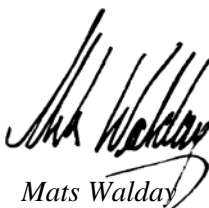
Oppdragsgiver(e) Direktoratet for naturforvaltning Kontaktperson: Ingrid Bysveen	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Rapporten gir en oppsummering av kunnskapsstatus og forskningsbehov for tareskog og kråkeboller, basert på diskusjoner på en workshop med deltagere fra instituttsektoren (Norsk institutt for vannforskning, Akvaplan-niva, SINTEF og Havforskningsinstituttet), universiteter (Universitetet i Oslo, Universitetet i Bergen, Høgskolen i Bodø, Høgskolen i Finnmark), forvaltning (Direktoratet for naturforvaltning), Forskningsrådet og næring (FMC). Rapporten gir oversikt over kunnskapsstatus for tre hovedtema; 1) utbruddet av kråkeboller på 70-tallet og dagens situasjon, 2) hva vi trenger av kunnskap for å kunne forutsi den framtidige utviklingen av tareskog og kråkebollebeiting i Norge, og 3) anbefalte tiltak og undersøkelser på kort og lang sikt.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tareskog</li> <li>2. Kråkeboller</li> <li>3. Nedbeiting</li> <li>4. Klimaendringer</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kelp forest</li> <li>2. Sea urchins</li> <li>3. Grazing</li> <li>4. Climate changes</li> </ol>
--	---



Eli Rinde  
Prosjektleder



Mats Walday  
Forskningsleder



Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

**Kunnskapsstatus og forskningsbehov for tareskog og  
kråkebollebeiting - workshop på CIENS, Oslo, 20.  
aug. 2010**

## Forord

Direktoratet for naturforvaltning tok initiativ til en workshop holdt 20. august 2010, på CIENS i Oslo, for å få oversikt over kunnskapsstatus og forskningsbehov med hensyn til tareskog og nedbeiting av kråkeboller. Dette er et tema som har fått lite oppmerksomhet og midler i forhold til det store omfanget og de enorme økologiske konsekvensene denne endringen har hatt for store deler av norskekysten de siste 40 år. Workshopen ble planlagt og arrangert av NIVA i samråd med Direktoratet for naturforvaltning, og hadde deltagere fra instituttsektoren (Norsk institutt for vannforskning, Akvaplan-niva, SINTEF og Havforskningsinstituttet), universiteter (Universitetet i Oslo, Universitetet i Bergen, Høgskolen i Bodø, Høgskolen i Finnmark), forvaltning (Direktoratet for naturforvaltning), Forskningsrådet og næring (FMC). Rapporten er laget på bakgrunn av diskusjonene på møtet og innspill fra deltagerne i etterkant. Oversikt over deltagerne på møtet er gitt bakerst i rapporten.

Oslo, 19. oktober 2010

*Eli Rinde*  
NIVA

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>9</b>
1.1 Workshopens målsetting	9
1.2 Hovedtema	9
<b>2. Kunnskapsstatus for utbruddet av kråkeboller på 70-tallet og dagens situasjon?</b>	<b>10</b>
2.1 Hovedpunkter fra Christies (NIVA) innledende foredrag	10
2.2 Mulige årsaker til oppblomstringen av kråkeboller og tap av tareskog på 70-tallet	12
2.3 Mulige årsaker til endringer av kråkeboller og tareskog de siste 20 årene	17
2.4 Undersøkelser som belyser årsakssammenhenger	21
2.5 Kunnskapsstatus om tareskog og kråkeboller for norske kystvann, inkludert Svalbard.	21
2.5.1 Fastlands-Norge	21
2.5.2 Svalbard	24
<b>3. Behov for kunnskap og overvåking for å forutsi utviklingen av tareskog og kråkebollebeiting</b>	<b>25</b>
3.1 De viktigste kunnskapshullene	25
3.2 Strategier for overvåking og valg av prioriterte områder	33
3.2.1 Hvor bør det settes inn overvåking?	33
3.2.2 Parametre som bør overvåkes på de valgte stasjonene	33
3.2.3 Hvordan få etablert en rask igangsetting av overvåking?	34
<b>4. Hva trenger vi av kunnskap for å kunne forstå de økologiske konsekvensene av nedbeiting og ulike utviklingsscenarier for tareskog og kråkeboller?</b>	<b>34</b>
<b>5. Anbefalte tiltak og undersøkelser</b>	<b>35</b>
5.1 Oversikt over utførte, igangværende og planlagte aktiviteter / undersøkelser.	35
5.2 Anbefalte tiltak og undersøkelser	37
<b>6. Referanseliste</b>	<b>43</b>
<b>7. Deltagerliste</b>	<b>55</b>

---

## Sammendrag

Kunnskapsstatus og forskningsbehov for tareskog og kråkebollebeiting - workshop på CIENS, Oslo, 20. aug. 2010

På workshopen ble følgende tema diskutert:

1. Hva er kunnskapstatus for utbruddet av kråkeboller på 70-tallet og dagens situasjon?
2. Hva trenger vi av kunnskap for å kunne forutsi den framtidige utviklingen av tareskog og kråkebollebeiting i Norge?
3. Anbefalte tiltak og undersøkelser

Følgende oversikter ble laget på møtet og bearbeidet i etterkant i form av innspill til utkast til denne rapporten:

- Referanseliste for de mest relevante arbeidene som belyser årsaker til nedbeiting av tareskog i Norge og andre land
- Oversikt over aktuelle prosjekter og aktiviteter som bidrar med kunnskap til å få oversikt over utbredelsen til tareskog og kråkeboller, og som kan bidra til å forstå hva som skjer og de økologiske konsekvensene av endringene
- Oversikt over de viktigste tiltakene og anbefalte felt- og labundersøkelser på kort og lang sikt.

Kunnskapsbehov for å kunne forstå de økologiske konsekvensene av nedbeitingen og av ulike utviklingsscenarier av tareskog og kråkebollebeiting, ble tatt opp i etterkant av workshopen i form av innspill til denne rapporten.

Det er framsatt ulike hypoteser for å forklare årsaken til oppblomstringen av drøbak-kråkebollen (*Strongylocentrotus droebachiensis*) og nedbeitingen av tareskog på begynnelsen på 70-tallet. Noen av hypotesene er tap av predator kontroll på unge stadier av kråkeboller (yngel og/eller nylig bunnslåtte larver) og redusert predasjon på voksne kråkeboller på grunn av nedgang i steinbit, som igjen skal ha blitt redusert pga. økt selbestand. Sjøtemperatur er også nevnt som en viktig direkte eller indirekte faktor. Ingen av de foreslåtte hypotesene er blitt vitenskapelig testet eller dokumentert som årsaker til oppblomstringen i Norge. Siden de høye tetthetene av kråkeboller og nedbeitet tareskog ble observert på samme tid fra Sør-Trøndelag til Finnmark, er det nærliggende å tro at årsaken til oppblomstringen opererer på samme store geografiske skala. Storskala fenomener omfatter både klimaendringer (endringer i sjøtemperatur og havstrømmønster er dokumentert for perioden), endringer i fiskebestander pga. overfiske (det er dokumentert at f. eks. sild ble overfisket i denne perioden) og mulige endringer i strømmønster og andre geofysiske forhold forårsaket av vannkraftregulering. Men oppblomstringen kan også skyldes spesielt gode rekrutteringsforhold i den sørlige delen av nedbeitingområdet (Sør-Trøndelag) og etablering av en "kildpopulasjon" som har forsynt områdene nordover tilstrekkelig mange kråkebollelarver til å danne tette bestander også i nord.

Det er ikke lett å utføre undersøkelser som kan dokumentere årsaksforholdene for det som skjedde for over 40 år siden. En mulig tilnærming som kan belyse opphavet til og utviklingen av de store tetthetene av drøbak-kråkebollen, kan være å kombinere oseanografiske modeller og populasjonsgenetiske undersøkelser. Strømmodeller vil kunne predikere spredningsruter for drøbak-kråkebollen gitt ulike hypoteser om kildpopulasjoner for masseoppblomstringen. Populasjonsgenetiske undersøkelser vil avsløre genetiske likheter og forskjeller mellom fjordpopulasjoner og populasjoner på nedbeita tareskogsområder langs kysten av Nord-Norge. Kjennskap til populasjonsgenetiske likheter og forskjeller for drøbak-kråkebollen, og kunnskap om spredningsbiologien til tare og kråkeboller vil ha stor betydning for vår evne til å kunne forutsi framtidige endringer i forholdet mellom tareskog og nedbeitet bunn.

Det har siden 1990-tallet blitt registrert gjenvekst av tareskog og reduksjon i tetthet av kråkeboller i den sørlige delen av området som ble nedbeitet på 70-tallet. Endringer er registrert fra Sør-Trøndelag og nordover til midtre deler av Troms. Det er foreløpig ikke registrert noen nedgang i kråkebolletettheten og reetablert tareskog i Finnmark. Det er også observert endringer langs en gradient fra ytre til indre kyst fra Trøndelag til Troms. Det er viktig å få satt i gang overvåking og undersøkelser av endringene som skjer nå. Det er videre viktig å utføre tilstrekkelig med undersøkelser til å kunne beskrive hva som skjer, forklare årsaksmekanismene og å belyse konsekvensene av utviklingen for berørte økosystemer. Deltagerne på workshopen mener at det er viktig å benytte muligheten nå til å gjøre undersøkelser som kan gi kunnskap om hvorfor noen områder blir reetablert med tareskog, mens kråkebollene fortsatt klarer å opprettholde store tettheter i andre områder. Dette vil gi nødvendig kunnskap for å kunne forutsi den videre utviklingen og for å kunne sette i verk nødvendige tiltak i marine ørkenområder. Det er viktig å unngå å komme i samme situasjon som på 70-tallet, der undersøkelsene kom for sent i gang til å kunne forklare de store endringene som skjedde, og hvilke økologiske konsekvenser endringene medførte.

De høyest prioriterte tiltakene og undersøkelsene på kort sikt er:

1. Etablere overvåking av endringene som skjer på utvalgte stasjoner langs nord-sør og ytre-indre gradienten fra Sør-Trøndelag til Finnmark. Sikre jevnlig oppfølging (minst en gang per år) av disse stasjonene med hensyn til endringer i tetthet og artssammensetning av makroalger, tetthet og størrelsesfordeling av kråkeboller, alder til tareplanter/kråkeboller, tetthet og fordeling av fisk i området. Det er viktig at stasjonene dekker opp gradienter av og interaksjoner mellom flest mulig av de viktigste påvirkningsfaktorene for tareskog og kråkeboller; dvs. eksponering for bølger og strøm, dyp (indirekte indikator for f.eks. lys), og ulike terreng og substratforhold.
2. Gjennomføre populasjonsgenetiske undersøkelser av drøbak-kråkebollen fra utvalgte lokaliteter i de ytre nedbeitede områdene og fra en rekke utvalgte fjorder
3. Undersøke ulike spredningshypoteser for drøbak-kråkebollen basert på simulering med etablerte strømmodeller
4. Utnytte pågående prosjekter til å dokumentere endringene som skjer i områdene som undersøkes.

De høyest prioriterte tiltakene og undersøkelsene på lengre sikt er:

- Få gjennomført populasjonsgenetiske undersøkelser av stortare og sukkertareplanter fra utvalgte lokaliteter langs en ytre-indre gradient i ulike regioner langs kysten, for å studere spredningspotensiale og genetisk diversitet. Dette vil, kombinert med undersøkelser av spredningsmønster for kråkebollelarver, være viktige å få kunnskap om i forhold til å kunne forstå og forutsi områder der reetablering av tareskog er mulig eller ikke.
- Lab-/mesokosmosundersøkelser av effekten av endringer i abiotiske faktorer (temperatur, saltholdighet, hydrodynamiske prosesser) på vitale prosesser for både stortare og kråkeboller (som vekst, overlevelse og reproduksjon). Dette vil være viktig i forhold til å kunne forutsi effekter av forventet klimaendring på tareskog-kråkebolle dynamikken
- Utføre feltundersøkelser for å studere effekten av interaksjoner av ulike faktorer som temperatur, lys (ulike dybdeforhold), bølge- og strømeksposering for vitale prosesser for både stortare og kråkeboller (som vekst, overlevelse og reproduksjon).

## Summary

Title: Knowledge status and research needs for kelp forest and sea urchin grazing – report from workshop at CIENS, Oslo, 20. Aug. 2010

Year: 2010

Authors: Eli Rinde, Trine Bekkby and Hartvig Christie

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No. 978-82-577-5766-3

The following topics were discussed:

1. What do we know about the mass occurrence of sea urchins in the 70s and today's status?
2. What kind of knowledge do we need to be able to predict the future development of kelp forests and barren grounds in Norway?
3. Recommended actions and investigations.

The following outlines were made at the meeting and processed after the meeting in the form of comments to this report:

- A reference list of the most relevant investigations that illuminate the causes of grazing of kelp forest in Norway and other countries
- Overview of relevant projects and activities that contribute with knowledge to get an overview of the distribution of kelp and sea urchins, and that might contribute to explain the occurring processes and the ecological consequences of the observed changes
- Overview of the most important measures and recommended field and lab studies at short and long term.

The need of knowledge to be able to understand the ecological consequences of the occurred grazing and the ecological consequences of different possible scenarios for the future development of kelp forest and sea urchins were discussed after meeting and included through comments to this report.

Different hypotheses are put forward to explain the causes of the mass occurrence of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* and grazing of kelp forest along the Norwegian coast in the early 70s. Some of the hypotheses are loss of predator control of young stages of the sea urchins (larvae and/or newly settled urchins) and reduced predation of adult sea urchins due to decreased abundances of catfish, which again may have been reduced due to increased populations of seals. Sea temperature is also mentioned as an important direct or indirect factor. None of the suggested hypotheses has been scientifically tested and documented as causes to the blooming of sea urchins in Norway. As the high densities of sea urchins and barren grounds at earlier kelp dominated areas were observed at the same time from southern county Trøndelag northwards to Finnmark, it is likely to assume that the causes operate at the same large geographical scale. Such large scale phenomenon includes both large scale climatic changes (changes in sea temperature and in sea current patterns are documented for the period), large scale changes in fish populations due to overfishing (it is documented that e.g. herring was overfished in this period) and changes in current patterns and other geophysical factors due to development of water power. However, the blooming may also be caused by especially good recruitment conditions in the south part of the grazed area (southern Trøndelag) and the establishment of a source population of sea urchins that was able to supply a sufficient amount of larvae to establish dense populations of sea urchins also in the northern areas.

It is not easy to perform investigations that can document causal relationships for the changes that occurred over 40 years ago. One possible approach to illuminate the source for and the development of the high densities of the sea urchins can be to combine oceanographical models and population genetic studies. Sea current models will be able to predict dispersal patterns for the sea urchins, given different



hypothesis about the source populations for the mass occurrence. Population genetic studies will reveal genetic similarities and differences between populations in fjords and populations at barren grounds along the northern coast. Knowledge of population genetic similarities and differences for *S. droebachiensis*, as well as knowledge of dispersal biology of kelp and sea urchins, are needed in order to predict future changes in the relationship between kelp forest and barren grounds.

Since early 90s, changes in sea urchin densities and regrowth of kelp or other macroalgae are observed at barren grounds in the southern part of the impacted area. These changes are documented from southern Trøndelag County and northward until mid Troms County. The same reduction in sea urchin density and regrowth of macroalgae are observed along a gradient from outer to inner coast from Trøndelag to Troms. So far, no reduction in sea urchin density and regrowth of kelp are observed in the northernmost county Finnmark. The most urgent is to establish monitoring and investigations of changes that occur now and to conduct adequate investigations to be able to describe the processes that occur, to explain the causal mechanisms, and to be able to illuminate the ecological consequences for affected ecosystems. The workshop participants claim that it is important to use this opportunity to perform investigations that might provide knowledge of why some areas experience regrowth of kelp and why sea urchins still remain in high densities in other areas.

Such investigations will provide necessary knowledge for predicting further development and for implementing action in marine barren grounds. It is important to avoid the same situation as in the 70s, when the investigations started too late to be able to explain the causes of the changes, and to reveal the ecological consequences the changes implied.

At short term the actions and investigations with highest priority are:

1. Establish monitoring of changes at selected stations along the north-south and the outer-inner gradients from southern Trøndelag to Finnmark. Ensure regular monitoring (at least once per year) of these stations with respect to changes in density and species composition of macroalgae, density and size distribution of sea urchins, age of kelp/sea urchins, and density and distribution of fish. It is important that the selected stations cover gradients of and interactions between the most important influential environmental factors for kelp and sea urchins, such as exposure to waves and currents, depth (indirect indicator of e.g. light), and terrain and substrate attributes.
2. To perform population genetic studies of the sea urchin from localities in the outer barren grounds and from selected fjords.
3. Investigate different hypothesis for dispersal of the sea urchin based on simulations studies of established sea current models.
4. Utilize ongoing projects to document the changes that occur in the studied areas.

At long term the actions and investigations with highest priority are:

- To perform population genetic studies of *Laminaria hyperborea* and *Saccharina latissima* from selected localities along the outer-inner gradient in different regions along the coast, to study dispersal and genetic diversity. Combined with investigations of dispersal of sea urchin larvae, this will provide important knowledge to be able to understand and predict areas where re-establishment of kelp is possible or not.
- Lab- /mesocosm investigations of the effect of changes in abiotic factors (temperature, salinity, hydrodynamical processes) to vital processes for both *L. hyperborea* and sea urchins (such as growth, survival and reproduction). This provides important knowledge for predicting the effects of expected climatic changes to kelp-sea urchin dynamics.
- Carry out field investigations to study the effect of interactions of factors such as temperature, light (different depths), wave- and current exposure, on vital processes of kelp and sea urchins (such as growth, survival and reproduction).

# 1. Innledning

Workshopen er initiert av Direktoratet for naturforvaltning, planlagt og arrangert av NIVA. Forslag til tema og arbeidsoppgaver, samt tre bakgrunnsdokumenter, ble sendt ut i forkant av workshopen. Oversikt over deltagerne på møtet er gitt bakerst i rapporten.

## 1.1 Workshopens målsetting

Workshopens målsetting var å få fram kunnskapsstatus og forskningsbehov for tareskog- og kråkebollenedbeiting, og å bli enige om hvilke undersøkelser som bør prioriteres på kort og lang sikt for å kunne forutsi utviklingen og de økologiske konsekvensene av ulike utviklingsscenarier. Utviklingsscenariene må inkludere hvordan framtidige endringer i klima vil være med å styre utviklingen av tareskog- og kråkebolledynamikken, og hvilke økologiske konsekvenser endringene vil ha for kystøkosystemene, inkludert tareskogens evne til binding av CO<sub>2</sub>.

Med bakgrunn i responsen på invitasjonen ble anbefalte tiltak og undersøkelser inkludert som et eget tema. Grunnlagsdokumentene som ble sendt ut med invitasjonen var:

- Norderhaug, K. M. og H. C. Christie (2009). Sea urchin grazing and kelp re-vegetation in the NE Atlantic. *Marine Biology Research* 5(9): 515 - 528.
- Sakshaug, E. og K. Sjøtun (2002). Nedbeiting av tareskog i Norge. Rapport fra arbeidsgruppe nedsatt av Fiskeridepartementet og Miljøverndepartementet. 49 s.
- Sivertsen K. (2006). Overgrazing of kelp beds along the coast of Norway. *Journal of Applied Phycology* 18: 599-610.

## 1.2 Hovedtema

**Tema 1:** Hva er kunnskapsstatus for utbruddet av kråkeboller på 70-tallet og dagens situasjon?

**Tema 2:** Hva trenger vi av kunnskap og overvåking for å kunne forutsi den framtidige utviklingen av tareskog og kråkebollebeiting i Norge?

**Tema 3:** Hva trenger vi av kunnskap til å kunne forstå de økologiske konsekvensene av nedbeitingen som har vært og de økologiske konsekvensene av ulike utviklingsscenarier av tareskog og kråkebollebeiting?

