

Reetablering av tareskog i områder av midt-Norge som tidligere har vært beitet av kråkeboller



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 2218 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

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

Tittel Reetablering av tareskog i områder av midt-Norge som tidligere har vært beitet av kråkeboller	Løpenr. (for bestilling) 5516-2007	Dato 11.12.2007
	Prosjektnr. Undernr. 27201	Sider Pris 20
Forfatter(e) Norderhaug, Kjell Magnus Christie, Hartvig Caspar Forsidefoto: Hartvig Caspar Christie	Fagområde Tareskogsøkologi	Distribusjon
	Geografisk område Midt-Norge	Trykket CopyCat

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for naturforvaltning (DN)	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Feltundersøkelse langs kysten av midt-Norge viser at fronten som skiller områder dominert av kråkeboller i nord og områder som er dominert av tareskog i sør er i bevegelse nordover. I 2007 går den på 65°30' N ved Brønnøysund. Området rett bak fronten mellom Vikna til Vega befinner seg i en ustabil fase og domineres av flekkvise områder med ung, homogen tareskog, områder dominert av røde kråkeboller som beiter ned tareskogen, men også enkelte lommer med grønne kråkeboller som holder stand. I området sør for Vikna er det heterogen, frisk tareskog. Her finnes det få kråkeboller.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tareskog 2. Kråkebolle 3. Kystøkologi 4. Romlig modellering 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kelp forest 2. Sea urchin 3. Coastal ecology 4. Spatial modelling
--	--



Kjell Magnus Norderhaug
Prosjektleder



Mats Walday
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

**Reetablering av tareskog i områder av midt-Norge
som tidligere har vært beitet av kråkeboller**

Forord

Denne rapporten er skrevet i prosjektet ”Innledende kråkebolleundersøkelser” som er finansiert av Direktoratet for naturforvaltning (DN). Prosjektet ble gjennomført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Det er undersøkt status for utbredelsen av områder langs kysten av midt-Norge som er dominert av kråkebolle i nord og områder som er dominert av tareskog i sør, og arbeidet følger opp flere tidligere prosjekter finansiert av DN. Tilsammen representerer disse prosjektene et viktig kunnskapsgrunnlag om de biologiske sammenhengene i denne omfattende, men lite undersøkte økologiske katastrofen.

Kontaktperson hos DN har vært Anne Britt Storeng.

Forfatterne ønsker i tillegg å takke Sverre Nilsen fra Vega for at vi kunne bruke sjarken hans som mobil base under innsamlingen.

Oslo, 11.12.2007

Kjell Magnus Norderhaug

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
Bakgrunn	7
Metoder	8
Undersøkellesområdet	8
Statistisk analyse og modellering	9
Resultater	10
Forekomst av stortare (<i>Laminaria hyperborea</i>)	10
Forekomst av grønne kråkeboller (<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>)	11
Forekomst av røde kråkeboller (<i>Echinus esculentus</i>)	12
Modellerte prediksjoner av forekomst av tareskog og kråkeboller	13
Validering av modellene	16
Diskusjon	17
Konklusjoner	18
Kunnskapsbehov	18
Referanser	19

Sammendrag

Feltundersøkelse langs kysten av midt-Norge (området Vikna-Vega) viser at fronten som skiller områder dominert av kråkeboller i nord og områder som er dominert av tareskog i sør er i bevegelse nordover. For tiden går den på omtrent 65°30' N ved Brønnøysund. Området rett bak fronten mellom Vikna til Vega befinner seg i en ustabil fase og domineres av flekkvise områder med ung, homogen tareskog, områder dominert av røde kråkeboller som beiter ned tareskogen og enkelte lommer av grønne kråkeboller som holder stand. Observasjonene bekrefter at røde kråkeboller også beiter tareskog aggressivt, men det ser ut til at dette bare skjer rett bak fronten, der tare er i ferd med å reetablere seg. I området sør for Vikna er tareskogen reetablert og domineres av heterogen, frisk tareskog. Her finnes det få kråkeboller.