**Tema 4:** Anbefalte tiltak og undersøkelser

## 2. Kunnskapsstatus for utbruddet av kråkeboller på 70-tallet og dagens situasjon?

### 2.1 Hovedpunkter fra Christies (NIVA) innledende foredrag

Presentasjonen fokuserte på:

- Mulige årsaker for nedbeitingen i Norge
- Dokumenterte årsaker til kråkebollenedbeiting i andre land
- Hva er relevant og mulig å teste av årsakssammenhenger funnet i andre land?
- Hva er dagens status for tareskog og kråkeboller?
- Mulige konsekvenser av nedbeitingen

Av mulige årsaker for nedbeitingen i Norge ble følgende nevnt: overfiske (sild, torsk, steinbit, andre), økning i mengden predatorer (f. eks. sel), klimaendringer og naturlige svingninger.

I USA er det dokumentert en ”top-down” sammenheng, der reduksjon i sjøoterbestanden (pga jakt, og senere pga økt bestand av spekkhoggere som har endret matvane fra sel/fisk til sjøoter) har ført til oppblomstring av kråkeboller og nedbeitet tareskog. I Canada har reduksjon i torskebestanden vært sterkt koblet til økt tetthet av kråkeboller og nedbeitet tareskog.

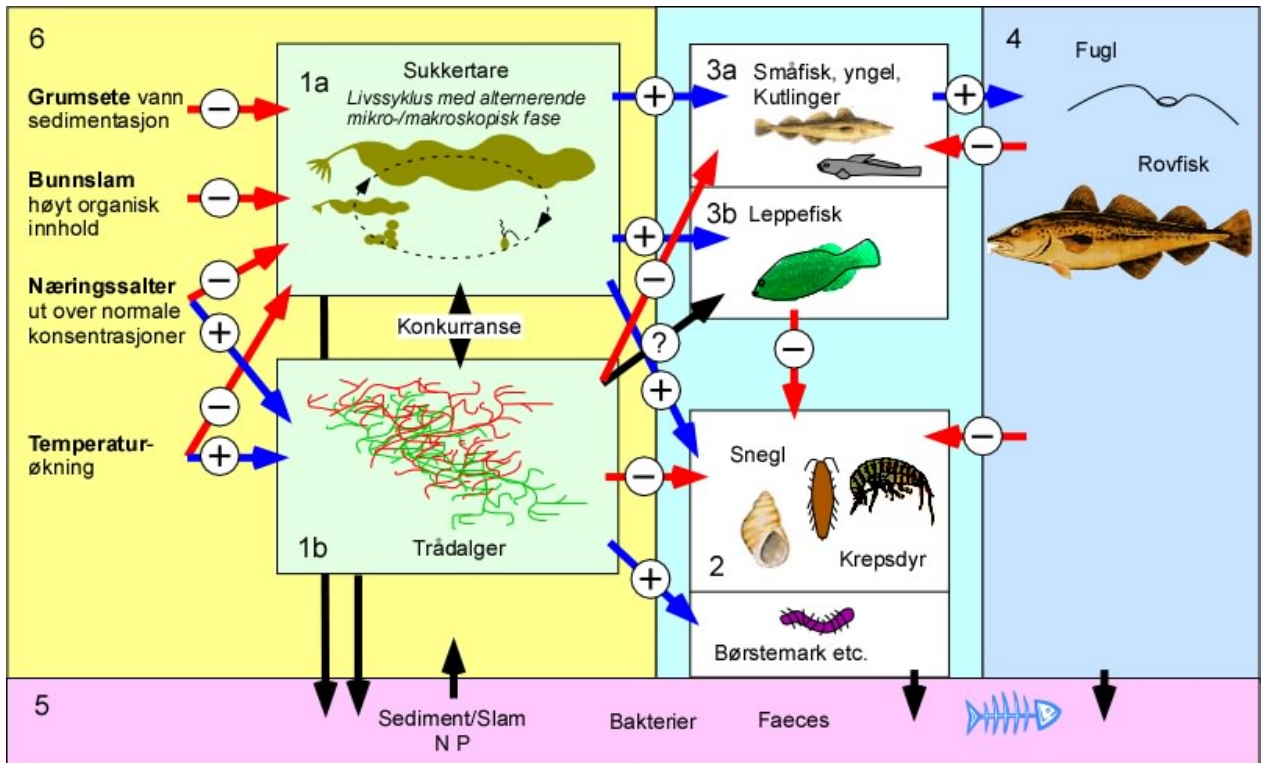
På Island har man kunnet følge en front med høy tetthet av jevngamle drøbakkråkeboller som gradvis beitet ned stortareskogen. Oppblomstringen her så ut til å skyldes en sterk årsklasse av kråkeboller som av ukjent grunn begynte å spise på voksne tareplanter, noe som vanligvis ikke er prioritert føde.

Nedbeitingen av tareskog i Norge omfatter sannsynligvis også i stor grad sukkertare og andre makroalger. Men her er det store kunnskapshull. Christie mente at det ikke vil være mulig å dokumentere årsakene til oppblomstringen av kråkeboller på 70-tallet, kun komme fram til mulige årsaker.

En forklaringsmekanisme for endringene som skjer med sukkertare i Sør-Norge og gjengroing av makroalger og ålegrasenger i Danmark og Sverige (**Figur 1**) er at endringer/reduksjoner i fiskebestander, som f. eks. torsk, har ført til økning av annen småfisk, med det resultat at mengder beitere på fintrådige alger er redusert. Overfiske har dermed samme effekt som tilførsler av næringssalter, og fører til overbegroing av tare og ålegras av trådformede, opportunistiske alger. Fenomenet kalles pseudoeutrofiering, og omfatter kompliserte sammenhenger og effekter på tvers av næringskjeder. Det er nå en generell konsensus om at ”top-down”-effekter på grunn av overfiske har større betydning enn tidligere antatt.

Det er viktig å identifisere testbare og ikke-testbare årsakssammenhenger, og å skille mellom situasjonen på 70-tallet og dagens situasjon.

Før 1970 hadde vi en stabil tareskog og ingen (eventuelt lave tettheter av) drøbak-kråkeboller i de ytre, bølgeeksponerte stortarelokalitetene. Utbredelsen av drøbak-kråkeboller i fjordene langs hele norskekysten på denne tiden er ikke godt dokumentert. Tareskogen har vært stabil og assosiert fauna har ikke spiste opp selve taren (primærprodusent og habitat), men har spist av ”overskuddet”.



**Figur 1.** Oversikt over antatte årsakssammenhenger for nedgangen i sukkertare i Sør-Norge (fra sukkertarerapporten, Moy *et al.* 2009). Pilene viser noen viktige positive faktorer (blå) og negative faktorer (rød) for komponenter i sukkertaresamfunnet.

Ca 1970 skjedde det oppblomstring av kråkeboller, og store områder med stortare (og sannsynligvis sukkertare) ble beitet ned og dominert av drøbakkråkebollen. De store forekomstene av kråkeboller i åpne kystområder har sannsynligvis ført til store endringer i spredningsmønsteret for drøbakkråkebollen og muligheten for opprettholdelse av store tettheter i disse områdene.

Siden 1990 har det skjedd en gradvis reetablering av tareskog i Trøndelag og på Helgelandskysten.

Populasjonsstudier kan forklare mye om hvordan utviklingen har foregått. Men det er store variasjoner fra sted til sted, både med hensyn til dybde, bølgeeksponering, strømforhold og breddegrad. Det er også klare forskjeller i størrelsesfordelingen til drøbakkråkebollen mellom "barren ground" og i tareskog under nedbeiting. Dette stiller høye krav til innsamlingsdesign for å kunne gjøre gode analyser. Analyser av størrelsesfordelinger gir informasjon om forskjeller i rekruttering og dødelighet på de ulike områdene.

#### *Kunnskapshull*

Modeller viser at omtrent halvparten av de nedbeitede områdene er potensiell sukkertarebunn, men områdene kan også ha vært dominert av andre alger før kråkebollene blomstret opp. I hvilken grad sukkertare har blitt redusert i mengde på grunn av kråkeboller er et klart kunnskapshull.

Rekoloniseringstiden for assosiert flora og fauna på reetablert tareskog på "barren grounds" er også ukjent. Vi har kunnskap om dette på reetablert tareskog i trålgater, men dette er sannsynligvis ikke representativt for det som skjer langt fra "mor-populasjoner" til de ulike artene av planter og dyr, i tareskog.

Vi antar at drøbak-kråkebollen ikke har beitet de mest eksponerte områdene pga bølgeeksponering. Men vi finner røde kråkeboller i disse områdene, og drøbak-kråkebollen i beskyttede poller langt ut i havgapet. Så det er uklart hvorfor drøbak-kråkebollen ikke klarte å beite ned tareskog i de ytre tareskogsområdene.

Mulige årsaker til endringer som er observert i senere tid er:

- Temperaturøkning i sørlige deler av Nord-Norge
- Økning i mengde taskekrabber mot nord – og dermed økt predasjon på kråkeboller?

Hva medfører nedbeitingen og tapet av tareskog?

- Tap av en primærprodusent (første ledd i næringskjeden), ca 20 mill tonn pr år langs Norskekysten
- Tap i produksjon av næringsdyr for fisk
- Tap av skjulesteder og oppvekstområder for fisk
- Tap i produksjon av fisk og andre marine ressurser
- Tap i inntekter og arbeidsplasser

## **2.2 Mulige årsaker til oppblomstringen av kråkeboller og tap av tareskog på 70-tallet**

Gruppen diskuterte mulige årsaker til oppblomstringen på 70-tallet, om de ulike hypotesene er testet for norske forhold, og om de er testet og dokumentert som årsaker for kråkebolleoppblomstring i andre land. Det ble også diskutert om det er mulig å teste disse hypotesene for norske forhold. Oversikt over årsakene og konklusjonene på diskusjonen er gitt i **Tabell 1**. Det var generelt enighet om at det er vanskelig å gjøre undersøkelser i dag som kan gi svar på hva som skjedde for 40 år siden. Årsakene kan være sammensatte og skyldes både endringer i temperatur og endringer i bestander av fisk. En mulig framgangsmåte for testing av hypoteser er å utvikle modeller (enkle spredningsmodeller for kråkebollelarver eller mer kompliserte økosystemmodeller) som predikerer spredningsmønsteret til drøbak-kråkebollen eller tilstanden til tare/kråkebollebunn i ulike områder. Modellene må kjøres for de fysiske betingelsene i perioden før og etter oppblomstringstidspunktet, gitt ulike hypoteser om kildepopulasjonen til kråkebollene eller mekanismer som styrer forholdet mellom tareskog og kråkeboller, og spredning av kråkebollelarver.

Det finnes strømmodeller som kan benyttes til å simulere drift og spredning av kråkebollelarver gitt ulike hypoteser om kildepopulasjoner og gitt ulike fysiske betingelser. En av hypotesene beskrevet i Sakshaug & Sjøtun (2002), er at oppblomstringen skyldtes spesielt kraftig rekruttering og etablering av sterke årsklasser på slutten av 60-tallet og i begynnelsen av 70-tallet. Opphavet til den store mengden kråkebollelarver kan ha vært en fjord ved eller sør for Trøndelag, eventuelt at hver kråkebollepopulasjon i alle fjordene i Nord-Norge hadde vellykket rekruttering. Modellen kan gi oss informasjon om betydningen av endringene i havstrømmene for en eventuelt økt spredningsmulighet til kråkebollene. Den gjør oss i stand til å undersøke om det er mulig at oppblomstringen skyldtes en spesielt sterk årsklasse av kråkeboller i sør (og som etter etablering var i stand til å føre områdene lenger nord med tilstrekkelig larver til å føre til høye tettheter av voksne kråkeboller også her) eller om høy produksjon av kråkebollelarver fra hver enkelt av fjordene vil kunne forårsake høy rekruttering av kråkebollelarver i eksponerte stortareskogsområder gitt de rådende fysiske forholdene. Modellsimuleringene vil også kunne bidra til å gi svar på om de mest eksponerte tareskogsområdene går klar av spredningsmønsteret til larvene (gitt de ulike antagelsene om kilde), og at dette kan være en grunn til den observerte grensen mellom ytre og indre områder mht nedbeiting. Det vil også være mulig å inkludere effekten av endringer i den estuarine vannsirkulasjonen pga vannkraftutbygging for kråkebollenes driftmønster, og eventuelt få fram i hvilke områder kråkebollene vil bli utsatt for svingninger i saltholdighet gitt varme eller kalde perioder. Prediksjonene gitt de ulike scenariene må

videre sjekkes mot genetiske likheter og forskjeller i dagens kråkebollepopulasjoner, avdekket av populasjonsgenetiske undersøkelser. Slike analyser vil avsløre om kråkebollene i ytre områder tilhører samme populasjon, eller har samme opphav, og i hvilken grad det er utveksling av gener mellom kråkebollene i ytre områder med fjordpopulasjoner. Det vil også være gunstig å gjøre populasjonsgenetiske undersøkelser på bevarte kråkebolleindivider fra 70-tallet dersom dette er mulig.

Betydningen av predatorkontroll av voksne kråkeboller for utbruddet på 70-tallet er mye vanskeligere å teste ved bruk av modeller, og vil kreve stor kunnskap både om endringer i tettheten av viktige predatorer som steinbit, torsk og flyndre, og deres evne til å beite voksne kråkeboller. Det er også dokumentert at ærfugl kan være en viktig predator på kråkeboller i enkelte områder. I følge Sakshaug & Sjøtun (2002) er det mulig at reduserte bestander av fisk og ærfugl (dokumentert nedgang i kystfiske i Nordland) kan ha vært en medvirkende årsak til framveksten av de store bestandene av kråkeboller.

Mange ting skjedde samtidig på slutten av 60- og begynnelsen av 70-tallet. Det var en kald periode med antatt gode forhold for drøbak-kråkebollen, som er en kaldtvannsart. Oppblomstringen skjedde samtidig med kollaps i sildebestanden. Det ble på workshopen påpekt at masseoppblomstring av kråkeboller og nedbeiting av tareskog skjer i alle områder med tareskog, både på nordlige og sørlige halvkule, og at slike endringer kan være naturlige og ikke menneskeskapt. Samtidig er det dokumentert overfiske i alle verdenshav, noe som en antar har forårsaket store endringer i kystøkosystemene verden over. Betydningen av overfiske for endringer i kystøkosystemene er noe en først i senere år har blitt bevisst på i norske forskningsmiljøer.

**Tabell 1.** Oversikt over mulige årsaker og framsatte hypoteser for å forklare masseoppblomstringen av drøbak-kråkebollen på 70-tallet og nedbeiting av tareskog, og om disse sammenhengene er dokumentert for norske forhold, for andre land, eller er mulige å teste for norske forhold.

Mulige årsaker / Framsatte hypoteser	Dokumentert sammenheng i Norge? (Ja/Nei)	Dokumentert årsak i andre land (Ja/Nei)	Mulig å teste for norske forhold?
<b>Overfiske / Reduksjon i bestander av predatorer ("Top-down" kontrollert)</b>			
Generelt – storskala endringer i kystøkosystemer pga overfiske	Nei. (Vi har hatt overfiske og kan dokumentere nedgang i kystfiskebestander. Dette kan være en medvirkende årsak til framvekst av kråkeboller, men sammenhengen er ikke dokumentert)	Ja	Nei
Endringer i sel / spekkhoggerbestand	Nei	Ja (Alaska)	Nei
Kollaps i sildebestanden	Nei. (Kollapset i sildebestanden er dokumentert, men det er ikke klarlagt i hvor stor grad dette kan forklare oppblomstringen av	Nei	Nei

	kråkeboller fra Trøndelag til Finnmark)		
Kollaps i torskebestanden	Nei. (Kysttorskebestanden har kollapset i senere tid, men denne nedgangen er ikke relevant for det som skjedde på 70-tallet.)	Ja (Canada, USA)	Nei
Endring i størrelsesfordeling av predatorer	Nei.	Nei. (I andre sammenhenger har man dokumentert at man kan få kaskadeeffekter i økosystemet hvis man tar vekk store individer. Men dette er ikke koblet til nedbeiting av tareskog.)	Nei
Endringer i artssammensetningen til assosiert makrofauna? – Redusert predasjonstrykk på tidlige stadier av bunnslette kråkeboller	Nei. (Det er gjort studier av artssammensetningen til assosiert fauna i tareskog, men det er ikke registrert noen nøkkelarter som er borte som kan forklare oppblomstringen av kråkeboller. Vi har lite kunnskap om hvilke arter som spiser kråkeboller.)	Ja (USA).	Nei (mangler data fra den aktuelle perioden)
<b>Endringer i klima</b>			
Endring i temperatur	Nei. (Data viser at det var en kuldeperiode på slutten av 60-tallet som sannsynligvis var gunstig for drøbak-kråkebollen, som er en kaldvannsart. Men det er ikke dokumentert at endringen i temperaturforholdene er tilstrekkelig til å forklare en stor rekrutteringssuksess hos kråkebollene.)	Nei. (Sakshaug & Sjøtun 2002 viser til motstridende resultater mht innflytelsen av temperatur på rekrutteringssuksess hos kråkeboller.)	Ja. (Gitt en god modell som beskriver temperaturens innvirkning på kråkebollenes rekruttering, spredning og vekst, basert på kunnskap om temperaturens innvirkning fra lab- eller feltstudier, vil dette være mulig.)
Endring av havstrømmer	Nei. (I kalde perioder går kyststrømmen nærmere	Nei	Ja. (Ved simulering av

	<p>land og blir smalere enn i varme perioden. Endringer i havstrømmene pga veksling mellom kalde og varme perioden vil dermed påvirke kråkebollelarvenes spredningsmønster langs kysten. Slike spredningsmodeller for kråkeboller er ikke utført for norske områder.)</p>		<p>spredning av kråkebollelarver gitt betingelsene for varme og kalde perioder ved bruk av etablerte havmodeller, evt. i høyere oppløsning. Avhengig av kunnskap kan kråkebollelarvene gis ulike vertikale atferdsmønstre mht temperatur og salinitet. Resultatene vil fortelle oss om havstrømmer/ hydrografiske forhold er mulige årsaker til observerte etableringen av kråkeboller langs kysten))</p>
<p>Endringer i saltholdighet</p>	<p>Nei. (Vannkraftutbygging skjedde langs hele kysten, i perioden 1950-70 tallet. Vannkraftutbygging påvirker den estuarine sirkulasjonen i fjordene, og kan påvirke både strømmønster og saltholdig. Hvis haloklinen flyttes opp, har kråkebollene adgang over terskelen i fjorden.)</p>	<p>Nei. (Det er ikke dokumentert klare sammenhenger mellom endringer i saltholdighet og oppblomstring av kråkeboller. Derimot har også vannkraftutbygging også blitt utviklet i andre land (f eks California), der avrenningen har endret seg, i samme periode som det er observert nedbeiting av tareskog.)</p>	<p>Kanskje. (Hvordan vannkraftutbygging kan ha påvirket strømmønstrene, saltholdighet, og spredning av kråkebollelarver, kan testes ut ved bruk av strømmodeller. Slike modeller kan inkludere dannelsen av indre bølger og si noe om hvilke områder som vil være variable mht temperatur og salinitet, og som dermed vil kunne påvirke kråkebollenes evne til rekruttering og</p>



			overlevelse.)
<b>Introduserte arter</b>	Nei	Nei	Nei
<b>”Bottum-up” kontroll</b>			
Rekrutteringssuksess hos kråkeboller (dvs tap av rekrutteringskontroll)	Nei. (Den kalde perioden på slutten av 60-tallet er ansett som gunstig for kråkebollene. Men det er ikke dokumentert en spesielt høy tetthet av kråkebollelarver (i plankton eller nylig bunnslått) i denne perioden. Upubliserte undersøkelser av NINA på 90-tallet viste et høyt antall nylig bunnslåtte drøbakkråkeboller både i eksponerte tareskogsområder uten tilstedeværelse av voksne drøbakkråkeboller, og på nedbeita områder. På 90-tallet var det dermed vellykket rekruttering av små kråkeboller både i ytre og indre områder, som kunne ha etablert voksne bestander i også de ytre områdene dersom de ikke var blitt borte av ukjente årsaker. En teori støttet av funn fra USA er at tareskogen inneholder tilstrekkelig med mikropredatorer til å kontrollere kråkebollepopulasjonene. En stor produksjon av kråkebollelarver på 70-tallet kan ha ”overveldet” predatorene.)	Ja. (På Island ble nedbeitingen utført av en sterk årsklasse som samlet seg til en front, og som gradvis beitet seg innover i tareskogen.)	Delvis. Genetiske undersøkelser kan avsløre om oppblomstringen av kråkebollene skyldes rekrutteringssuksess hos en kildepopulasjon av kråkebollene.  Ulike hypoteser om spredningsveier for kråkebollelarver, basert på resultatene av de genetiske analysene kan testes ved bruk av strømmodeller som inkl drift av kråkebollelarver.
Rekrutteringssvikt hos tareplantene?	Nei. (Det er lite som tyder på dette, tareplantene rekrutterer jevnt og fra de er relativt små.)	Nei	Nei
Endringer i næringstilgang for algevekst?	Nei. (Lite sannsynlig.)	Nei	Nei
Sykdom/parasitter hos tareplantene?	Nei. (Forekomsten av endosymbiontiske diatomeer ser ikke ut til å føre til dødelighet hos	Ja. (Det er dokumentert at forekomst av sykdommer og	Nei

	tareplantene.)	parasitter kan føre til endringer i kråkebolletetthet og forekomst av tareskog. )	
--	----------------	---	--

### 2.3 Mulige årsaker til endringer av kråkeboller og tareskog de siste 20 årene

Hovedfaktorer som ble diskutert er endringer i temperatur pga klimaendringer og endringer i bestander av mulige predatorer på kråkeboller.

Temperatur er klart en viktig faktor for både tareplanter, kråkeboller og mulige predatorer på kråkeboller. Det er dokumentert at havet blir varmere, og at dette har ført til at den nordlige utbredelsesgrensen for sørlige arter har beveget seg nordover. I følge en oppdatering av tidligere utbredelsesgrenser for bunndyr har mer enn 600 arter flyttet seg nordover siden midten av 1990-tallet (Brattegard pers med). Temperatur påvirker både rekruttering, vekst og dødelighet til tareplantene og kråkebollene. I varme områder/perioder går prosesser raskere, i kaldere områder/perioder går de langsommere. Ved kalde temperaturer øker sannsynligvis også livslengden til både tareplantene og kråkebollene. Dette påvirker igjen populasjonsdynamikken til begge artene. Tettheten av kråkeboller som skal til for å beite ned et område med tareskog vil sannsynligvis påvirkes av vekstraten til tareplantene, som er dokumentert til å være høyere i grunne områder (pga av gunstige lysforhold for algevekst) og sannsynligvis også ved høyere temperaturer (en vil forvente økte vekstrater for tareplantene opp til en viss grenseverdi).

Taskekrabbe har økt i mengde i fra Trøndelag og nordover til Troms. Det fiskes rundt 500 tonn i Lofoten/Vesterålen per år. Dette er en art som er kjent for å spise voksne kråkeboller, og som kan være med å bidra til et kontrollerende predasjonstrykk på ”normale” bestander av kråkeboller. Dette er derfor en art som det er viktig å følge opp med tanke på den videre utviklingen av tareskog og kråkeboller. Det er lansert en teori om at når store fiskebestander blir fisket opp, tar krepsdyrene (hummer eller krabber) over. Dette betyr at overfiske kan være en medvirkende årsak til framveksten av taskekrabbe i Nord-Norge, i tillegg til de økte temperaturene i nordlige farvann.

Ærfugl kan være en viktig predator på kråkeboller i Nord-Norge, og må tas med i betraktning ved vurdering av endringer i tareskog- og kråkebolle-situasjonen i nord.

**Tabell 2.** Oversikt over mulige årsaker for endringene i forholdet mellom tareskog og kråkeboller som er observert fra 90-tallet og fram til i dag, og i hvilken grad disse sammenhengene er dokumentert for norske forhold, for andre land, eller er mulige å teste for norske forhold.

Mulige årsaker / Framsatte hypoteser	Dokumentert sammenheng i Norge? (Ja/Nei)	Dokumentert årsak i andre land (Ja/Nei)	Mulig å teste for norske forhold?
<b>Endringer i bestander av predatorer</b>			
Økning i antall taskekrabber	Nei. (Det er dokumentert en økning i mengde og en forflytning av taskekrabbe nordover, men noen sammenheng med gjenvækst av tare/makroalger er ikke dokumentert.)	Ja (USA)	Ja
Økning av kveitebestand	Nei. (Fiskere rapporterer om en økning i bestandene. Noen årsklasser har vært store. Men det er ikke dokumentert noen klar sammenhengen mellom kveite og redusert antall kråkeboller og gjenvækst av tareskog.)	Nei	Ja
Økning av andre arter?	Nei. (Ca 600 arter har forflyttet seg nordover langs norskekysten siden midten av 90-tallet (Brattgard pers med). Kolmule og makrell har beveget seg nordover. Kolmule kan være en art man bør overvåke, siden den kan være en god indikatorart for klimaendringer. På nedbeita områder er det enkelte steder mye fastsittende kalkalger som på kort sikt kan redusere tareplantenes evne til å rekolonisere et område. (Dette fordi kalkalgene kan løsne når tareplantene blir for store. Men året etter vil bunnforholdene kunne være gunstige mht overlevelse av tareplanter.) Sildebestanden er historisk høy i dag, men bestanden har endret sin utbredelse i forhold til tidligere.)	Ukjent	Ja. Det kan gjøres undersøkelser som kan dokumentere utviklingen av ulike arter, og videre i hvilken grad disse kan beite på kråkeboller.
Økning av leppefiskbestand	Nei. (Det er på feltarbeid observert en økning i tettheten til leppefisk på Vega og i Lofoten, men dette er ikke vitenskapelig dokumentert. Det er foreløpig ikke registrert leppefisk i Troms.)	Ukjent	Ja. Dette kan sjekkes ut ved feltundersøkelser.
Introduserte arter	Nei. (Det er dokumentert en spredning av kongekrabbe i	Nei	Ja. Dette kan følges opp ved

	Finnmark, men det er foreløpig ikke dokumentert noen nedgang i tettheten av kråkeboller eller tilhørende gjenvest av tareskog pga kongekrabbe.)		feltundersøkelser.
Endringer i artssammensetning en til assosiert makrofauna – Økt predasjonstrykk på kråkebollene?	Nei.	Ja (USA, Canada)	Ja. (Kan undersøke forskjeller i artssammensetningen til assosiert makrofauna i områder uten kråkeboller med områder der tareskog er under nedbeiting.)
<b>Endringer i klima</b>			
Konsekvenser av økt sjøtemperatur	Nei. (Temperaturøkning er dokumentert. Den direkte koblingen til reduserte tettheter av kråkebollebestander er ikke dokumentert.)	Indirekte (Canada, parasitt)	Ja. Ved feltstudier og supplerende labundersøkelser.
Endring av havstrømmer	Nei. (Data, f. eks. fra HI, vil kunne gi et bilde av kyststrømmen på 90-tallet og tidligere, og dette kan eventuelt sammenholdes med endringer i forholdet mellom tareskog og kråkeboller. Modeller med høy romlig oppløsning kan brukes til å gjøre eventuelle hindcast- og forecast-studier.))	Ukjent	Ja. (Strømmodeller gitt endringer i klimaparametre vil kunne fortelle om havstrømmene har endret seg, og koblet til spredningsmodeller for kråkebollelarver vil en få informasjon om endringer i spredningsmønsteret til kråkeboller i dag kontra på 70-tallet.)
Endringer i saltholdighet	Nei. Det er dokumentert at vannkraftutbygging har endret sesongvariasjonene i ferskvannsavløp til norske fjorder og kystfarvann. Det har utjevnet saltholdighetsvariasjonene og endret habitatene for både larver og bunnlevende stadier av kråkeboller, men det er ikke utført forskning som dokumenterer	Ukjent	Ja. (Strømmodeller kombinert med statistikk for ferskvannsavrenning fra land vil kunne svare på dette.)

	effekter på tareskog og kråkeboller		
Endringer i lagdelingen til vannsøylen	Nei	Ukjent	Ja, som over.
<b>Bottum up kontrollert?</b>			
Rekrutteringssvikt hos kråkeboller?	Ja. (Forskningsrådprosjektet Restore viser at det er rekrutteringssvikt for drøbak-kråkebollen ved Vega i Nordland, men fortsatt god rekruttering i Finnmark.)	Ukjent	Ja.
Rekrutteringssuksess hos tareplantene?	Nei. (Det er ikke gjort noen undersøkelser som viser endringer i rekrutteringssuksess hos tareplantene.)	Nei	Ja.
Endringer i næringstilgang for algevekst?	Nei. (Lite trolig.)	Nei	Ja
Sykdom / parasitter hos kråkebollene?	Ja. (Parasitter, f eks nematoden <i>Echinomermella matsi</i> , kan periodevis forekomme i en stor andel av kråkebollepopulasjonen (dvs høy prevalens). Men parasitten er blitt vist å ha liten effekt på kråkebollenes overlevelse over større områder.)	Ja (Canada)	Ja.

## 2.4 Undersøkelser som belyser årsakssammenhenger

De viktigste og mest relevante arbeidene med hensyn til tareskog og kråkebollenedbeiting er inkludert i bakgrunnsdokumentene som ble sendt ut i forkant av workshopen (jf **Kap. 1**). Disse er supplert med nyere arbeid og inkludert i referanselisten bakerst i rapporten.

## 2.5 Kunnskapsstatus om tareskog og kråkeboller for norske kystvann, inkludert Svalbard.

### 2.5.1 Fastlands-Norge

Hovedspørsmål som ble diskutert var:

- Hvor har vi observasjoner?
- Når er disse observasjonene gjort?
- Hvor er det skjedd endringer?
- Hvor er det ikke skjedd endringer?
- For hvilke områder mangler vi kunnskap om status for 40 år siden?
- For hvilke områder mangler vi kunnskap om dagens status?
- Hva er det som skiller stedene med og uten endring?
- Er utviklingen ensrettet eller skjer det en fortsatt veksling mellom nedbeitet og ikke nedbeitet bunn i områder med endringer?

NIVA ga en oversikt over områder i Nord-Norge der det gjennom litteraturen og via NIVAs nyere undersøkelser finnes kvantitative data for tetthet av kråkeboller på spesifisert dyp og med god stedsangivelse. (**Figur 2**). Sammenstillingen av disse dataene ble gjort tilknyttet et prosjekt NIVA har hatt for Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond, der det ble laget oversikt over ressursgrunnlaget for høsting av kråkeboller. Studiene som gir grunnlag for oversikten i figuren er gitt i **Tabell 2**.

Inntrykket er at en har få kvantitative, steds- og dybdespesifikke data for tettheten av kråkeboller i Troms og Finnmark på begynnelsen av 80-tallet. På 90-tallet ser det ut som en har slike data for hele området unntatt Finnmark. Etter 2005 er det hovedsakelig områdene ved Vega (Nordland) og Porsangerfjorden (Finnmark) som er dokumentert i rapporter mht tettheten av kråkeboller. Knut Sivertsen informerte om at han har mange nye registreringer av kråkebolletetthet i Finnmark som ikke er tatt med i denne sammenstillingen. Ut fra Sivertsens undersøkelser er det ikke skjedd noen nedgang i mengden av drøbak-kråkebollen i Finnmark siden 1980-tallet. Sivertsen har også regelmessig fulgt opp stasjoner ved Frøya, som fortsatt er nedbeitet. Dette er stasjoner som sannsynligvis er egnet som habitat for sukkertare, eventuelt blandingsskog av tare, og ikke tilstrekkelig eksponerte for dominans av stortare.

I tillegg til kvantitative kråkebolldata finnes det en god del semi-kvantitative observasjoner av tilstanden til tareskog og nedbeitet bunn, særlig fra Trøndelag og nord til polarsirkelen. Disse er ikke inkludert i **Figur 2**.

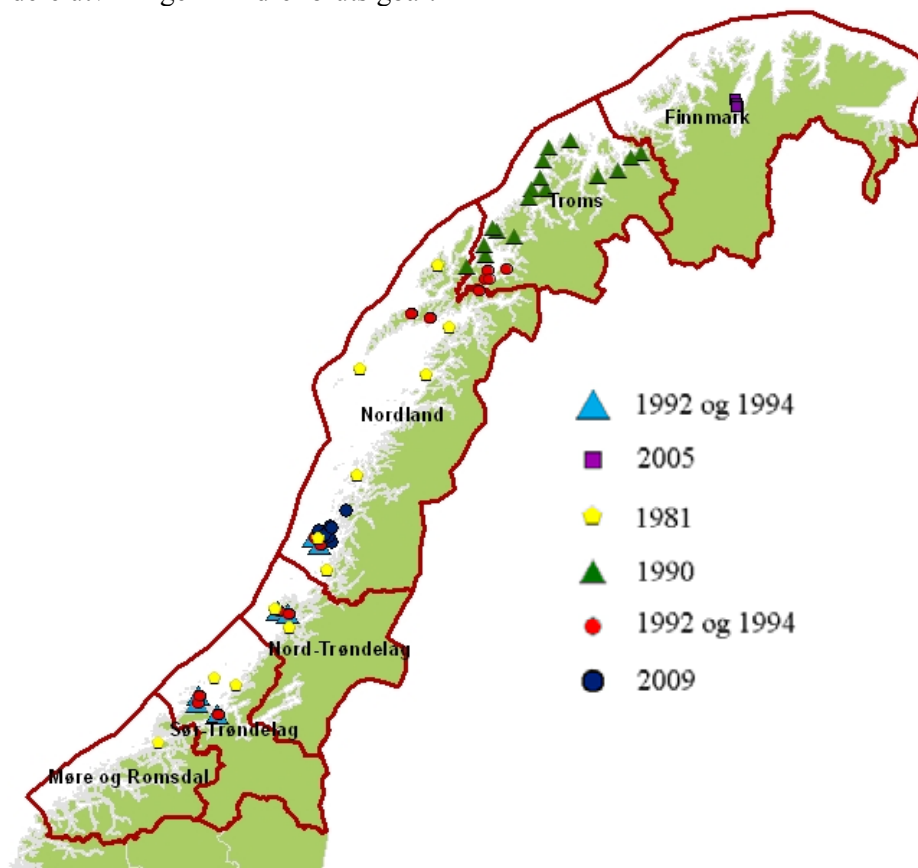
Områder med manglende kunnskap om dagens situasjon er hovedsakelig området nord for polarsirkelen og videre til Finnmark. Gjennom tareskogskartleggingen i det nasjonale kartleggingsprogrammet er det gjort observasjoner av høyere tetthet av kråkeboller i nord sammenlignet med sørlige deler av Troms, men det er ikke gjort systematiske undersøkelser for å

avdekke hvor den nordlige grensen for endringer ser ut til å forekomme. På enkelte av lokalitetene der det ikke ble observert kråkeboller var det ikke skjedd gjenvekst av tare. Det er heller ikke gjort systematiske undersøkelser for å fastsette hvor grensen mellom nedbeiting og tareskog går langs ytre – indre gradienten i dette området.

I det sørlige området fra Trøndelag til polarsirkelen, der det er dokumentert at kråkebollene er forsvunnet fra tidligere nedbeitede lokaliteter, finnes det fortsatt områder på mer beskyttede lokaliteter som er dominert av kråkeboller. Enten i form av ”lommer” i områder med tareskog, eller inne i fjorder. Hvor vanlige og forutsigbare disse lommene er, og om det er en relativt fast grense mht fysiske forhold som danner grensen for kråkebolledominans i fjorder er ikke undersøkt.

I følge Jostein Vea (FMC) beiter drøbakboller ned tareplanter (sannsynligvis av sukkertare) i Førlandsfjorden i Rogaland. Kjersti Sjøtun rapporterte også om funn av store forekomster av drøbakboller innenfor Osterøya i Hordaland. Funnene viser at det er behov for undersøkelser av forholdet mellom tareskog og kråkeboller også sør for Trøndelag.

Det er dokumentert at det skjer en veksling mellom tareskog og nedbeitet bunn i områder ved Vega (Leinaas/Christie). For andre områder har den reetablerte tareskogen holdt seg stabil over flere år (f eks områder sør for Vega). Forekomsten av lommer med nedbeitet bunn, og kråkebolledominerte områder på beskyttede lokaliteter i hele det sørlige området som en har observert reetablering av tareskog i, gjør den videre utviklingen mindre forutsigbar.



**Figur 2.** Oversikt over områder med data for tetthet av kråkeboller, på spesifisert dyp og med god stedsangivelse. (Fra Gundersen, m.fl. 2010).

**Tabell 2.** Referanser til studiene vist i Figur 2, hvor det samlede datamaterialet er hentet fra og hvilke fylker og kommuner de representerer.

År	Fylker	Kommuner	Referanse
1981	Møre og Romsdal Sør-Trøndelag Nord-Trøndelag Nordland	Aure Frøya, Bjugn Namsos, Vikna Sømna, Vega, Lurøy, Bodø, Hamarøy, Værøy, Øksnes	Sivertsen (1982)
1990	Troms	Sortland, Bjarkøy, Tranøy, Torsken, Tromsø, Lyngen, Nordreisa, Kvænangen, Karlsøy	Sivertsen (1991)
1992 og 1994	Sør-Trøndelag Nord-Trøndelag Nordland Troms	Agdenes, Frøya Vikna Vega, Vågan, Tjeldsund Harstad, Ibestad	Skadsheim m.fl. (1993)
1992 og 1994	Sør-Trøndelag Nord-Trøndelag Nordland	Agdenes, Frøya Vikna Vega	Christie & Rinde (1995)
2005	Finnmark	Porsanger	Christie m.fl. (upubl.)
2009	Nordland	Vega, Herøy	Rinde m.fl. (upubl.)

Generelt har vi mest kunnskap om tareskog, tareplanter og kråkeboller som lever på 5 m dyp og på moderat bølgeeksponerte lokaliteter. Vi mangler kunnskap om både innflytelsen av dyp (indirekte faktor for f. eks. lys), eksponering for bølger og strøm og interaksjonen mellom de ulike miljøfaktorene.

Sukkertareprosjektet (Moy et al. 2009) og aktiviteter knyttet til dette har ført til en god del kunnskap rundt sukkertarens utbredelse og ulik vekstrate på ulike dyp. Men også for sukkertare mangler det kunnskap om innvirkningen av eksponering for bølger og strøm.

Vi mangler også kunnskap om andre tarearters utbredelse med hensyn til viktige faktorer som dyp og eksponering for bølger og strøm, og hvordan klimaendringene har påvirket deres utbredelse. Det siste er særlig relevant for draughtare som tidligere har hatt sin nordgrense på Helgelandskysten. Det er uklart hvor denne grensen går i dag. Det er ikke observert draughtare under kartlegging av tareskogsområder i Troms de to siste årene.

Vi mangler også kunnskap om konkurranseforhold mellom tareplanter som sukkertare og stortare. Kan det være at sukkertaren får større utbredelse når stortare er borte?

Det foreligger observasjoner av antatt stor dødelighet hos stortare sør for Stadt i 1997 (Jostein Veia, FMC). Dette var et varmt år. Det ble ikke observert tilsvarende dødelighet nord for Stadt. Dødeligheten er observert gjennom redusert mengde høstet tare i denne perioden. Hva som er den direkte årsaken til nedgangen i høstet taremengde dette året er ikke undersøkt, og om det eventuelt er en direkte eller indirekte effekt av temperatur er ukjent. HIs overvåking av tareskog tilknyttet taretråling i Sør-Norge startet opp i 2004 og omfatter dermed ikke endringer i tilstanden til tareskog på slutten av 90-tallet. Men som i 1997 var sommeren 2006 ganske varm. Undersøkelser som ble utført i mai 2007 viste at tilstanden i tareskogen fra Vest-Agder til Nord-Trøndelag var meget bra, og det ble ikke observert noen endringer i plantestørrelse, tetthet og rekruttering som kan tilskrives den varme sommeren i 2006.