Summary

Title: Re-establishment of kelp forest in areas along the Mid-Norway coast formerly grazed by sea urchins

Year: 2007

Author: Norderhaug KM and Christie HC

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5251-4

Field studies along the mid-Norway coast (between Vikna and Vega) shows that the border between sea urchin dominated areas in the north and kelp forest dominated areas in the south is moving northward and is presently at 65°30' N (the Brønnøysund area). The area immediately behind the border is in a unstable phase, dominated by patches of recently re-established kelp forest, patches of re-established kelp forest that are being grazed by red sea urchins, and remaining "pockets" of barren ground with high densities of green sea urchins. The study confirms earlier observations that, in addition to the green sea urchin, also red sea urchins may graze kelp aggressively, but this seems only to occur when the kelp forest is in an early phase of re-establishing. In the area south of Vikna, the kelp forest has re-established and is dominated by an heterogenous, well developed kelp forest., Few sea urchins are observed in this area.

Bakgrunn

Rundt 1970 ble det observert at kråkeboller beitet ned tareskog langs norskekysten, og Sivertsen (1982, 1997) dokumenterte senere at store områder langs kysten av midt- og Nord Norge, fra 63°20'N (Smøla på Nord-Møre) og nordover til og med Finnmark, var beitet helt ned av den grønne kråkebollen *Strongylocentrotus droebachiensis*. Det er blitt anslått at halvparten av tareskogene langs denne kystlinjen er berørt og at det nedbeitete arealet er av samme størrelse som Vestfold fylke. Disse arealene er imidlertid grovt estimert og er i liten grad dokumentert eller kartfestet. Tapet av tareskogene har hatt store økologiske og økonomiske konsekvenser gjennom snart 40 år. De nedbeitete områdene er uproduktive marine "ørkenområder" (Chapman 1981), mens tareskogene er blant verdens mest fruktbare områder (Mann 2000). Tareskogene er ikke bare høyproduktive i seg selv, men fungerer også som habitat for et plante- og dyresamfunn med høyt artsmangfold. På bare én tareplante i en velutviklet og frisk tareskog finnes det flere hundre gram fastsittende alger og dyr, og i snitt 3 000-10 000 mobile smådyr fordelt på over 200 arter (dominert av krepsdyr og snegl, Christie m. fl. 2003). Disse smådyrene er hovedføde for en rekke fiskearter, bl. a. torsk og leppefisk, som bruker tareskogen som habitat, og som oppvekst- og beiteområde (Norderhaug m. fl. 2005). I tillegg produserer tareskogene et overskudd av næring i form av fragmentert og avreven tare som forsyner andre kystnære økosystemer og økosystemer på dypt vann med næring. I de nedbeitete områdene overlever stort sett bare kråkeboller og de klarer å opprettholde tette bestander over lang tid. Mange kystsamfunn har opplevd kollaps i fisket lokalt etter at tareskogen har forsvunnet. Et eksempel er Vega kommune der man mener at det økonomiske tapet av redusert fiske på grunn av kråkebollenedbeiting ligger på 15 millioner NOK per år (beregnet fra fiskeristatistikk fra lokale Fiskerimyndigheter).

Fra 1990-tallet er det registrert gjenvekst av tareskog i sørlige deler av tidligere kråkebolle-dominerte områder, og den sørlige grensen for nedbeitingen ser ut til å ha flyttet seg gradvis nordover, til ca 64°10' N i 2001 (Sjøtun m. fl. 2001). Både tareskog og nedbeitingsområder er økologisk stabile tilstander (se Elner & Vadas 1990), og det er ikke kjent (og heller ikke undersøkt) hva tilstandsskiftene skyldes eller hva som styrer utbredelsen til hhv. tareskog og kråkebolledominerte nedbeitingsområder.

Selv om vi har lite kunnskap om utbredelsen til tareskog og nedbeitete områder, indikerer feltobservasjoner at bølgeeksponering er en viktig styrende faktor for hvor nedbeitingen finner sted. Studier har vist at sterk bølgeeksponering hindrer kråkebollene i å beite taren effektivt (Witman 1987), og at man i ytre skjærgårdsområder med høy bølgeeksponering har tareskog, mens den er beitet i mer beskyttede områder (Sivertsen 1997).