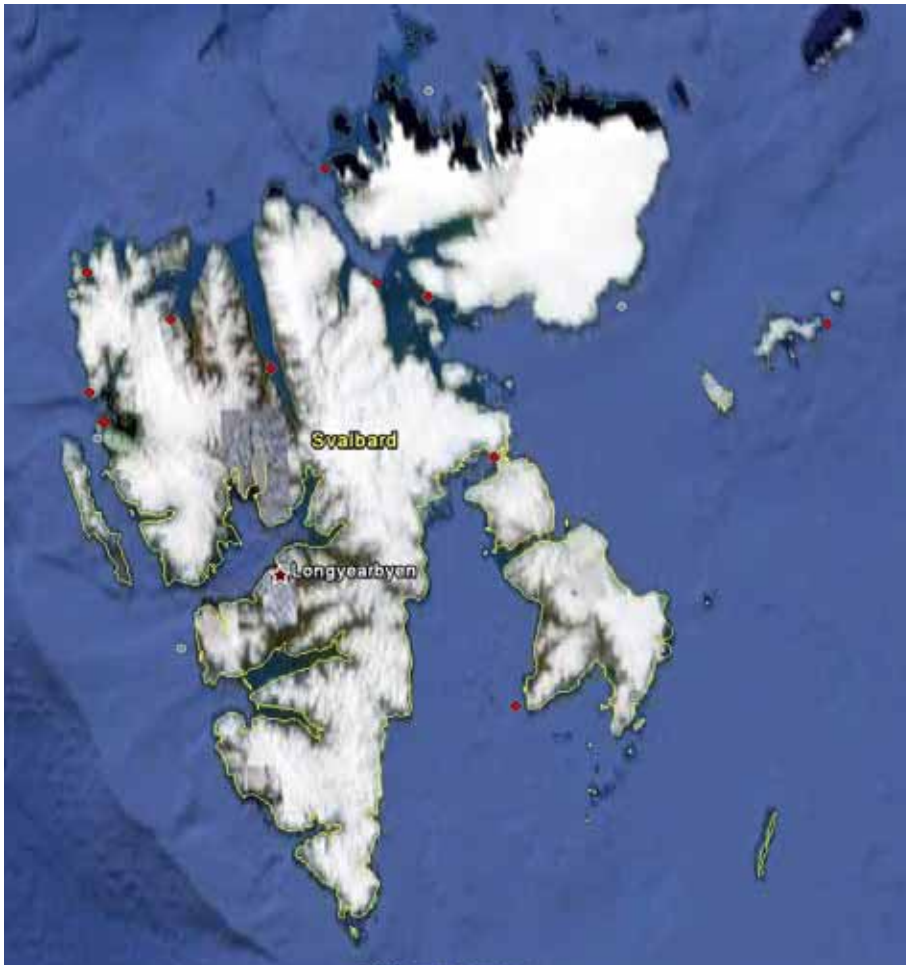


## 2.5.2 Svalbard

Det er gjort gode beskrivelser av observasjoner fra gamle ekspedisjoner til Svalbard. Blant annet er det beskrevet nedbeitet tareskog på grunn av kråkebollebeiting for ca 150 år siden. Kvaliteten på stedsbeskrivelse og dataene for disse eldre undersøkelsene må vurderes nærmere.

Generelt er det liten kunnskap om utbredelsen til tareplanter ved Svalbard. Det er foreløpig ikke avklart når kartleggingsprogrammet av marine naturtyper vil inkludere Svalbard. Tarevegetasjon i nyere tid er registrert av UNIS, Universitetet i Tromsø (**Figur 3**) og Universitet i Oslo (UiO). UiO har bl.a. registrert tareplanter på 6 steder i Isfjorden (Kapp Linné, Grumant, Floskjær, Kapp Thordsen, Bohemmanneset og Gåsøyene). På alle disse stasjonene ble det registrert store forekomster av tare i form av blandingsskog av sukkertare, butare, fingertare og bladtare. Store, flotte planter indikerer gode vekstforhold. Andre steder langs Svalbard finnes tarearten *Laminaria solidungula*, som er en endemisk art for Arktis. Enkelte steder i Isfjorden som ved Floskjæret, ble det også observert tildels store forekomster av kråkeboller som tydelig beitet tare. Flekker med og uten tare ble observert og flekker uten tarevegetasjon hadde høy tetthet av kråkeboller.

Isskuring er et klart problem for tareplantene på grunne områder og nær kysten. De lave temperaturene er også ugunstige i forhold til vekst og overlevelse av tareplanter. Endringer i saltholdighet pga snøsmelting kan sannsynligvis også være et problem for tareplantene ved Svalbard.



**Figur 3.** Oversikt over Svalbard og registreringer av blandet tareskog utført av UNIS og Universitetet i Tromsø.

### 3. Behov for kunnskap og overvåking for å forutsi utviklingen av tareskog og kråkebollebeiting

Gruppen diskuterte kunnskapsmanglene med hensyn til autøkologi, populasjonsdynamikk og spredningsbiologi for å kunne forutsi utviklingen til tareplantene og kråkebollene (oppsummert i **Tabell 3**) og kunnskapsmangler rundt de ulike systemtilstandene en kan ha i vekslingen mellom tareskog og nedbeitet tareskog (oppsummert i

**Tabell 4**). Tareskogens evne til å motstå effekten av forstyrrelser ("resistence") og evnen til å restituere seg etter forstyrrelser ("resilience") er viktige egenskaper som vi også trenger kunnskap om. **Tabell 5** gir oversikt over hva vi mener vi har av kunnskap om disse egenskapene til tareskog og nedbeitet områder, og hvor det er kunnskapsmangler. Sentrale spørsmål er:

- Hvordan vil disse egenskapene påvirkes av høsting (naturlig og menneskeskapt høsting av tareplanter og høsting av arter som er avhengige av tareskogens produksjon) og framtidige klimaendringer?
- Hvorfor blir ikke tareskogen i de ytre områdene beitet ned av kråkeboller?
- Hvilke undersøkelser vil kunne bidra til svar på dette spørsmålet?

Til slutt diskuterte gruppen strategier for overvåking av utviklingen av tareskog og kråkebollebeiting, og hvilke områder som bør prioriteres.

Generelt mener gruppen at det er viktig å identifisere de viktigste påvirkningsfaktorene til de ulike livsstadiene til tareplantene og kråkebollene, og eventuelt hvordan disse påvirkningsfaktorene virker sammen på sentrale prosesser som vekst, rekruttering og dødelighet. Det er også viktig å identifisere nøkkelarter blant makrofauna og flora i tareskogen, og hvordan disse påvirkes av ulike påvirkningsfaktorer.

#### 3.1 De viktigste kunnskapshullene

Det er generelt lite kunnskap om hvordan de følgende faktorene påvirker tareplantene og kråkebollenes populasjonsdynamikk:

- **dyp** (indirekte faktor for f. eks. lys, påvirker både vekst, rekruttering og dødelighet til tareplantene, og dermed næringstilgangen til kråkebollene, og svekket grad av bølgepåvirkning),
- **eksponering for bølger og strøm** (påvirker tilgjengelighet for næring og lys og dermed vekst og utvikling hos tareplantene, i tillegg til at faktorene påvirker i hvilken grad tareplantene blir utsatt for drag og løsrivelse. Dette påvirker videre næringstilgangen til kråkebollene både i form av fastsittende alger og som løsevne algebiter. Disse faktorene vil i tillegg ha en direkte påvirkning på kråkebollene og deres valg av leveområder gjennom drag-kreftene disse skaper.)
- **breddegrad** (indirekte faktor for temperatur og lystilgang / variasjon i lystilgang – og som dermed påvirker både vekst, rekruttering og dødelighet til tareplanter – og videre næringstilgangen til kråkebollene. I tillegg vil temperatur ha en direkte påvirkning på kråkebollenes vitale prosesser.)

Et sentralt spørsmål som trenger avklaring er alderen til de voksne tareplantene og kråkebollene på ulike leveområder og i ulike økoregioner. Det foreligger indikasjon på at stortaren stopper å sette av vekstringer etter at de har vokst inn i canopy-sjiktet (dvs topp-sjiktet av lamina, som er bladene til de voksne tareplantene). Hvis dette er tilfelle, så vil de eldste plantene være mye eldre enn vi tror. Feiltolkning av alderen til de store plantene vil ha store konsekvenser for vår kunnskap om restituering av assosiert biologisk mangfold etter f.eks taretråling og stormhendelser i tareskog. Det er også stilt spørsmålstegn til metoden for aldersbestemmelse av kråkeboller. For å avklare den reelle alder til de voksne tareplantene og kråkebollene, trengs det oppfølging av områder over lang tid der en følger utviklingen til merkede individer av både tare og kråkeboller.

I tillegg er det generelt stor kunnskapsmangel om spredningsbiologien til alle artene, både for tare- og kråkebolleartene. Simulering av larvedrift av kråkeboller gitt dagens utbredelsesmønster av kråkeboller vil gi kunnskap om dagens spredningsmønster og potensialet for masseoppblomstring. Situasjonen med hensyn til opprettholdelse av bestandene til kråkebollene er sannsynligvis mye bedre i dag enn de var på 70-tallet, da kråkebollene hovedsakelig forekom inne i fjordene, eller i lave tettheter på kysten.

Vi har lite kunnskap om genetisk diversitet til tareplanter og kråkeboller. Siden høy genetisk variasjon ofte er relatert til større toleranse for endringer i miljøforhold er dette interessant å få undersøkt for de viktigste artene som er involvert i nedbeiting av tareskog. De sentrale artene er tareartene stortare og sukkertare, og kråkebollene *Strongylocentrotus droebachiensis* og *Echinus esculentus*. Av disse har stortare og drøbak-kråkebollen størst prioritet mht kunnskapsutvikling. Det er uklart om det finnes klart genetisk atskilte varianter av tarer i Norge. Dette er det nødvendig å få mer kunnskap om.

**Tabell 3.** Kunnskapsmangler for autøkologi og spredningsbiologi til relevante tare- og kråkebollearter langs norskekysten.

Art /	Utbredelses- mønster	Prosess/egenskap Vekst, Rekruttering, Dødelighet, Livslengde Spredningsbiologi	Påvirknings- faktorer: Temperatur, Lys, Næring, Bølge- /strømeksponeering, Saltholdighet	Geografiske områder med kunnskapsm angel	Prioritet (Høy, Middels, Lav)
<b>Tareplanter / generelt</b>	Vi har generelt god kunnskap om utbredelsen av ulike tarearter langs ulike gradienter som dyp, bølge-eksponering og breddegrad. Lite kunnskap i forhold til strøm og interaksjoner mellom miljøfaktorer	Vi har stort sett kunnskap om disse prosessene fra dykkeundersøkelser på 5 m dyp. Vi trenger å følge utviklingen til tarepopulasjoner over tid i områder som dekker ulike miljøgradienter, for å få god kunnskap om populasjonsdynamikk en til tareplantene gitt ulike miljøforhold. Det er generelt kunnskapsmangel om spredningsbiologien til alle tareartene.	Vi har mye data på 5 m dyp og på moderat bølgeeksponerte lokaliteter, og lite data på tvers av flere miljøgradienter. Vi mangler kunnskap om vekstrater, rekruttering og dødelighet på tvers av ulike kombinasjoner av miljøgradienter. Vi trenger mer kunnskap om påvirkningen av strøm, lys, næring, og temperatur, samt interaksjonene. Vi mangler	Vi har lite kunnskap om tareplanter på strømrrike og bølgeutsatte lokaliteter. Særlig lite kunnskap og data om tareskog i Finnmark.	

			kunnskap om toleransegrenser for ulike miljøfaktorer.		
Stortare	God kunnskap. Men lite kunnskap om effekten av strøm og interaksjoner mellom miljøfaktorer	Som over. Vi er usikre på om canopyplanter hos stortare kan være eldre enn antall vekstringer tilsier.	Som over.	Finnmark	Høy
Sukkertare	Lite kunnskap om sukkertarens utbredelse i Nord-Norge	Har data fra flere dyp på Sørlandet og Vestlandet, men lite på tvers av eksponeringsgrader og videre nordover	Som over. Det er gjort nye studier av hvordan dyp og temperatur påvirker veksten til sukkertare i lab- og feltstudier. Vi mangler kunnskap om hvordan bølgeeksponering påvirker ulike livsprosesser hos sukkertare	Nord-Norge	Høy
Bladtare	I liten grad kartlagt. Nordlig art.	Det mangler populasjonsdynamiske undersøkelser.	Er i liten grad undersøkt både i felt eller via lab-undersøkelser.	Finnmark	Middels
<i>L. solidungula</i>	Finnes kun på Svalbard. Utbredelsen er ikke kartlagt	Det mangler populasjonsdynamiske undersøkelser.	Er i liten grad undersøkt både i felt eller via lab-undersøkelser	Svalbard	Liten
Draughtare	Kan følges for å se på forflytning nordover pga klimaendringer	Det mangler populasjonsdynamiske undersøkelser.	Er i liten grad undersøkt både i felt eller via lab-undersøkelser	Nordland, Troms, Finnmark	Liten
<b>Kråkeboller / generelt</b>	Vi har dårlig kunnskap om utbredelsen til kråkeboller sør for Trøndelag, inne i fjordene. Det foreligger heller ikke kunnskap om	Flekkvis fordeling og stor variasjon i tetthet og størrelsesfordeling langs ulike miljøgradienter stiller strenge krav til innsamlingsdesign. Det er uklart om vi kan være sikre på aldersbestemmelsen av store kråkeboller. Vi vet heller ikke	Det er uklart hva som er de viktigste påvirkningsfaktorene for utbredelse av kråkeboller, og for vekst og utvikling for de ulike livsstadiene. Vi har lite kunnskap om beiteraten til kråkeboller ved ulike temperaturer.	Vi har gode data for populasjonsutviklingen til kråkeboller ved Vega, i nedbeita områder og i tareskog under nedbeiting fra årene	

	<p>hvordan larver spres med strømsystemer og hvilke faktorer som får larvene til å avslutte det planktoniske stadiet og bunnslå seg.</p>	<p>hvordan gytetidspunktet varierer langs kysten og langs ytre-indre gradienten. Vi vet ikke hva som trigger gytingen, hvor lenge gytingen varer, og hvor ofte de kan gyte. Vi vet heller ikke hvor lenge yngelen lever i pelagialen. Lavere temperaturer mot nord vil sannsynligvis forlenge tiden i plankton. Forskjellige opplysninger om oppholdstid i plankton i litteraturen kan skyldes dette. Gyteperioden har vært sett i sammenheng med planktonoppblomstringen om våren, vanntemperatur, samt de årstids-avhengige forandringene i døgnlengde.</p>	<p>Vi vet ikke i hvilken grad endringer i saltholdighet ved utløpet av terskelfjorder er med på å styre utviklingen og spredningen til kråkebollepopulasjoner.</p>	<p>1990-1994 (NINA)</p> <p>Og fra Frøya (Trøndelag) og ved enkelte lokaliteter i Finnmark (Høgskolen i Finnmark)</p> <p>Ellers mangler det kunnskap om populasjonsdynamikken til kråkeboller.</p>	
S.d	<p>Generelt god kunnskap om utbredelsesmønsteret til S.d fra Trøndelag og nordover, langs breddegrad og dybde. Mindre oversikt over utbredelsen langs ytre-indre gradienten.</p>	<p>Som over.</p> <p>Betydningen av kannibalisme for artens populasjonsdynamikk på nedbeita områder er ikke kjent.</p> <p>S.d og S.p kan være vanskelig å skille. Finnes det klare kjennetegn for å skille artene i felt?</p>	<p>Som over. Larvene tåler ikke temperaturer over 10-12 °C, så arten vil klart være sårbar for temperaturendringer pga endringer i klimatiske forhold i perioden rundt gytetidspunktet, mars/april, de ca to månedene med spredning i vannsøylen, og sannsynligvis de første månedene etter bunnslåing.</p> <p>Det er dokumentert at kråkebollens fysiologi ikke er</p>	<p>Vi vet ikke hvorfor S.d ikke klarer å etablere tette bestander i bølgeeksponerte områder.</p>	Høy

			<p>tilpasset varierende saltholdighet men vi har ikke kunnskap om hvordan variasjoner skapt av tidevann og indre bølger eventuelt kan begrense kråkebollens utbredelse i fjordene og langs kysten.</p> <p>Vi kjenner effekten av temperatur, størrelse, sesong, og individtetthet på gonadeutvikling, men ikke hvordan ulike temperaturregimer påvirker populasjonsdynamikken til kråkeboller.</p> <p>Arten finnes i poller i ytre områder, så mer kunnskap om opprettholdelse av disse og mulig spredning av disse på tvers av eksponeringsgrenser er nødvendig</p>		
S.p.	Lite kunnskap om utbredelsen til arten, men ser ut til å leve dypere enn S.d (registrert ned til 1600 m dyp), og i mer nordlige farvann.	Generelt lite kunnskap om artens biologi og populasjonsdynamikk	Lite kunnskap om hvordan biologien og populasjonsdynamikken påvirkes av ulike faktorer.	Generelt lite kunnskap om arten langs hele kysten.	Lav
E.e	Lite kunnskap om utbredelsen til arten.	Ofte mye av arten i reetableringsperioden etter nedbeiting. Vi vet lite om rollen til arten under nedbeiting, og interaksjonen mellom S.d. og E.e. og evt	Har bølgeeksponering noe å si for hvilke kråkebollearter man finner i en nedbeitingssituasjon? Når det skjer nyrekruttering av	Generelt lite kunnskap langs hele kysten, men viktigst å avklare rollen i området	Høy

		andre kråkebollearter. E.e. forekommer ikke i de samme høye tetthetene som S.d, men kan være en effektiv beiter på tarerekutter. Et interessant spørsmål er på hvilke måter de to artene skiller seg mht populasjonsdynamikk.	tareplanter etter nedbeiting, får E.e en rolle da? Er rollen / innflytelsen påvirket av geofysiske faktorer?	Trøndelag og nordover.	
<b>Andre nøkkelarter</b>					
Taskekrabbe	Utbredelsen er godt kjent.		Utviklingen av bestanden med hensyn til klimaendringer er ukjent og viktig å få oversikt over.	Viktig art å følge opp i Trøndelag og nord til og med Troms	Høy
Kongekrabbe	Utbredelsen er godt kjent.		Utviklingen av bestanden med hensyn til klimaendringer er ukjent og viktig å få oversikt over.  Er det en interaksjon med torsk, slik at den tar over der torsken forsvinner?	Foreløpig kun relevant å følge opp i Øst-Finnmark	Høy
Kysttorsk	Utbredelsen er godt kjent.		Utviklingen av bestanden med hensyn til klimaendringer er ukjent og viktig å få oversikt over.	Relevant å følge opp langs hele kysten	Høy
Steinbit	Dagens utbredelse og forekomst er lite kjent				Lav
Rødspette	Dagens utbredelse og forekomst er lite kjent				Lav
Leppefisk	Dagens utbredelse og forekomst er lite kjent		Utviklingen av bestanden med hensyn til klimaendringer er ukjent og viktig å få oversikt over.	Er på vei mot nord – viktig å følge opp effekten mht overgroing av tareplanter	Høy

			Er det en interaksjon med torsk, slik at den tar over der torsken forsvinner?		
Kveite	Utbredelsen er kjent.				Lav
Ærfugl	Har kunnskap om utbredelsen til arten			Har kunnskap om hvor ærfuglen beiter og beitetrykket til ærfugl på kråkeboller	Lav

**Tabell 4.** Kunnskapsmangler med hensyn til de ulike systemtilstandene en kan ha for tareskog nedbeitet bunn ved norskekysten.

<b>Systemtilstand</b>	<b>Egenskaper til tareskogen mht "resistance / resilience": Stabil, Ustabil, Usikker</b>	<b>Påvirkningsfaktorer: Temperatur, Lys, Næring, Strøm, Bølgeeksponering</b>	<b>Geografiske områder som egner seg for feltstudier av tilstanden</b>	<b>Viktighet? (Høy, middels, liten?)</b>
<i>Stortareskog</i>				
Stortareskog uten kråkeboller	Stabil tilstand	Hvilke faktorer som hindrer etablering av S.d i disse områdene er ukjente.	Vega, har mye data fra området fra tidligere. Finnmark – stasjoner som tidligere er undersøkt av Sivertsen	Høy
Stortareskog under nedbeiting	Ustabil tilstand. Dette er overgangsområder med interaksjoner mellom tare og kråkeboller	Områder med dårlig vekst er sannsynligvis mer ustabile enn områder med gode vekstbetingelser. Dette er ikke dokumentert i felt.	Vega, har mye data fra området fra tidligere.	Høy
Nedbeitede stortareområder	Stabil tilstand	Vi har noe kunnskap om hvor grensen mellom nedbeitet og ikke nedbeitet tareskog går sør for polarsirkelen (på grensen mellom eksponerte og middels eksponerte områder). Men det trengs mer detaljerte studier for å se f. eks. interaksjon mellom miljøgradienter. Hvor	Vi har relativt god kunnskap om populasjonsdynamikken til kråkeboller på nedbeita områder i Sør-Norge. Finnmark vil egne seg for studier av stabile forhold lengre nord.	Lav



		grensen går lenger nord er ikke undersøkt.		
Reetableringsområder for stortare	Ustabil tilstand. Den videre utviklingen er avhengig av evnen til å holde kråkebolletettheten lav.	Påvirkningen av miljøfaktorer innflytelse på makroalger og kråkebollet i gjengroingsområder er ikke kjent.	Vega, og Troms. Vega – fordi vi har mye kunnskap fra dette området. Troms – for å følge opp det som skjer i nord-grensen for reduksjon av kråkebolletetthet og reetablering av kråkebollet	Høy
<b>Sukkertareskog</b>				
Sukkertareskog uten boller	Stabil i den forstand at det er lite beiting og god rekruttering. Vet man om det har vært sukkertare på enkelte lokaliteter ”alltid”?	Mangler informasjon om hvordan ulike miljøfaktorer interagerer, ofte holder man alle variable konstant bortsett fra den ene man tester. Vi trenger mer kunnskap om interaksjoner.	Lite kunnskap om sukkertareskoger i nord. Vet ikke om mange som har gjort noe på dette. Vet lite om regionale forskjeller her.	Høy
Sukkertareskog under nedbeiting	Er dette observert? Av hvem? Sannsynligvis en ustabil tilstand tilsvarende som for stortare.	Det er antatt at sukkertare er nedbeitet i fjordområder. Sukkertare er en foretrukket tareart for drøbak-kråkebollet. Områder med dårlig vekst er sannsynligvis mer ustabile enn områder med god vekst.	Lokaliteter med sukkertare som ligger i områder med store tettheter av S.d. Trøndelag / Nordland?	Høy
Nedbeitet sukkertareskog	Stabil	Det er uklart hvor sukkertareskog er blitt nedbeitet.	Sør i Nordland	Høy
Gjengroingsområder for sukkertare	Ustabil	Det er uklart hvor sukkertareskog er i ferde med å reetablere seg.	Sør i Nordland	Høy

## 3.2 Strategier for overvåking og valg av prioriterte områder

Vi diskuterte strategier for overvåking og hvilke områder som vil egne seg for overvåking av den videre utviklingen av tareskog og kråkebollebeiting. Forslag til hvilke egenskaper til tareskogen og kråkebolledominert bunn som bør overvåkes ble tatt opp i etterkant av workshopen.

Det er stor mangel på kunnskap om omfanget av nedbeitingen i nordlige del av Nordland, Troms og Finnmark per i dag. Vi har bedre oversikt over endringene som har skjedd i den sørlige delene, fra Trøndelag og nord til ca polarsirkelen. Endringene nord-sør, og langs ytre-indre gradienten som skjer nå gir gode muligheter til å gjøre undersøkelser som kan belyse årsakene til endringene som skjer. Hovedmomenter:

- Det skjer endringer i forholdet mellom stortareskog og kråkeboller nå, i området mellom Vega og Troms, og langs ytre-indre gradienten i det samme området.
- Dette må følges opp med undersøkelser raskt for å kunne skaffe kunnskap om hva som skjer, og hvorfor endringene skjer. Vi må unngå å komme i samme situasjon som på 80-tallet da det var for sent å finne ut av årsakene til oppblomstringen av kråkeboller på 70-tallet.
- Det er viktig å etablere stasjoner som kan fange opp forskjeller i ulike miljøfaktorer for den videre utviklingen. Dette siden det er viktig for å få kunnskap om hvordan f. eks. økt temperatur eller eksponering (f. eks. mer storm) pga klimaendringene vil påvirke den videre utviklingen
- Det er viktig å fange opp hvor rekrutteringen til kråkebollepopulasjonene kommer fra (samme populasjon i ytre områder med rekruttering fra felles sted eller rekruttering fra ulike fjorder)
- Det er videre viktig å fange opp eventuelle endringer i tettheten til viktige predatorer på kråkeboller (som ulike fiskarter, taskekrabber, kongekrabbe og makrovertebrater)
- Det er viktig å identifisere de viktigste påvirkningsfaktorene for tareskog og kråkebolledynamikken, og inkludere områder som fanger opp disse (inkludert interaksjonene) på en tilstrekkelig måte

### 3.2.1 Hvor bør det settes inn overvåking?

Et overvåkingsprogram for tilstanden til tareskog og kråkeboller må sannsynligvis tilpasses foreliggende forslag til overvåking av biologisk mangfold i kystsonen (Oug og Olsgaard, 2005), samt eksisterende overvåkingsprogrammet. I dette forslaget legges det opp til undersøkelser av tilstanden til ulike samfunnstyper langs en rekke transekter som skal fange opp regionale forskjeller og ytre/indre gradienten.

For tare-kråkebolleproblemstillingen er det imidlertid viktig å kunne følge opp stasjoner som en har kunnskap om tilstanden for tilbake i tid. Dette gjelder en rekke stasjoner som er undersøkt av NIVA (tidligere NINA-ansatte nå forskere på NIVA) og Knut Sivertsen (HiF).

### 3.2.2 Parametre som bør overvåkes på de valgte stasjonene

I tareskogsområder må følgende parametre overvåkes:

- Tareplanter: tetthet (antall, størrelse og biomasse), størrelsesfordeling og aldersfordeling
- Kråkeboller: tetthet (antall, størrelse og biomasse), størrelsesfordeling og aldersfordeling

Dette for å fastsette vekstrater, rekrutteringsrater og dødelighetsrater, og eventuelle endringer i disse.

I tillegg må en overvåke endringer i assosiert biodiversitet og tettheten til viktige predatorer ved å overvåke:

- Artssammensetningen av assosierte alger og fauna tilknyttet tareplantene (både i epifytter, hapterer, og eventuelt kolonisering av kunstige substrat som repliserbare enheter)
- Artssammensetning og tetthet av fisk og krepsdyr

I områder uten etablert tarevegetasjon er det viktig å følge opp utviklingen og mengde av andre makroalger enn tareplanter i form av dekningsgrad og biomasse.

### **3.2.3 Hvordan få etablert en rask igangsetting av overvåking?**

Det vil sannsynligvis ta lang tid å få etablert et overvåkingsprogram, enten det er via det nasjonale kartleggingsprogrammet eller Vanndirektiv-initierte aktiviteter. Norge har særlige forpliktelser til å følge opp overvåking pålagt i forhold til vanndirektivet. Dette vil på lengre sikt kunne sikre en forutsigbar finansiering til overvåking av tare- og kråkeboller.

For å få til en raskere etablering/oppfølging av tidligere stasjoner er det sannsynligvis nødvendig å sørge for annen finansiering på kort sikt for å følge opp endringene som skjer på tidligere undersøkte stasjoner (HiF, NIVA og NINA), og på nye stasjoner/ transekter som er i fokus for igangværende prosjekter som EpiGraph og RESTORE.

## **4. Hva trenger vi av kunnskap for å kunne forstå de økologiske konsekvensene av nedbeiting og ulike utviklingsscenarier for tareskog og kråkeboller?**

En forutsetning for å kunne svare på økologiske konsekvenser av nedbeitingen og mulige utviklingsscenarier er å få oversikt over omfanget av nedbeitingen og etter hvert omfanget av i hvilken grad tareskogen blir reetablert i ulike områder. Gjennom GIS-modellering (NIVAs TAKL-prosjekt og prosjektet om ressurskartlegging av kråkeboller) har vi en rimelig god oversikt over hvor store arealer som er blitt beitet ned og hvor mye dette kan innebære i form av tapt primærproduksjon og antatt sekundærproduksjon av assosierte evertebrater. Det som er uklart er i hvor stor grad primærproduksjonen i tareskogen (både i form av tarepartikler og produksjon av oppløst organisk materiale) blir transport til andre deler av kystøkosystemet som dypere områder og grunne strandområder, og videreført og omgjort til fisk, sjøfugl og krepsdyr.

Viktige kunnskapshull for å forstå de økologiske konsekvensene av nedbeitingen og mulig utviklingsscenarier omfatter:

- tareskogens økologiske funksjon
  - transport av tarekarbon innen tareskogsystemet og til andre økosystemer, særlig betydningen av tareskog for fisk utenfor tareskog og betydningen av tareskog for andre arter utenfor tareskogen (f eks sjøfugl, planter og dyr i strandsonen)
- assosiert artsmangfold og variasjonen i denne med hensyn til dyp og breddegrad, samt betydningen av det biologiske mangfoldet
- trofiske interaksjoner

Det er nødvendig å gjøre studier som kan kvantifisere transporten av tarekarbon fra tareskogsområder til andre deler av kystøkosystemet, og kvantifisere hvor mye av dette som omgjøres til produksjon av f

eks fisk og krepsdyr. Dette er nødvendig for forståelsen av tareskogens betydning utover å være et viktig leveområde for et stort mangfold av organismer.

Vi har kunnskap om hvilke arter som lever tilknyttet tareplanter i epifytter og hapterer fra 5 m dyp og på middels bølgeeksponerte områder ved Møre, Skagerrak, Bergen og Trøndelag, men mangler informasjon om hvordan dyp, bølgeeksponering og eksponering for strøm påvirker både mengde og artssammensetning av epifytter og av assosierte makroevvertebrater. Gjennom Forskningsrådsprosjektet KelpPredict vil en få mer kunnskap om den biologiske effekten av interaksjonen mellom strøm og bølgeeksponering for studieområdet ved Møre.

Kunnskap om assosiert biologisk mangfold til tareplantene og hvordan artssammensetning og mengde av disse endres med de samme miljøfaktorene som undersøkes i KelpPredict nevnt over, mangler fullstendig for Troms og Finnmark.

Vi mangler også kunnskap om betydningen av tapt biologisk mangfold for store deler av norskekysten, utover det direkte tapet i form av tapt sekundærproduksjon. For å få mer kunnskap om dette er det blant annet nødvendig å finne ut hvem som spiser hvem i det kompliserte næringsnett i tareskog, og hvordan dette endrer seg langs ulike miljøgradienter.

## 5. Anbefalte tiltak og undersøkelser

For å kunne sette opp en liste over anbefalte tiltak og undersøkelser er det viktig først å lage en oversikt over utførte, igangværende og planlagte aktiviteter. Denne oversikten er gjengitt i **Tabell 5**. Deretter gikk vi gjennom hva vi har og hva vi trenger av kunnskap med hensyn til tiltak for å bedre / gjenopprette balansen mellom kråkeboller og tareskog.

Vi diskuterte videre hvilke felt-, lab- eller oppfølgende undersøkelser av tiltak (kunstige rev, høsting/kalking av kråkeboller) som vil kunne gi kunnskap om tareskogens og kråkebolledominert bunns evne til "resistance" og "resilience", og dermed kunnskap til å kunne forstå og forutsi den videre utviklingen av tareskog og kråkebollebeiting.

### 5.1 Oversikt over utførte, igangværende og planlagte aktiviteter / undersøkelser.

Tabellen under gir en oversikt over utførte, igangværende og planlagte aktiviteter og undersøkelser i Norge på problemstillinger som gir kunnskap relevant til å kunne forstå og forutsi den videre utviklingen av tareskog og kråkebollebeiting. Listen er ikke fullstendig men gir en grov oversikt de viktigste aktivitetene.

**Tabell 5.** Oversikt over utførte (U), igangværende (I) og planlagte aktiviteter (P) / undersøkelser som gir kunnskap relevant for å kunne forstå og forutsi den videre utviklingen av tareskog og kråkebollebeiting.

Prosjekt / aktivitet	Involverte institutt (prosjektledelse med fet skrift)	Utførte (U), igangværende (I) og planlagte aktiviteter (P)	Områder	Periode

		<b>/undersøkelser</b>		
Nasjonalt kartleggingsprogram	<b>NIVA</b> , HI, NGU	U, I, P	Hele landet. Foreløpig ikke Svalbard	2003- 2010, 2011- 2015
DN-finansiert kartlegging av tare/kråkeboller	NIVA	U	Nordland, Sør- og Nord- Trøndelag	90- tallet, og årlig (jevnlige) fra 2005- 2009
Overvåkingsprogrammer - KYO - Sukkertareprosjekter - KYS	<b>NIVA</b> , HI <b>NIVA</b> , HI <b>NIVA</b> , HI	I U I	Sør-Norge, nord til og med Hordaland, begge prosjektene	1990- 2007- 2010
Tareresurskartlegging- Taretråling, overvåking sør for nedbeitingsområdene	<b>HI</b>	I	Rogaland – Nord- Trøndelag?	
ASBD - Arctic Seas Biodiversity in potentially sensitive areas	<b>Apn</b> , NIVA	I	Finnmark	2008- 2010
RESTORE, NFR	<b>NIVA</b> , UiO	I	Nordland, Finnmark	
MarModell (utbredelse av stortare langs miljøgradienter), NFR	<b>NIVA</b> , NINA, AquaBiota	U	Møre og Romsdal	2003- 2006
KelpPredict (stortarens egenskaper og biologisk mangfold langs miljøgradienter), NFR	<b>NIVA</b> , NINA, AquaBiota	I	Møre og Romsdal	2008- 2011
Sukkertareprosjektet, NFR	<b>NIVA</b> , HI, UiO	I	Sør-Norge	2007- 2010
EpiGraph	<b>HI</b> , NIVA, HiF	I	Finnmark og Hordaland	2008- 2011
Ressurskartlegging kråkeboller / modellering	<b>NIVA</b>	U	Nordland, Troms, Finnmark	2010
Ressurskartlegging kråkeboller	<b>HiF</b>	U	Finnmark	
Arctic Tipping Points (ATP – EU)	<b>ApN</b> /Arctos/Sintef F&H	I	Svalbard, Finnmark, Grønland	
Kartlegging av genom	<b>HiBo</b>	I	Bodø- området	
Utvikling av genetiske markører for S.d	Forskn. Miljø på Kristineberg	I, P	Finnmark	
Flaggskipet “Fjord og kystøkologi, effekter av klimaendringer”	Senter for miljø og klima i nordområdene (tidl. Polarmiljøsentret)	I, P	Troms, Finnmark, Svalbard	
Prosjekter om kråkeboller som ressurs	<b>UiT</b> , Fiskeriforskning, NOFIMA	U, I, P	Troms, Finnmark	?
Dynamikk hos kråkeboller og tare under	Norges fiskerihøgskole,	U	Nordland,	1992

nedbeiting av tareskog, NFR	Universitetet i Tromsø		Troms	
Økologi i Tareskogen i Troms, NFR	Institutt for akvatisk biologi, Norges fiskerihøgskole	U	Troms	1990-1992
Økologi i tareskogen i Troms, NFR	Institutt for akvatisk biologi, Norges fiskerihøgskole	U	Troms	1993-1994
Struktur, dynamikk og stabilitet i tareskogssamfunn, NFR	Norsk institutt for naturforskning	U	Nordland	1993-1994
Dynamikk hos kråkeboller og tare under nedbeiting av tareskog, NFR	Institutt for akvatisk biologi, Norges fiskerihøgskole	U	Nordland, Troms	1994
Dynamikk hos kråkeboller og tare under nedbeiting av tareskog, NFR	Norges fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø	U	Nordland, Troms	1995
Marinbotanisk forskningsprosjekt om tare- og tareskogsøkologi, NFR	Biologisk institutt, Universitetet i Oslo	U	Nordland	1993-1995
Bioteknologi for makroalger: modellsystem alginatsyntesen hos tare, NFR	Institutt for bioteknologi, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet	U	(Lab)	1996
Taretrålingens betydning for fisk, NFR	Havforskningsinstituttet	U		1996-1998
Tareskogen som økosystem. Stoffomsetning og interaksjoner mellom organismer i tareskog, NFR	Biologisk institutt, Universitetet i Oslo	U	Møre og Romsdal	1995-1998
Anvendelse av marin algefiber fra tang og tare, NFR	FMC Biopolymer, d/b/a NovaMatrix	U	Rogaland	1995-1998
Hydrofysiske forhold i tareskog bølgedempning - stranderosjon. Dr.gr.stipendiat Stig Magnar Løvås, NFR	Kyst og havteknikk, SINTEF Fiskeri og havbruk AS	U	(Lab)	1996-2000
Tareskogen som økosystem og som grunnlag for sekundærproduksjon i kystnære områder, NFR	Biologisk institutt, Universitetet i Oslo	U	Møre og Romsdal	1998-2000
Dynamisk simulering av prosesser i tareskog	NINA	U	Norskekysten	1995-2001
Does kelp trawling impact the spatial and temporal interactions between fish, seabirds and kelp forest?	NINA	U	Sør-Trøndelag	2001-2003
Exposure as a factor for primary and secondary production in a kelp forest	Biologisk institutt, Universitetet i Oslo	U	Møre og Romsdal	2005-2007

## 5.2 Anbefalte tiltak og undersøkelser

Forslag til tiltak og en vurdering av i hvilken grad disse er blitt prøvd ut tidligere, i hvilken grad tiltaket hadde suksess og om, hvor og i hvilken skala tiltaket anbefales videreført er vist i **Tabell 6**. Tabellen gir også gruppens prioritering av tiltaket. Alle tre vurderte tiltak; høsting av kråkeboller, kalking av kråkeboller og utsetting av kunstige rev har blitt prøvd ut tidligere med stor grad av suksess. Når det gjelder kalking av kråkeboller vil gruppen understreke at før man kan anbefale storskala kalking, bør det gjøres grundige undersøkelser av konsekvensene av tiltaket for organismene

i området. I mindre skala kan både kalking av kråkeboller og utsetting av kunstige rev være nyttige tiltak i forhold til å etablere spredningskorridorer for reetablering av tareskog.

Forslag og prioriteringer av feltundersøkelser og hvilke områder som bør prioriteres er gitt i **Tabell 7**. Foruten etablering av overvåking for å følge opp utviklingen til tareskog og kråkebollesituasjonen omfatter disse feltundersøkelser for å få kunnskap om produksjon og spredning av kråkebollelarver, kartlegging av assosiert biodiversitet i områder som mangler denne kunnskapen, samt sammenlignende studier av tareskog med og uten kråkeboller for å finne ut endringer i forekomst og tetthet av mulig viktige mikropredatorer.

**Tabell 6.** Foreslag til tiltak for å bedre / gjenopprette balansen mellom kråkeboller og tareskog. Det er angitt om undersøkelsene er gjennomført tidligere, i hvilken grad tiltaket hadde suksess, om tiltaket anbefales videreført, eventuelt i hvilke områder og i hvilken skala det anbefales videreført og hvilken prioritering tiltaket er gitt av deltagerne på workshopen.

<b>Tiltak / undersøkelser</b>	<b>Gjennomført / prøvd tidligere? (Ja / Nei) / Hvor?</b>	<b>Grad av suksess? (Stor, middels, liten, ingen)</b>	<b>Anbefales videreført / utført (Ja / Nei)</b>	<b>Hvor? Hvilke områder bør prioriteres</b>	<b>Stor skala – liten skala?</b>	<b>Prioritet Høy, Middels, Lav</b>
<b>Tiltak</b>						
Høsting av kråkeboller	Ja, Vega, Finnmark, USA.	Stor	Ja	Nord-Norge	Stor	Høy
Kalking av kråkeboller	Ja, Canada, Finnmark, Japan	Stor	Ja, men i liten skala. Det bør det gjøres grundige undersøkelser av konsekvensene, da flere arter kan bli rammet, ikke bare pigghuder.	Bør unngå områder med stort potensiale for høsting av kråkeboller i god kondisjon, og fokusere på områder med dårlig kondisjon hos bollene, f eks stor avstand til nærmeste tareskog	Liten	Middels-Høy. Høy hvis strategisk etablering av spredningskorridorer
Utsetting av kunstige rev	Ja, Finnmark	Middels (Må sannsynligvis kombineres med kalking eller høsting av kråkeboller)	Ja	Finnmark, samle eksisterende rev i et bedre design?	Liten	Middels

Når det gjelder kråkebollelarver vet vi generelt lite om atferden til larvene, hvordan de beveger seg mellom vannlagene og dermed hvordan de sprer seg ved ulike strømmønster. Det er aktuelt å undersøke spredningsmønster basert på klimaforholdene både på slutten av 60-tallet, på begynnelsen av 90-tallet, og gitt dagens klimaforhold og hvordan spredningen forventes å bli ved framtidige endringer i strømsystemer. Dette vil kreve modellutvikling eller videreutvikling av eksisterende strømmodeller som blir koblet til antagelser om kråkebollenes utbredelse og biologi.