Det er den grønne kråkebollen som dominerer nedbeitete områder, men enkelte observasjoner tyder også på at røde kråkeboller (*Echinus esculentus*) kan beite tareskog aggressivt. I en normal, frisk tareskog finner man ikke grønne kråkeboller, mens røde kråkeboller er vanlige i lave tettheter. De ser normalt ut til bare å beite på epifyttiske alger på tarestilkene og ikke på selve taren. Deres rolle i nedbeitingsdynamikken er dermed uklar.

Denne undersøkelsen har lokalisert fronten for nedbeitingsområdet i 2007 og kartlagt forekomst av tareskog og kråkeboller nord og sør for fronten som ligger i området mellom Vikna og Vega.

Metoder

Undersøkellesområdet

Feltarbeidet ble gjennomført i området Vikna til Vega (Fig. 1, 63°7' til 65°45' N, WGS 1984). Til sammen 457 stasjoner ble undersøkt. Disse strakk seg fra sør for Vikna til nord for Vega, fra indre til ytre skjærgård og fra 0 til over 40 m dyp (Fig. 2). Området er generelt karakterisert av grunne flate fjellbunnområder.

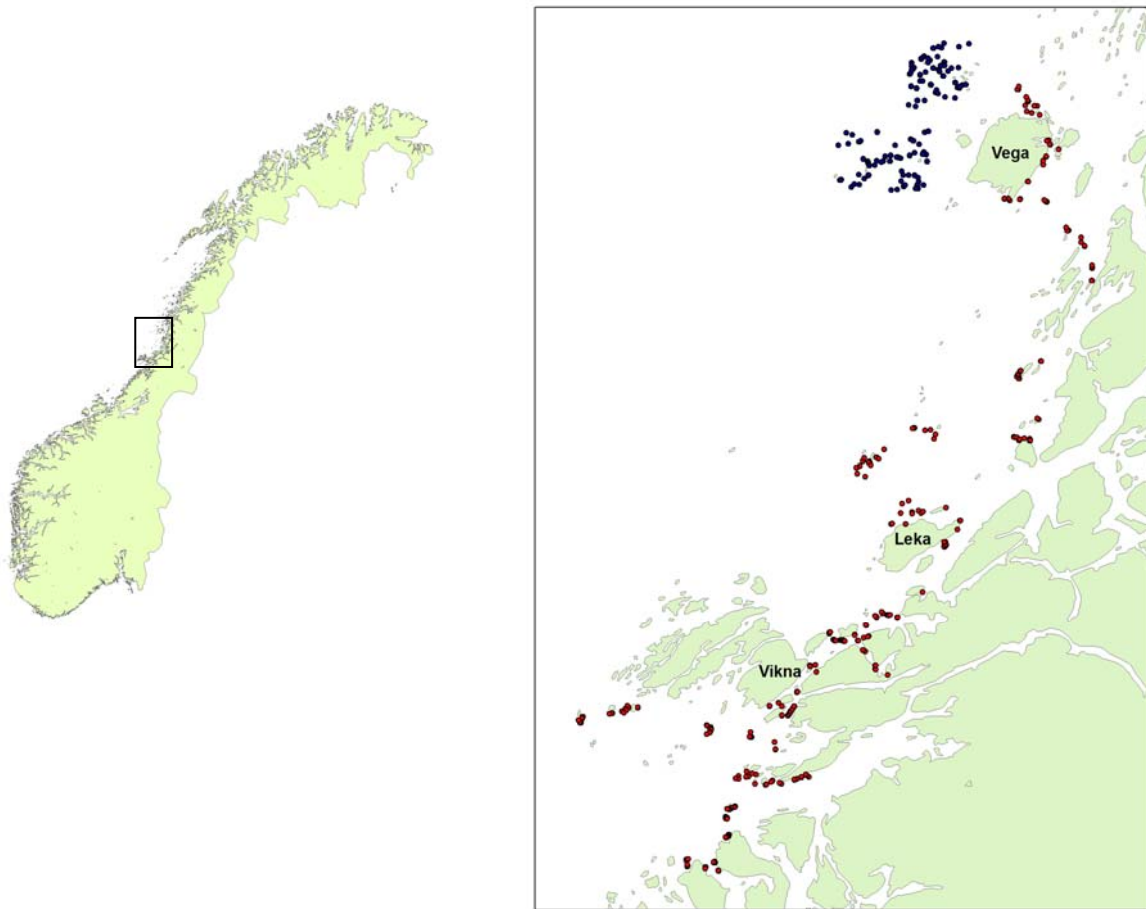


Fig 1. Undersøkellesområde med de 457 stasjonene som ble undersøkt (røde prikker). Kartet viser i tillegg 376 stasjoner fra en undersøkelse i 2004–2005 som ble inkludert i dataanalysene (blå prikker).