**Tabell 7.** Forslag til feltundersøkelser som vil bidra til å forstå og forutsi den videre utviklingen av tareskog og kråkebollebeiting.

<b>Feltundersøkelser</b>	<b>Beskrivelse av kunnskapsmangel / foreslått aktivitet</b>	<b>Aktuelle områder</b>	<b>Prioritet (høy, middels, lav)</b>
Drøbakbollen – utbredelse, tetthet, alder til voksne	Overvåking / analyser av rekruttering, vekst og dødelighet	På ”barren ground” nær overgangs-områder mellom nedbeitet og reetablert tareskog	Høy
Spredning / vertikalvandring hos kråkebollelarver	Retensjon / spredning av kråkebollelarver i plankton. Hvilke faktorer gjør at rekruttering av kråkeboller blir vellykket?	Områder må velges ut basert på resultater fra genetiske undersøkelser av kråkebollene	Middels
Stortare – utbredelse, tetthet, alder	Overvåking / analyser av rekruttering, vekst og dødelighet. Viktig å kunne følge utviklingen over tid på samme sted. (Dette er nødvendig for å få kunnskap om tetthetsavhengig regulering av vitale prosesser)	Reetablerte tareskogs-områder i Nordland og Troms, ikke beite tareskogs-områder i Finnmark	Høy
Sukkertare – utbredelse, tetthet, alder	Overvåking / analyser av rekruttering, vekst og dødelighet. Lite kunnskap om utbredelse i forhold til geofysiske faktorer. Utvikling av utbredelsesmodell anbefales.	Nordland, Troms, Finnmark	Høy
<i>S. dermatodea</i> (bladtare) – utbredelse, tetthet	Dette er en nordlig art som i liten grad er kartlagt i Norge. Toleransegrenser for temperatur bør kanskje undersøkes?	Finnmark	Lav
<i>L. solidungula</i> – endring i	Er en aktuell art å se på	Svalbard,	Lav



geografisk utbredelse	endringer i nord-sør utbredelsen av.	Finnmark?	
<i>Echinus esculentus</i> ; utbredelse, tetthet, alder til voksne	Overvåking / analyser av rekruttering, vekst og dødelighet, og hvordan dette varierer mellom ulike typer habitater.	Områder som er i ferd med å bli reetablert av makroalger og tareplanter, versus eksponerte tareskogsområder, som ofte har store individer av arten.	Høy
Biodiversitet <ul style="list-style-type: none"> <li>- assosierte planter</li> <li>- assosierte dyr</li> </ul>	Kartlegge det assosierte artsmangfoldet til tareplanter i områder der dette ikke er gjort. Avdekke eventuelle forskjeller langs ytre-indre gradienten i forekomsten av antatt viktige mikropredatorer	Mangler denne kunnskapen for Finnmark og Troms (og for Rogaland, Hordaland, Sogn og fjordane, Trøndelag?).  Ytre/indre gradientundersøkelse – anbefales primært ved Vega og i Troms.	Høy
Geofysiske miljøfaktorer - feltmålinger	Stor mangel på feltobservasjoner av temperatur, saltholdighet og strømforhold.	Velge ut områder som fanger opp spredning av kråkebollelarver, og som dekker ulike miljøbetingelser i larvenes sårbare bunnslåingsperiode.	Middels

Gruppen mener at følgende lab- og genetiske undersøkelser for de to viktigste tareartene (stortare og sukkertare) samt for de to viktigste kråkebolleartene (S. d og E.e.) vil bidra til nødvendig kunnskap om tareskog og kråkeboller:

## Lab-undersøkelser

### *Drøbak-kråkebollen og Echinus esculentus*

- Studier av miljøkravene til yngelen med hensyn til temperatur og salinitet, både i planktonfasen og ved bunnslåing. (Det må imidlertid sjekkes ut hva som er kjent her fra diverse undersøkelser av S.d med tanke på utvikling av oppdrett på arten.)
- Studier av effekten av ulike temperaturforhold på beiteraten til ulike alders/størrelsesgrupper av kråkeboller.
- Studier for å teste ut mulige mikropredatorers rolle med hensyn til å kontrollere tettheten av små kråkeboller

### *Stortare*

Her er det gjort mange studier allerede. Lüning / Kain har gjort mange studier av innflytelsen av temperatur på utviklingen av ulike unge stadier av stortare. Og det er gjort studier som avdekker hva som er letale temperaturer for gametofytter. Det er mulig at responsen og temperaturtoleransen til stortare varierer mellom populasjoner langs norskekysten. Dette er ikke undersøkt.

Effekten av interaksjoner mellom lys (eventuelt som substitutt for effekten av endring i dybdeutbredelse) og temperatur for utviklingen av unge stadier er ikke gjort enda. Dette vil kunne gi nyttig kunnskap i forhold til å kunne forutsi responsen på klimaendringer.

Vi mangler kunnskap om tetthetsavhengig regulering av rekruttering, vekst og dødelighet for stortare. Dette er sannsynligvis vanskelig å få til under lab-betingelser, og krever sannsynligvis oppfølging av kohorter (årsklasser) over tid i felt.

### *Sukkertare*

Som for stortare er det gjort studier som avdekker hva som er letale temperaturer for gametofytter. Det er gjort en del nye studier i Forskningsrådsprosjektet Saccharina (?) Disse viser at det ikke er en klar respons i respirasjonsraten til sukkertare med økt temperatur. Det er først over 25° C at de voksne sukkertareplantene sliter. Resultater fra prosjektet antyder at responsen på temperatur varierer mellom ulike populasjoner.

Foreslå studier av effekten av interaksjoner mellom lys (eventuelt som substitutt for effekten av endring i dybdeutbredelse) og temperatur for utviklingen av unge stadier også for sukkertare?

### *Biodiversitet*

- assosierte planter
- assosierte dyr

Vi har store kunnskapsmangler når det gjelder både biologi og påvirkningen av ulike faktorer som temperatur, lys, og eksponering for bølger og strøm for de fleste artene som lever tilknyttet tareplantene. For mange av dyrene vet en verken livssyklus eller hvilke trofisk nivå arten tilhører.

Studier for å få mer kunnskap om disse artene og hvilke faktorer som påvirker dem vil være nyttige. Men slike undersøkelser har lavere prioritet enn undersøkelser av nøkkelartene blant tare og kråkeboller.

## Genetiske undersøkelser

### *Drøbak-kråkebollen*

Studier av genetisk diversitet til drøbak-kråkebollen har høy prioritet. Slike data vil kunne gi svar på spredningsmønsteret og utviklingen av de store tetthetene på 70-tallet, og dataene vil si noe om spredningsmulighetene for arten gitt dagens utbredelsesmønster.

### *Echinus esculentus*

Det vil være interessant å bestemme genetisk diversitet også for denne kråkebollearten, og analysere hvilke forskjeller en har i genetisk variasjon mellom denne arten og drøbak-kråkebollen.

E.e. finnes langs hele kysten, men har ikke så tette forekomster som S.d i fjordene. Spredningskilden til oppblomstringer av denne arten er kanskje de store individene som hovedsaklig finnes i ytre, eksponerte områder? Kanskje de genetiske forskjellene / mønstrene kan gi innsikt i hvorfor S.d forekommer i høye tettheter og ikke E.e. (Middels prioritering.)

### *Stortare*

Vi mangler kunnskap om spredningsbiologien til stortare. Genetiske undersøkelser vil som for kråkebollene avklare i hvor stor grad ulike "bestander" av stortare er egne populasjoner, og i hvor stor grad en har blanding av populasjoner på tvers av breddegrad og ytre-indre gradientene. Slike undersøkelser har høy prioritet.

### *Sukkertare*

Vi mangler også kunnskap om spredningsbiologien til sukkertare. Genetiske undersøkelser vil som for stortare avklare i hvor stor grad ulike "bestander" av sukkertare er egne populasjoner, og i hvor stor grad en har blanding av populasjoner på tvers av breddegrad og ytre-indre gradientene. (Middels prioritering.)

### *Nøkkelarter på ulike trofiske nivåer blant assosiert fauna i tareskogen?*

Mange av artene som lever tilknyttet tareplantene finnes langs hele norskekysten. Noen av artene vil være beitere, andre vil være predatorer eller altetende. Genetiske analyser av slike arter vil gi informasjon om grad av utveksling av genetisk materiale mellom populasjoner av evertebrater langs breddegradsgradienten og langs ytre-indre gradienten.

Store genetiske forskjeller vil indikere at en har større grad av sperrer for spredningen av disse artene, enn små genetiske forskjeller. Slike undersøkelser vil dermed gi kunnskap om tareskogens evne til "resistence" og "resilience" gjennom grad av åpenhet og utveksling av populasjoner over større områder. (Middels prioritering)

## 6. Referanseliste

- Abdullah MI, Fredriksen S. 2004. Production, respiration and exudation of dissolved organic matter by the kelp *Laminaria hyperborea* along the west coast of Norway. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 84:887.
- Ærtebjerg G. 2007. Marine områder 2005-2006 - Tilstanden og utvikling i miljø- og naturkvalitet. NOVANA. Danmarks Miljøundersøkelser. Aarhus University. Faglig rapport DMU 639. 95 pages
- Andrew, N.L. & A.J. Underwood (1989). Patterns of abundance of the sea urchin *Centrostephanus rodgersii* (Agassiz) on the central coast of New South Wales, Australia. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 131: 61-80
- Anon. (1976). Andre undersjøiske forekomster enn petroleum. Norsk offentlig utredning. Universitetsforlaget, Oslo, 7. 51 s.
- Anon. (2002). Ny teknologi gjør kråkebollen til husdyr. *Aquatic. Magasinet for oppdrettsnæringen* (3) 4: 16-17
- Appenzeller, C., Stocker, T.F. & M. Anklin (1998) North Atlantic Oscillation dynamics recorded in Greenland ice cores. *Science* 282: 446-449
- Asplin L, Dahl E (2003) Havets miljø2003, Fisken og havet. Særnummer 2: 2003. 122pp
- Aure, J. & Ø. Strand (2001). Havforskningsinstituttets termografstasjoner. Hydrografiske normaler og langtidsvariasjoner i norske kystfarvann mellom 1936 og 2000. *Fisken og havet*, nr. 13 – 2001. 24s.
- Bartsch I, Wiencke C, Bischof K, Buchholz CM, Buck BH, Eggert A, et al. 2008. The genus *Laminaria sensu lato*: Recent insights and developments. *European Journal of Phycology* 43:186.
- Beaugrande G, Brander KM, Lindley JA, Souissi S, Reid PC. 2003. Plankton effect on cod recruitment in the North Sea. *Nature* 426:661-64.
- Begon M, Harper JL, Townsend CR. 1990. *Ecology. Individuals, Populations and Communities*. Oxford: Blackwell Scientific Publication. 945 pages.
- Berg E. 2006. Norsk kystorsk. Havets ressurser, *Fisken og havet special issue* 1:121-23. Bergen: IMR.
- Bertram, D.F. & R.R. Strathmann (1998). Effects of maternal and larval nutrition on growth and form of planktotrophic larvae. *Ecology* 79: 315-327.
- Birkeland C. 1989. *The Influence of Echinoderms on Coral-reef Communities*. Echinoderm Studies 3. Rotterdam: Balkema. 79 pages.
- Bonsdorff, E. & O. Vahl (1982). Food preference of the sea urchins *Echinus acutus* and *E. esculentus*. *Mar. Behav. Physiol.* 8: 243-248
- Boudouresque CF, Nedelec H, Shepherd SA. 1980. The decline of a population of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the Bay of Port-Cros (Var, France). *Travaux Scientifique du Parc national de Port-Cros* 6:243-51.
- Braarud T, Nygaard I (1980) Phytoplankton observations in offshore Norwegian coastal waters between 62°N and 69°N. 2. Diatom societies from Møre to Vesterøalen, March – April 1968–1971. *Sarsia* 65: 93–114.
- Branch GM, Griffiths CL. 1988. The Benguela ecosystem. Part V. The coastal zone. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 26:395-486.
- Breen PA, Mann KH (1976a) Changing lobster abundance and the destruction of kelp beds by sea urchins. *Mar. Biol.* 34: 137–142.
- Breen PA, Mann KH (1976b) Destructive grazing of kelp by sea urchins in eastern Canada. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 33: 1278–1283.

- Bruno, J.F. & M.D. Bertness (2001). Habitat modification and facilitation in benthic marine communities. Pp 201-220 in: Bertness, M.D., Gaines, S.D. & M.E. Hay (eds). *Marine Community ecology*. Sinauer Associates, Inc. Publishers
- Burnham KP, Anderson DR. 2001. Kullback-Leibler information as a basis for strong inference in ecological studies. *Wildlife Research* 28:111-19.
- Bustnes JO, Christie H, Lorentsen SH. 1997. Sjøfugl, tareskog og taretråling: en kunnskapsstatus. NINA Oppdragsmelding 472. 43 pages.
- Bustnes JO, Lønne OJ (1996) Sea ducks as predators on sea urchins in a northern kelp forest. In Skjoldal HR, Hopkins CCE, Erikstad KE, Leinaas HP (eds) *Ecology in fjords and coastal waters*, Elsevier, Amsterdam, pp 599–608.
- Bustnes, J.O. & O.J. Lønne (1995). Sea ducks as predators on sea urchins in a northern kelp forest. Pp. 599-608 in: Skjoldal, H.R., Hopkins, C., Erikstad K.E. & H.P. Leinaas (eds) *Ecology of fjords and coastal waters*. Elsevier. Amsterdam.
- Chapman ARO. 1981. Stability of sea urchin dominated barren grounds following destructive grazing of kelps in St. Margaret's Bay, eastern Canada. *Marine Biology* 62:307-11.
- Choat, J.H. & D.R. Schiel (1982). Patterns of distribution and abundance of large brown algae and invertebrate herbivores in subtidal regions of northern New Zealand. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 60: 129-162
- Christie H, Fredriksen S, Rinde E. 1998. Regrowth of kelp and colonisation of epiphyte and fauna community after kelp trawling at the coast of Norway. *Hydrobiologia* 375/376:49-58.
- Christie H, Jørgensen NM, Norderhaug KM, Waage-Nielsen E. 2003. Species distribution and habitat exploitation of fauna associated with kelp (*Laminaria hyperborea*) along the Norwegian coast. *Marine Biological Association of the United Kingdom* 83:687-99.
- Christie H, Leinaas HP, Skadsheim A. 1995. Local patterns in mortality of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, at the Norwegian coast. In: Skjoldal HR, Hopkins C, Erikstad KE, Leinaas HP, editors. *Ecology of Fjords and Coastal Waters*. Amsterdam: Elsevier. p 573-84.
- Christie H, Rinde E. 1995. Endringer i kråkebolleforekomst, kråkebolleparasitt og bunnalgevegetasjon langs kysten av Midt-Norge. NINA Oppdragsmelding 359. 39 pages.
- Christie H. 1998. Økologiske effekter av varm sommer 1997 -kråkebolletetthet langs kysten av Midt-Norge. Rapport til Direktoratet for Naturforvaltning (DN). 9 pages.
- Christie H., Leinaas, H.P. & A. Skadsheim (1995). Local pattern in mortality of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, at the Norwegian coast. Pp 525-536 in: Skjoldal, H.R., Hopkins, C., Erikstad K.E. & H.P. Leinaas (eds) *Ecology of fjords and coastal waters*. Elsevier. Amsterdam.
- Christie, H. & J. Rueness (1998). Tareskog. S. 165-189 i *Kystøkologi* (red. Rinde, E., Bjørge, A., Eggereide, A. & G. Tufteland). Universitetsforlaget.
- Christie, H. (1995). Kartlegging av faunaen knyttet til tareskogen i Froan; variasjon i en eksponeringsgradient. NINA Oppdragsmelding 368: 1-22.
- Christie, H., Fredriksen, S. & E. Rinde (1998). Regrowth of kelp and colonization of epiphyte and fauna community after kelp trawling at the coast of Norway. *Hydrobiologia* 375/376: 49-58.
- Clemente S, Hernandez JC, Toledo K, Brito A. 2007. Predation upon *Diadema* aff. *antillarum* in barren grounds in the Canary Islands. *Scientia Marina* 71:745-54.
- Dahl K, Carstensen J. 2008. Tools to assess conservation status on open water reefs in Nature-2000 areas. Aarhus University NERI Technical Report 663. 32 pages.
- Dahl K, Lundsteeen S, Tendal OS. 2005. Mejlgrund og Lillegrund. En undersøkelse af biologisk diversitet på et lavvandet område med stenrev i Samsø Bælt. Aarhus University DMU Report 529. 87 pages.
- Dayton PK (1985) Ecology of kelp communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 16: 215–245.
- Dayton, P.K. (1985). The structure and regulation of some South American kelp communities. *Ecol. Monogr* 55: 447-468
- de Jong-Westman M., Qian, P.-Y., March, B.E. & T.H. Carefoot (1995). Artificial diets in sea urchin culture: effects of dietary protein level and other additives on egg quality, larval
-

- morphometrics, and larval survival in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Canadian Journal of Zoology* 73: 2080-2090.
- Döderlein L von (1900) II Die Echinodermen. In *Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*. Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchungen der deutsche Meer in Kiel und der Biologische Astart auf Helgoland. 195–249.
- Dons, C. (1935). Norges strandfauna X. Echinider. *Det Kongelige Norske Videnskabers Selskap Forhandlinger* Bd. VIII, Nr. 20: 65-67.
- Düben GVJ von (1847) In *Forhandlinger ved de skandinaviske naturforskeres fjerde møte i Christiania den 11–18 Juli 1844*. Christiania (Oslo): 250–255.
- Duffy JE, MacDonald KS, Rhode JM, Parker JD. 2001. Grazer diversity, functional redundancy, and productivity in seagrass beds: An experimental test. *Ecology* 82:2417-34.
- Duggins DO, Simenstad CA, Estes JA. 1989. Magnification of secondary production by kelp detritus in coastal marine ecosystems. *Science* 245:170-73.
- Ebert TA (1982) Longevity, life history, and relative body wall size in sea urchins. *Ecol. Monogr.* 52: 353–394.
- Ebert TA (1983) Recruitment in echinoderms. In Jangoux M, Lawrence JM (eds) *Echinoderm studies I*, Balkema, Rotterdam, pp. 169–201.
- Ebert TA (1985) Sensitivity of fitness to macroparameter changes: An analysis of survivorship and individual growth in sea urchin life histories. *Oecologia* 65: 461–467.
- Ebert TA, Southon JR. 2003. Red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) can live over 100 years: Confirmation with Abomb (14) carbon. *Fishery Bulletin* 101:91522.
- Ebling, A.W., Laur, D.R. & R.J. Rowley (1985). Severe storm disturbances and reversal of community structure in a southern California kelp forest. *Marine Biology* 84: 287-294
- Einarson ST. 1994. The distribution and density of green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) in Icelandic waters. *ICES. CM Documents* 38 1994/k:1-20.
- Elnor RW, Vadas RL (1990) Inference in ecology: The sea urchin phenomenon in the northwestern Atlantic. *Am. Nat.* 136: 108–125.
- Emler RB, McEdward LR, Strathmann RR (1987) Echinoderm larval ecology viewed from the egg. In Jangoux M, Lawrence JM (eds), *Echinoderm studies*, Balkema, Rotterdam, pp 55–136.
- Estes JA, Tinker MT, Williams TM, Doak DF. 1998. Killer whale predation on sea otters linking oceanic and nearshore ecosystems. *Science* 282:473-76.
- Estes, J.A. & D.O. Duggins (1995). Sea otters and kelp forests in Alaska: generality and variation in a community ecology paradigm. *Ecol. Monogr.* 65:75-100
- Estes, J.A. & D.O. Duggins (1995). Sea otters and kelp forests in Alaska: generality and variation in a community ecology paradigm. *Ecol. Monogr.* 65:75-100
- Falk-Petersen I-B (1982) Ecological investigations on zooplankton community of Balsfjord, northern Norway. Planktonic eggs and larvae from March 1978 to February 1980. *Sarsia* 67: 69–78.
- Falk-Petersen, I.-B. & S. Lønning (1983). Reproductive cycles of two closely related sea urchin species *Strongylocentrotus droebachiensis* (O.F. Müller) and *Strongylocentrotus pallidus* (G.O. Sars). *Sarsia* 68: 157-164
- Field JG, Griffiths RJ, Jarman N, Zoutendyk P, Velimirov B, Bowes A. 1980. Variation in structure and biomass of kelp communities along the South-West Cape coast. *Transactions of the Royal Society of South Africa* 44:145-203.
- Fishery statistics, (1961–1973) Central bureau of statistics, Oslo. Annual reports.
- Follestad A, Larsen BH, Nygaard T (1986) Sjøfuglundersøkelser langs kysten av Sør og Nord-Trøndelag og sørlige del av Nordland 1983–1986. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim, Viltra pp 41: 1–113. (In Norwegian).
- Foreman RE (1977) Benthic community modification and recovery following intensive grazing by *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Helgol. Wiss. Meeresunters.* 30: 468–484.
- Fosså JH. 1995. Forvaltning av stortare: prioriterte forskningsoppgaver. Bergen: Institute of Marine Research. 102 pages.
- Fredriksen K. 1999. Vertikalfordeling og livshistorie hos kråkebollen *Strongylocentrotus droebachiensis* i Drøbaksundet. *Cand.Scient. Thesis: University of Oslo*. 81 pages.

- Fredriksen S. 2003. Food web studies in a Norwegian kelp forest based on stable isotope ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ) analysis. *Marine Ecology Progress Series* 260:71-81.
- Fredriksen, S., Sjøtun, K., Lein, T.E & J. Rueness (1995). Spore dispersal in *Laminaria hyperborea* (Laminariales, Phaeophyceae). *Sarsia* 80: 47-54
- Fricke, A.H. (1979). Kelp grazing of the common sea urchin *Parechinus angulosus* Leske in False Bay, Cape. *South Africa J. Zool.* 14: 143-148.
- Frid LI, Thomassen Ø. 1995. Bunnslåing av kråkeboller (Echinoidea; Echinodermata) i Drøbaksundet. Cand. scient. thesis: University of Oslo. 84 pages.
- Godø OR, Gjørseter J, Sunnanå K, Dragesund O. 1989. Spatial distribution of 0-group gadoids off mid-Norway. *Report of the International Council for the Exploration of the Sea* 191:273 Oslo 80.
- Gray JS, Christie H. 1983. Predicting long-term changes in marine benthic communities. *Marine Ecology Progress Series* 13:87 Oslo 94.
- Grenager B. 1955. Kvantitative undersøkelser av tareforekomster i sør-Helgeland 1952 og 1953. Norwegian Institute of Seaweed Research. Report 7. 70 pages.
- Grenager B. 1956. Kvantitative undersøkelser av tareforekomster i øst-Finmark 1953. Norwegian Institute of Seaweed Research. Report 13. 37 pages.
- Grenager B. 1958. Kvantitative undersøkelser av tang- og tareforekomster i Helgøy, Troms 1953. Norwegian Institute of Seaweed Research. Report 21. 31 pages.
- Gulliksen B, Haug T, Sandnes O. 1980. Benthic macrofauna on new and old lava grounds at Jan Mayen. *Sarsia* 65:137-48.
- Gulliksen B, Sandnes O. 1980. Marine bunndyrsamfunn, nøkkelarter og felteksperimenter på hardbunn. *Fauna* 33:1-9.
- Gundersen, H., Christie, H. og Rinde, E. (2010). Perspektivstudie av kråkeboller - fra problem til ressurs. Analyse av ressursgrunnlaget for høsting av kråkeboller og vurdering av økologiske perspektiver knyttet til høstingen. NIVA rapport nr 6001-2010: 31 s.
- Gunnarsson, K. (1991). Populations de *Laminaria hyperborea* et *Laminaria digitata* (Phéophycées) dans la baie de Breidifjörður, Islande. *Rit Fiskideilar* 12: 1-148
- Hagen NT (1987) Sea urchin outbreaks and nematode epizootics in Vestfjorden, northern Norway. *Sarsia* 72: 213–229.
- Hagen NT (1995) Recurrent destructive grazing of successionaly immature kelp forests by green sea urchins in Vestfjorden, north Norway. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 123: 95–106.
- Hagen NT. 1983. Destructive grazing of kelp beds by sea urchin in Vestfjorden, northern Norway. *Sarsia* 68:177-90.
- Hagen NT. 1987. Sea urchin outbreaks and nematode epizootics in Vestfjorden, northern Norway. *Sarsia* 72:213-29.
- Hagen, N.T. & K.H. Mann (1992). Functional response of the predators American lobster *Homarus americanus* (Milne-Edwards) and Atlantic wolffish *Anarhichas lupus* (L.) to increasing numbers of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* (Muller). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 159: 89-112
- Hagen, N.T. (1992). Macroparasitic epizootic disease: a potential mechanism for the termination of sea urchin outbreaks in Northern Norway? *Marine Biology* 114: 469-478
- Hagen, N.T. (1996) Parasitic castration of the green sea echinoid *Strongylocentrotus droebachiensis* by the nematode endoparasite *Echinomermella matsi*: reduced reproductive potential and reproductive death. *Dis. Aquat. Org.* 24: 215-226.
- Hagen, N.T., Andersen, Å. & O.B. Stabell (2002). Alarm responses of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, induced by chemically labelled durophagous predators and simulated acts of predation. *Mar. Biol.* 140: 365-374
- Harrold C, Pearse JS. 1987. The ecological role of echinoderms in kelp forests. *Echinoderm Studies* 2:137-233.
- Harrold, C. & D.C. Reed (1985). Food availability, sea urchin grazing, and kelp forest community structure. *Ecology* 66: 1160-1169

- Harrold, C. & J.S. Pearse (1987). The ecological role of echinoderms in kelp forests. *Echinoderm Studies* 2: 137-233.
- Hart MW, Scheibling RE (1988) Heat waves, baby bloom, and the destruction of kelp beds by sea urchins. *Mar. Biol.* 99: 167–176.
- Hawkins SJ, Hartnoll RG (1983) Grazing of intertidal algae by marine invertebrates. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 21: 195–286.
- Hereu B, Zabala M, Linares C, Sala E. 2004. Temporal and spatial variability in settlement of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the NW Mediterranean. *Marine Biology* 144: 1011-18.
- Hereu B, Zabala M, Linares C, Sala E. 2005. The effect of predator abundance and habitat structural complexity on survival of juvenile sea urchins. *Marine Biology* 146:293-99.
- Hernandez-Camora, G., Garcia, O., Robledo, D. & M. Foster (2000). Restoration techniques for *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyceae) populations at the southern limit of their distribution in Mexico. *Botanica Marine* 43:273-284
- Himmelman, J.H. (1986). Population biology of green sea urchins on rocky barrens. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 33: 295-306.
- Himmelman, J.H. (1975). Phytoplankton as a stimulus for spawning in three marine invertebrates. *Journal of Experimental Biology and Ecology* 20: 199-214.
- Himmelman, J.H. (1977). Reproductive cycle of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Canadian Journal of Zoology* 56:1828-1836.
- Hjörleifsson E, Kaasa Ø, Gunnarsson K. 1995. Grazing of kelp by green sea urchin in Eydafjordur, North Iceland. In: Skjoldal HR, Hopkins C, Erikstad KE, Leinaas HP, editors. *Ecology of Fjords and Coastal Waters*. Amsterdam: Elsevier. p 525-536.
- Hjörleifsson, E., Kaasa, Ø. & K. Gunnarsson (1995). Grazing of kelp by sea urchin in Eyafjordur, North Iceland. Pp. 593-597 in: Skjoldal, H.R., Hopkins, C., Erikstad K.E. & H.P. Leinaas (eds) *Ecology of fjords and coastal waters*. Elsevier. Amsterdam.
- Hjort J, Ruud JT (1927) A method for the analysis and comparison of plankton samples. *Nytt. Mag. Nat.* 65: 137–144.
- Hooper R (1980) Observations on algal-grazer interactions in Newfoundland and Labrador. In Pringle, JD, Sharp GJ, Caddy JF (eds), *Proceedings of the workshop on the relationship between sea urchin grazing and commercial plant/animal harvesting*. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Science 954: 120–124.
- Hopkins CCE, Nilssen EM (1990) Population biology of the deepwater prawn (*Pandalus borealis*) in Balsfjord, northern Norway: I. Abundance, mortality, and growth, 1979–1983. *J. Explor. Mer* 47: 148–166.
- Hunt, H.L. and R.E. Scheibling (1997). Role of early post-settlement mortality in recruitment of benthic marine invertebrates. *Marine Ecology Progress Series* 155: 269-301.
- Hurrell JW, Dickson RR. 2004. Climate variability over the North Atlantic. In: Stenseth NC, Ottersen G, editors. *Marine Ecosystems and Climate Variability*. Oxford: Oxford University Press. p 15-46.
- Jackson JBC, Kirby MX, Berger WH, Bjorndal KA, Botsford LW, Bourque BJ, Brandbury RH, Cooke R, Erlandson J, Estes JA, Hughes TP, Kidwell S, Lange CB, Lenihan HS, Pandolfi JM, Peterson CH, Steneck RS, Tegner MJ, Warner RR (2001) Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293: 629–638.
- Jahren, P. (1998). *Kunstige fiskerev. Rapport 01.10.98 til Norges forskningsråd*. 56 pp.
- Jensen, A.C., Collins, K.J. & A.P.M. Lockwood (2000). *Artificial reefs in European seas*. Kluwer Academic Publishers. 508 pp.
- Johannessen, P.J., Sjøtun, K. & Ø. Tvedten (1990). *Marinbiologiske undersøkelser av fjordsystemet innenfor Salhus. Datarapport nr. 1. Institutt for marinbiologi. Rapportserie: Rapp. nr. 3 1990*. 89 s.
- Johnson CR & K.H. Mann (1988). Diversity, patterns of adaptations, and stability of Nova Scotia kelp beds. *Ecol. Monogr.* 58: 129-154.
- Johnston, C.S., Jones, R.G. & R.D. Hunt (1977). A seasonal carbon budget for a laminarian population in a scottish sea-loch. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* 30: 527-545



- Jones GM, Scheibling R. 1985. *Paramoeba invadens* n.sp. (Amoebida, Paramoebidae), a pathogenic amoeba from the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* in eastern Canada. *Journal of Protozoa* 32:564-69
- Jones NS, Kain JM. 1967. Subtidal algal colonization following the removal of *Echinus*. *Helgolander Wissen Meeresunters* 15:460-66.
- Jones, N. S. & J.M. Kain (1967). Subtidal algal colonization following the removal of *Echinus*. *Helgol. wiss. Meeresunt.* 15: 460-466.
- Jorde, I. & N. Klavestad (1963). The natural history of the Hardangerfjord 4. The benthonic algal vegetation. *Sarsia* 9: 1-99
- Jørgensen NM, Christie H. 2003. Diurnal, horizontal and vertical dispersal of kelp-associated fauna. *Hydrobiologia* 50:69-76.
- Kålås JA, Viken Å, Bakken T. 2006. Norsk rødliste. Norwegian red list. Norway: Artsdatabanken. 416 pages.
- Keats DW, Steel DH, South GR. 1987. The role of fleshy macroalgae in the ecology of of juvenile cod (*Gadus morhua* L.) in offshore waters of eastern Newfoundland. *Canadian Journal of Zoology* 65:49-53.
- Keats DW. 1991. Refugial *Laminaria* abundance and reduction in urchin grazing in communities in the north-west Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 71:867-76.
- Keats, D.W, South, G.R. & D.H. Steele (1990). Effects of an experimental reduction in grazing by green sea urchins on a benthic macroalgal community in eastern Newfoundland. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 68: 181-193.
- Keats, D.W. & D.H. Steele (1984). Depth-dependent reproductive output of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* (O.F. Müller), in relation to the nature and availability of food. *Journal of Experimental Biology and Ecology* 80: 77-91
- Keesing, J.K. & K.C. Hall (1998). Review of harvest and status of world sea urchin fisheries points to opportunities for aquaculture. *J. Shellfish Res.* 17:1597-1604
- Kongsrud, J.A. (2000). Flora og fauna tilknyttet stortarestipes (*Laminaria hyperborea* (Gunnerus) Foslie) ved Færøyene. Hovedfagsoppgave, Universitetet i Bergen. 145 s.
- Lang C, Mann KH. 1976. Changes in sea urchin populations after the destruction of kelp beds. *Marine Biology* 36:321-26.
- Lange R. 1964. The osmotic adjustment in the echinoderm, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 13:205-16.
- Lawrence JM (1975) On the relationship between marine plants and sea urchins. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 13: 213–286.
- Lein, T.E., Gravendeel, B.B., Mortensen, P.B., Sivertsen, K., Sørli, A.C. & S. Ødegaard (1994). Epiphytic algae on kelp (*Laminaria hyperborea*) in Norway. Poster presented at Mare Nor symposium on the Ecology of Fjords and Coastal Waters. Tromsø.
- Lein, T.E., Sivertsen, K., Hansen, J.R. & K. Sjøtun (1987). Tare- og tangforekomster i Finnmark. *FORUT (Tromsø)* 85/11:1-12
- Leinaas HP, Christie H. 1996. Effects of removing sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*): Stability of the barren state and succession of kelp forest recovery in the east Atlantic. *Oecologia* 105:524-36.
- Leland AV, Vavrinc J, Steneck RS. 2002. Reseeding the green sea urchin in depleted habitats. Final report to the Maine Department for Marine Research. 25 pages.
- Leland AV. 2002. A new apex predator in the Gulf of Maine? Large, mobile crabs (*Cancer borealis*) control benthic community structure. Orono: Masters thesis, University of Maine. 82 pages.
- Levin VS, Muller OF, Anisimova NA. 1998. Part II Bottom invertebrates. In: *Harvesting and Prospective Algae and Invertebrates for Uses of the Barents and White Seas*. Murmansk: Kola Science Centre Apatity. p 394-440.
- Lindley JA, Batten SD. 2002. Long-term variability in the diversity of North Sea zooplankton. *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom* 82:34-40.

- Lorentsen, S.-H., K. Sjøtun, et al. (2010). Multi-trophic consequences of kelp harvest. *Biological Conservation* 143: 2054-2062.
- Mann KH. 2000. *Ecology of Coastal Waters. With Implications for Management*. Oxford: Blackwell Science. 406 pages.
- Mann, K.H. & P.A. Breen (1972). The relation between lobster abundance, sea urchins, and kelp beds. *J. Fish. Res. Board Can.* 29: 603-605
- Mann, K.H. (1977). Destruction of kelp beds by sea urchins: a cyclical phenomenon or irreversible degradation? *Helv. Wiss. Meeresunters.* 30: 455-467
- Marstein AC. 1997. Epiphytic algae on kelp stipes from Vega - an area with varying densities of sea urchins. *Blyttia* 3:123-29.
- McNaught DC. 1999. The indirect effects of macroalgae and micropredation on the post-settlement success of the green sea urchin in Maine. PhD Dissertation. Orono: University of Maine. 161 pages.
- McNaught, D.C., Steneck, R. & S.R.M. Zimsen (1995). Cascading effects of size-selective predation by urchin harvesters: Is it the size or the number that really counts?
- Mehlum F, Gabrielsen GW (1995) Energy expenditure and food consumption by sea bird populations in the Barents sea region. In Skjoldal HR, Hopkins CCE, Erikstad KE, Leinaas HP (eds), *Ecology in fjords and coastalwaters*, Elsevier, Amsterdam, pp 457-470. Miller RJ (1985) Seaweeds, sea urchins, and lobsters: A reappraisal. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 2061-2072.
- Meidel, R.S. & R.E. Scheibling (1998 a). Size and age structure of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* in different habitats. Pp. 227-246 in: Mooi, R. & M. Telford (eds) *Echinoderms*. San Fransisco. Balkema, Rotterdam.
- Meidel, R.S. & R.E. Scheibling (1998 b). Annual reproductive cycle of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*, in different habitats in nova Scotia, Canada. *Mar. Biol.* 131: 461-478
- Meidel, R.S. & R.E. Scheibling (1999). Effects of food type and ration on reproductive maturation and growth of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Mar. Biol.* 134: 155-166
- Meland, K. & J.H. Fosså (upubl). *Metodeutvikling for overvåking av biologisk mangfold i den norske stortareskogen*.
- Metaxas, A. & C.M. Young (1998 a). Behaviour of echinoid larvae around sharp haloclines: effects of the salinity gradient and dietary conditioning. *Marine Biology*, 131: 443-459.
- Metaxas, A. & C.M. Young (1998 b). Responses of echinoid larvae to food patches of different algal densities. *Marine Biology* 130: 433-445.
- Miller, B.A & R.E. Emlet (1997). Influence of nearshore hydrodynamics on larval abundance and settlement of sea urchins *Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus* in the Oregon upwelling zone. *Marine Ecology Progress Series* 148: 83-94.
- Miller, R.J. & A.G. Colodey (1983). Widespread mass mortalities of the green sea urchin in Nova Scotia, Canada. *Mar. Biol.* 84: 275-286.
- Miller, R.J. & K.H. Mann (1973). Ecological energetics of the seaweed zone in a marine bay on the Atlantic coast of Canada. III. Energy transformation by sea urchins. *Marine Biology* 18: 99-114
- Miller, R.J. (1985b) Seaweeds, sea urchins, and lobsters: a reappraisal. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 2061-2072.
- Mortensen T. 1943. A monograph of the Echinoidea. III. 3. Camarodonta. II. Echinidae, *Strongylocentrotidae*, *Parasalenidae*, *Echinometridae*. Copenhagen: CA Reitzel. p 208-09.
- Mortensen, P.B. (1992). Epifytter på stortare (*Laminaria hyrborea* (Gunn.) Fosl.) i Finnmark . Hovedfagsoppgave ved Universitetet i Bergen. 204 s.
- Moy F, Christie H, Steen H, Stålnacke P, Aksnes D, Alve E, Aure J, Bekkby T, Fredriksen S, Gitmark J, Hackett B, Magnusson J, Pengerud A, Sjøtun K, Sørensen K, Tveiten L, Øygarden L, Åsen PA, 2008. Sluttrapport fra Sukkertareprosjektet. SFT-rapport TA-2467/2008, NIVA rapport 5709. 131 s.
- Murphy GI (1968) Pattern of life history and the environment. *Am. Nat.* 102: 391-403.

- Mysterud, A., Stenseth, N.C., Yoccoz, N.G., Langvatn, R. & G. Steinheim (2002). Nonlinear effects of large-scale climatic variability on wild and domestic herbivores
- Nordenskiöld AE. 1880. Vegas färd kring Asien och Europa jemte en historisk återblick på föregående resor längs Gamla Verldens nordkust. Vol. 1. Stockholm: F & G Beijers Förlag. 510 pages.
- Norderhaug, K. M. og H. C. Christie (2009). "Sea urchin grazing and kelp re-vegetation in the NE Atlantic." *Marine Biology Research* 5(9): 515 - 528
- Norderhaug KM, Christie H, Fredriksen S. 2007. Is habitat size an important factor for faunal abundances on kelp (*Laminaria hyperborea*)? *Journal of Sea Research* 58:120-24.
- Norderhaug KM, Christie H. 2007. Reetablering av tareskog i områder av midt-Norge som tidligere har vært beitet av kråkeboller. NIVA rapport 5516. 20 pages.
- Norderhaug KM, Christie H, Fosså JH, Fredriksen S. 2005. Fish-macrofauna interactions in a kelp (*Laminaria hyperborea*) forest. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85:1279-86.
- Norderhaug KM. 2004. Use of red algae as hosts by kelp-associated amphipods. *Marine Biology* 144:225-30.
- Norderhaug KM, Fredriksen S, Nygaard K. 2003. The trophic importance of *Laminaria hyperborea* to kelp forest consumers and the importance of bacterial degradation for food quality. *Marine Ecology Progress Series* 255:135-44.
- Norderhaug KM, Christie H, Rinde E. 2002. Colonisation of kelp imitations by epiphyte and holdfast fauna; A study of mobility patterns. *Marine Biology* 141:965-73.
- North, W.J. (1964). In: *Internat. Conf. Water Pollution Research, London, 1962*, Pergamon Press, Oxford 3: 247-274
- Norton TA. 1978. The factors influencing the distribution of *Sacchoritza polyschides* in the region of Lough Ine. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 58: 527-36.
- Oug, E. and F. Olsgard (2005). Nasjonal overvåking av marint biologisk mangfold i kystsonen. Forslag til overvåkingselementer, lokalisering av områder og kostnadsoverslag. Utredning for DN 2005-2.
- Parsons LS and Lear WH (2001) Climate variability and marine ecosystem impacts: A North Atlantic perspective. *Prog. Oceanogr.* 49: 167–188.
- Pauly D (1982) Studying single-species dynamics in a tropical multispecies context. In Pauly D, Murphy GI (eds), *Theory and management of tropical fisheries*. ICLARM Conference Proceedings 9: 33–70.
- Pearce, C.M. & R.E. Scheibling (1991). Effect of macroalgae, microbial films, and conspecifics on the induction of metamorphosis of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller). *Journal of Experimental Biology and Ecology* 147: 147-162.
- Pearse, J.S. & A.H. Hines (1979). Expansion of a California kelp forest following the mass mortality of sea urchins. *Marine Biology* 51: 83-91
- Pedrotti, M.L. & L. Fenaux (1992). Dispersal of echinoderm larvae in a geographical area marked by upwelling (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series* 86: 217-227.
- Pennington, J. T. & R.B. Emlet (1986). Ontogenetic and diel vertical migration of a planktonic echinoid larvae, *Dendraster excentricus* (Eschscholtz): occurrence, causes, and probable consequences. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 104: 69-95.
- Pennington, J.T. (1985). The ecology of fertilization of echinoid eggs: the consequences of sperm dilution, adult aggregation, and synchronous spawning. *Biological Bulletin* 169: 417-430.
- Peterson CH, Estes JA. 2001. Conservation and management of marine communities. In: Bertness MD, Gaines SD, Hay ME, editors. *Marine Community Ecology*. Sunderland, MA: Sinauer Associated Inc. p 469-508.
- Pitcher TJ, Hart PJB (1982) *Fisheries ecology*, Chapman and Hall, London, pp 1–414.
- Pringle JD. 1986. A review of urchin/macroalgal associations with a new synthesis for nearshore, eastern Canadian waters. *Monographs in Biology* 4:191-218.
- Propp MV. 1977. Ecology of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* of the Barents Sea: Metabolism and regulation of abundance. *Soviet Journal of Marine Biology* 3:27-37.
- Rasmussen B (1967) Temperaturforhold og rekefiske i Skagerak 1962–66. *Fiskets Gang* 47: 842–847.

- Rinde E, Sjøtun K. 2005. Demographic variation in the kelp *Laminaria hyperborea* along a latitudinal gradient. *Marine Biology* 146:1051-62.
- Rinde E. 2007. Studies of processes in *Laminaria hyperborea* kelp forest ecosystem - Contribution to a scientifically based resource management. PhD thesis, University of Oslo. 33 pages.
- Roff DA (1992) The evolution of the life histories. Theory and analysis, Chapman and Hall, London, New York, pp 1–535.
- Røv N, Christie H, Fredriksen S, Leinaas HP, Lorentsen SH. 1990. Biologiske forundersøkelser i forbindelse med planer om taretråling i Sør-Trøndelag. NINA Oppdragsmelding 052. 20 pages.
- Rowley, R.J. (1989). Settlement and recruitment of sea urchins (*Strongylocentrotus* spp.) in a sea urchin barren ground and a kelp bed: are populations regulated by settlement or post-settlement processes? *Marine Biology* 100: 485-494.
- Rowley, R.J. (1990). Newly settled sea urchins in a kelp bed and urchin barren ground: a comparison of growth and mortality. *Marine Ecology Progress Series*, 62: 229-240.
- Russel, M.P. & R.W. Meredith (2000). Growth lines in echinoid ossicles are not reliable indicators of age: a test using *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Invertebrate Biology* 119: 410-420
- Russell MP. 1998. Resource allocation plasticity in sea urchins: Rapid, diet induced, phenotypic changes in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* (Muller). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 220:1-14.
- Sæther, B.-E., Tufto, J., Engen, S., Jerstad, K., Røstad, O.W. & J.E. Skåtan (2000). Population dynamical consequences of climate change for a small temperate songbird. *Science* 287: 854-856
- Sakshaug, E. og K. Sjøtun (2002). Nedbeiting av tareskog i Norge. Rapport fra arbeidsgruppe nedsatt av Fiskeridepartementet og Miljøverndepartementet: 49
- Sala, E., Boudouresque, C.F. & Harmelin-Vivien (1998). Fishing, trophic cascades, and structure of algal assemblages: evaluation of an old but untested paradigm. *Oikos* 83: 425-439
- Schaffer MW (1974) Optimal reproductive effort in fluctuating environments. *Am. Nat.* 108: 783–790.
- Schaffer WM, Gadgil M (1975) Selection for optimum life history in plants. In Cody ML, DiamondJM(eds), *Ecology and evolution of communities*, Belknap Press, Cambridge, Massachusetts, USA. pp 142–157.
- Scheffer M, Carpenter S, Foley JA, Folke C, Walker B. 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413:591-96.
- Scheibling RE, Hennigar AW (1997) Recurrent outbreaks of disease in sea urchins *Strongylocentrotus droebachiensis* in Nova Scotia: Evidence for a link with large-scale meteorologic and oceanographic events. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 152: 155–165.
- Scheibling RE, Robinson MC. 2008. Settlement behaviour and early post-settlement predation of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 365:59-66.
- Scheibling RE, Stephenson RL. 1984. Mass mortality of *Strongylocentrotus droebachiensis* (Echinodermata: Echinoidea) off Nova Scotia, Canada. *Marine Biology* 78:153-64.
- Scheibling, R.E. (1996). The role of predation in regulating sea urchin populations in eastern Canada. *Oceanologica Acta* 19: 421-430
- Scheibling, R.E., Hennigar, A.W. & T. Balch (1999). Destructive grazing, epiphytism, and disease: the dynamics of sea urchin – kelp interactions in Nova Scotia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 2300-2314
- Schroeter SC, Dixon JD, Ebert TA, Rankin JV. 1996. Effects of kelp forests *Macrocystis pyrifera* on the larval distribution and settlement of red and purple sea urchins *Strongylocentrotus fransiscanus* and *S. purpuratus*. *Marine Ecology Progress Series* 133:125-34.
- Schultze K, Janke K, Kruß A, Weidemann W. 1990. The macrofauna and macroflora associated with *Laminaria digitata* and *L. hyperborea* at the island of Helgoland (German Bight, North Sea). *Helgoländer Meeresunters* 44:39-51.
- Simenstad, C.A., Estes, J.A. & K.W. Kenyon (1978). Aleuts, sea otters, and alternative stable-state communities. *Science* 200: 403-411
-

- Sivertsen K (1996) Incidence, occurrence and distribution of the nematode *Echinomermella matsi* in its echinoid host, *Strongylocentrotus droebachiensis*, in northern Norway. *Mar. Biol.* 126: 703–714.
- Sivertsen K (1997a) Geographic and environmental factors affecting the distribution of kelp beds and barren grounds and changes in biota associated with kelp reduction at sites along the Norwegian coast. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 2872–2887.
- Sivertsen K (2003) Harvestable sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) resources along the Norwegian coast. Proceedings. International Conference on Sea-urchin Fisheries and Aquaculture, Puerto Varas, Chile, 25–27 March 2003. pp. 1–7.
- Sivertsen K, Bjørge A. 1980. Reduksjon av tareskogen på Helgelandskysten. *Fisken og Havet* 4:1-9.
- Sivertsen K, Hopkins CCE (1995) Demography of the echinoid *Strongylocentrotus droebachiensis* related to biotope in northern Norway. In Skjoldal HR, Hopkins CCE, Erikstad KE, LeinaasHP (eds), *Ecology of fjords and coastalwaters*, Elsevier, Amsterdam, pp 573–584.
- Sivertsen K, Hopkins CCE. 1995. Demography of the echinoid *Strongylocentrotus droebachiensis* related to biotope in northern Norway. In: Skjoldal HR, Hopkins C, Erikstad KE, Leinaas HP, editors. *Ecology of Fjords and Coastal Waters*. Amsterdam: Elsevier. p 549-571.
- Sivertsen K, Wentzel-Larsen T. 1989. Fangstbare forekomster av kråkeboller. Nordlandsforskning, Bodø, Rapport 3/89. 59 pages.
- Sivertsen K. 1982. Utbredelse og variasjon i kråkebollenes nedbeiting av tareskogen på vestkysten av Norge. Nordlandsforskning, Bodø, Rapport 7/82. 31 pages.
- Sivertsen K. 1997b. Dynamics of sea urchins and kelp during overgrazing of kelp forests along the Norwegian coast. Dr. scient. Thesis, University of Tromsø. 127 pages.
- Sivertsen K. 2002a. Kartlegging av kråkebolleforekomster i Indre Laksefjord i Finnmark. HiFi-Rapport 2002:13.
- Sivertsen K. 2002b. Kartlegging av fangstbare forekomster av kråkeboller i Vest-Finnmark. HiFi Rapport 2002:14. Sivertsen K. 2006. Overgrazing of kelp beds along the coast of Norway. *Journal of Applied Phycology* 18:599-610.
- Sivertsen, A., Indergaard, M., Jensen, A. & L. Jørgensen (1990). Høsting og økologisk betydning av stortare (*Laminaria hyperborea*) langs kysten av Sør-Trøndelag. SINTEF Rapport STF21 A90077. 32 s.
- Sivertsen, K. & A. Bjørge (1980). Reduksjon av tareskog på Helgelandskysten. *Fisken og havet* nr.4 - 1980: 1-9
- Sivertsen, K. & C.C.E. Hopkins (1995). Demography of the echinoid *Strongylocentrotus droebachiensis* related to biotope in northern Norway. Pp. 593-597 in: Skjoldal, H.R., Hopkins, C., Erikstad, K.E. & H.P. Leinaas (eds). *Ecology of fjords and coastal waters*. Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- Sivertsen, K. (1984). Beiting i tareskogen på kysten av Møre og Romsdal. Nordlandsforskning, Bodø, Rapp. 3/84: 1-19
- Sivertsen, K. (1991). Redusert tareskog på kysten av Troms. Norges Fiskerihøgskole Universitetet i Tromsø. Tromsø: 1-34.
- Sivertsen K. (2006). Overgrazing of kelp beds along the coast of Norway. *Journal of Applied Phycology* 18:599-610.
- Sjøtun K, Christie H, Fosså JH. 2001. Overvaking av kråkebolleforekomster og gjenvekst av stortare etter prøvetrålning i Sør- Trøndelag. *Fisken og Havet* 5:1-24.
- Sjøtun K, Christie H, Fosså JH. 2006. Effects of kelp recruitment and sea urchin grazing on stability in kelp forest (*Laminaria hyperborea*). *Marine Biology Research* 2:24-32.
- Sjøtun K, Fredriksen S, Rueness J, Lein TE. 1995. Ecological studies of the kelp *Laminaria hyperborea* (Gunnerus) Foslie in Norway. In: Skjoldal HR, Hopkins C, Erikstad KE, Leinaas HP, editors. *Ecology of Fjords and Coastal Waters*. Amsterdam: Elsevier. p 525-36.
- Sjøtun K, Fredriksen S, Rueness J. 1998. The effect of canopy biomass and wave exposure on growth in *Laminaria hyperborea* (Laminariaceae: Phaeophyta). *European Journal of Phycology* 33:337-43.
-

- Sjötun, K., Fredriksen, S. & J. Rueness (1998). Effect of canopy biomass and wave exposure on growth in *Laminaria hyperborea* (Laminariaceae: Phaeophyta). *European Journal of Phycology* 33: 337-343.
- Skadsheim A, Christie H, Leinaas HP (1995) Population reductions of *Strongylocentrotus droebachiensis* (Echinodermata) in Norway and the distribution of its endoparasite *Echinomermella matsi* (Nematoda). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 119: 199–209.
- Skadsheim A, Rinde E, Christie H. 1993. Forekomst og endringer i kråkebolletetthet, kråkebolleparasitt og gjenvekst av tareskog langs norskekysten fra Trøndelag til Troms. NINA Oppdragsmelding 258. 39 pages.
- Stearns CS (1977) The evolution of life history traits: A critique of the theory and a review of the data. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 8: 145–171.
- Stearns SC (1976) Life-history tactics: A review of ideas. *Q. Rev. Biol.* 51: 3–47.
- Steneck RS, Carlton JT. 2001. Human alterations of marine communities: Students beware. In: Bertness MD, Gaines SD, Hay ME, editors. *Marine Community Ecology*. Sunderland, MA: Sinauer Associates Inc. p 445-68.
- Steneck RS, Graham MH, Bourque BJ, Bruce J, Corbett D, Erlandson JM, et al. 2002. Kelp forest ecosystems: Biodiversity, stability, resilience and future. *Environmental Conservation* 29:436-59.
- Steneck RS, Vavrinc J, Leland AV. 2004. Accelerating trophic level dysfunction in kelp forest ecosystems of the Western North Atlantic. *Ecosystems* 7:323-32.
- Stephens RE. 1972. Studies on the development of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. I. Ecology and normal development. *Biological Bulletin* 142:132-144.
- Stien A, Halvorsen O, Leinaas HP. 1995. No evidence of *Echinomermella matsi* (Nematoda) as a mortality factor in a local mass mortality of *Strongylocentrotus droebachiensis* (Echinoidea). In: Skjoldal HR, Hopkins C, Erikstad KE, Leinaas HP, editors. *Ecology of Fjords and Coastal Waters*. Amsterdam: Elsevier. p 585-92.
- Stien A, Leinaas HP, Halvorsen O, Christie H. 1998. Population dynamics of the *Echinomermella matsi* (Nematoda) *Strongylocentrotus droebachiensis* system: Effects on host fecundity. *Marine Ecology Progress Series* 163:193-201.
- Strathmann, R. (1978). Length of pelagic period in echinoderms with feeding larvae from the Northeast Pacific. *Journal of Experimental Biology and Ecology* 34: 23-27
- Svåsand T, Kristiansen TS, Pedersen T, Salvanes AGB, Engelsen R, Nødtvedt M (1998) Havbeite med torsk-artsrapport. Norges forskningsråd. Oslo. 1–78.
- Tegner MJ, Dayton PK. 2000. Ecosystem effects of fishing in kelp forest communities. *ICES Journal of Marine Science* 57: 579-589.
- Tegner, M.J. & P.K. Dayton (1991 a). Sea urchins, El Niño, and the long term stability of Southern California kelp forest communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 77:49-63
- Tegner, M.J. & P.K. Dayton (2000). Ecosystem effects of fishing in kelp forest communities. *ICES Journal of Marine Science* 57: 579-589
- Terawaki, T., Hasegawa, H., Arai, S. & M. Ohno (2001). Management-free techniques for restoration of *Eisenia* and *Ecklonia* beds along central Pacific coast of Japan. *J. Appl. Phycol* 13:13-17
- Toth, G.B. & H. Pavia (2002). Lack of phlorotannin induction in the kelp *Laminaria hyperborea* in response to grazing by two gastropod herbivores. *Marine Biology* 140: 403-409
- Vadas RL, Smith BD, Beal B, Dowling T. 2002. Sympatric growth morphs and size bimodality in the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*). *Ecological Monographs* 72:113-32.
- Vadas, R.L. & R.S. Steneck (1995). Overfishing and inferences in kelp – sea urchin interactions. Pp.509-524 in: Skjoldal, H.R., Hopkins, C., Erikstad K.E. & H.P. Leinaas (eds) *Ecology of fjords and coastal waters*. Elsevier. Amsterdam.
- Vadas, R.L. (1977). Preferential feeding: an optimization strategy in sea urchins. *Ecological Monographs* 47: 337-371
- Van Alstyne, K.L. , McCarthy III, J.J., Husted, C.L. & D.O. Duggins (1999). Geographic variation in polyphenolic levels of Northeastern Pacific kelps and rockweeds. *Marine Biology* 133: 371-379

- Van Alstyne, K.L., Whitman, S.L. & J.M. Ehlig (2001). Differences in herbivore preferences, phlorotannin production, and nutritional quality between juvenile and adult tissues from marine brown algae. *Marine Biology* 139: 201-210
- Vasquez, J.A. & R.H. McPeak (1998). A new tool for kelp restoration. *California Fish and Game* 84: 149-158
- Vasseur E. 1952. Geographic variation in the Norwegian seurchins *Strongylocentrotus droebachiensis* and *S. pallidus*. *Evolution* 6:87-100.
- Vavrinec J, Meidel SK, Wahle RA, Steneck RS. 2001. Sea urchin no-fish areas in Maine: Rates of recovery and resilience in urchin populations, gonad indices, and algal habitats in fished and unfished areas. Report to the Maine Department of Marine Resources. 26 pages.
- Vavrinec J. 2003. Resilience of green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) populations following fishing mortality: Marine protected areas, alternate stable states, and larval ecology. Doctor thesis, the graduate school, The University of Maine. 127 pages
- Vetter EW. 1995. Detritus-based patches of high secondary production in the nearshore benthos. *Marine Ecology Progress Series* 120:251-62.
- Waage-Nielsen E, Christie H, Rinde E. 2003. Short-term dispersal of kelp fauna to cleared (kelp harvested) areas. *Hydrobiologia* 503:77-91.
- Wakili, S.M. (1988). Experimental studies on the bioenergetics of *Echinus esculentus* L. feeding on *Laminaria saccharina* (L.) Lamour. Hovedfagsoppgave, Universitetet i Bergen. 199 s +appendix
- Wing, S.R., Largier, J.L., Botsford, L.W. & J.F Quinn (1995). Settlement and transport of benthic invertebrates in an intermittent upwelling region. *Limnology and Oceanography*, 40: 316-329
- Walker FT. 1956. Periodicity of the Laminariacea around Scotland. *Nature* 177:1246.
- Whittick A. 1983. Spatial and temporal distribution of dominant epiphytes on the stipes of *Laminaria hyperborea* (Gunn) Fosl (Phaeophyta: Laminariales) in S.E. Scotland. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 73:1-10.
- Wiborg KF (1962) Estimation of numbers in the laboratory. *Rapp. et proc.-verb* 153: 74–77.
- Wing SR, Largier JL, Botsford LW, Quinn JF (1995) Settlement and transport of benthic invertebrates in an intermittent upwelling region. *Limnol. Oceanogr.* 40: 316–329.
- Woll AK, van der Meeren GI, Fossen I, Tveite I. 2004. Ressursundersøkelse av taskekrabbe langs Norskekysten, Sluttrapport 2001-2003. Møreforskning Report Å0406. 25 pages.

## 7. Deltagerliste

**Institutt**

NIVA  
NIVA  
NIVA  
NIVA  
NIVA  
NIVA  
HI  
UiB  
UiO  
UiO  
Høgskolen i Finnmark  
Høgskolen i Bodø  
Akvaplan-niva  
SINTEF  
DN  
FMC Biopolymer  
Forskningsrådet  
Forskningsrådet

**Deltager**

Trine Bekkby  
Hartvig Christie  
Camilla With Fagerli (dr.grads student)  
Hege Gundersen  
Kjell Magnus Norderhaug  
Eli Rinde  
Henning Steen  
Kjersti Sjøtun  
Guri Sogn Andersen (dr.grads student)  
Stein Fredriksen  
Knut Sivertsen  
Stig Skreslet  
Nina Mari Jørgensen  
Ole Jacob Broch  
Ingrid Bysveen  
Jostein Vea  
Inger Austrem  
Marius Omland

**Frafall:**

NTNU  
NTNU (TBS)  
Norges Fiskarlag  
Fiskeridir  
HI

Jussi Evertsen  
Geir Johnsen  
Jan Henrik Sandberg (LUR)  
Terje Halsteinsen  
Frithjof Moy



NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • NO-0349 Oslo, Norway  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)