Data ble samlet med drop-kamera (senkbart kamera i kabel koblet til monitor, Fig. 2). Fysiske (dyp, bunntype, bløt- eller hardbunn) og topografiske forhold (skråning og uro) ble registrert i tillegg til forekomst av arter. Makroalger og kråkeboller ble registrert som mengde i en skala fra 1 til 4 (1: enkeltfunn, 2: spredt, 3: vanlig, 4: dominerende). Geografisk posisjon ble i tillegg registrert for alle stasjoner. Innsamlingen ble gjennomført slik at den skulle gi best mulig geografisk spredning i undersøkellesområdet.



Fig. 2. Data ble samlet inn med bruk av drop-kamera. Fysiske og topografiske bunnforhold og arter (makroalger og kråkeboller) ble registrert sammen med geografisk posisjon (Foto: H Christie).

Statistisk analyse og modellering

To datasett ble brukt i analysene og til modellering; i tillegg til data fra feltinnsamlingen ble datasettet styrket med data samlet i 2004-2005 fra området vest og nord for Vega (Fig. 1, data fra Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av biologisk mangfold). Dette er data fra ytre, svært bølgeeksponerte områder. Tilstanden i dette området har ikke endret seg til 2007 (egne observasjoner). Disse dataene er samlet på samme måte som i denne undersøkelsen.

Innsamlede data ble analysert statistisk med hensyn på forekomst i forhold til ulike fysiske og topografiske kontinuerlige variable i undersøkelsesområdet. Variablene var dyp, bølgeeksponering, skråning og breddegrad. Dyp er viktig bl.a. for lysforholdene og dermed hvor man forventer å finne tareskog, men også kråkeboller. Bølgeeksponering er viktig for forekomst av tare (finnes i middels og eksponerte områder) og kråkeboller som ikke finnes i svært eksponerte områder. Modellert bølgeeksponering (SWM-verdier fra fetchmodellen WaveImpact, Isæus 2004) var tilgjengelig for hele området (fra Nasjonalt program for kartlegging av naturtyper). Topografiske forhold som skråning kan også påvirke hvor tare kan vokse og hvor effektivt kråkeboller kan beite. Til sammen skulle disse variablene uttrykke den fundamentale nisjen til tareskog, dvs under hvilke forhold man kan vente å finne tare dersom kråkebollene ikke hadde beitet den ned.

Hva som styrer endringen i beitetrykk på tare fra kråkeboller i sør-nord gradienten er ikke kjent (den kan f. eks. skyldes klimatiske forhold), men breddegrad ble brukt som faktor i analysene for å inkludere effekten av økt beitetrykk nordover i området.

Forekomst (binomiske data) av tareskog ble analysert ved bruk av GAM-analyse (utført i ekstensjonen GRASP til programpakken SPLUS). Modellseleksjon for å bare inkludere variable med signifikant forklaringsverdi ble utført (med AIC).

Den statistiske modellen for hver art ble brukt i kombinasjon med kartlag for de ulike variablene til å predikere sannsynlig forekomst i undersøkelsesområdet. I disse sannsynlighetsmodellene ble bare forekomst av de ulike artene innenfor den fundamentale nisjen for tare predikert. Dette for at prediksjonene skulle synliggjøre artenes fordeling i de områder man ville forvente å finne frisk

tareskog, dersom kråkeboller ikke hadde beitet ned taren. Modellene ble validert med kryssvalidering (cvROC-verdier).

Resultater

Forekomst av stortare (*Laminaria hyperborea*)

Stortare finnes på dyp ned mot drøyt 40 m og over hele eksponeringsregimet innen undersøkelsesområdet (indre til ytre kyst, Fig. 3). Fleste registreringer av tare ble gjort i sørlige enn nordlige områder, og i nordlige områder bare i de mest eksponerte områdene.

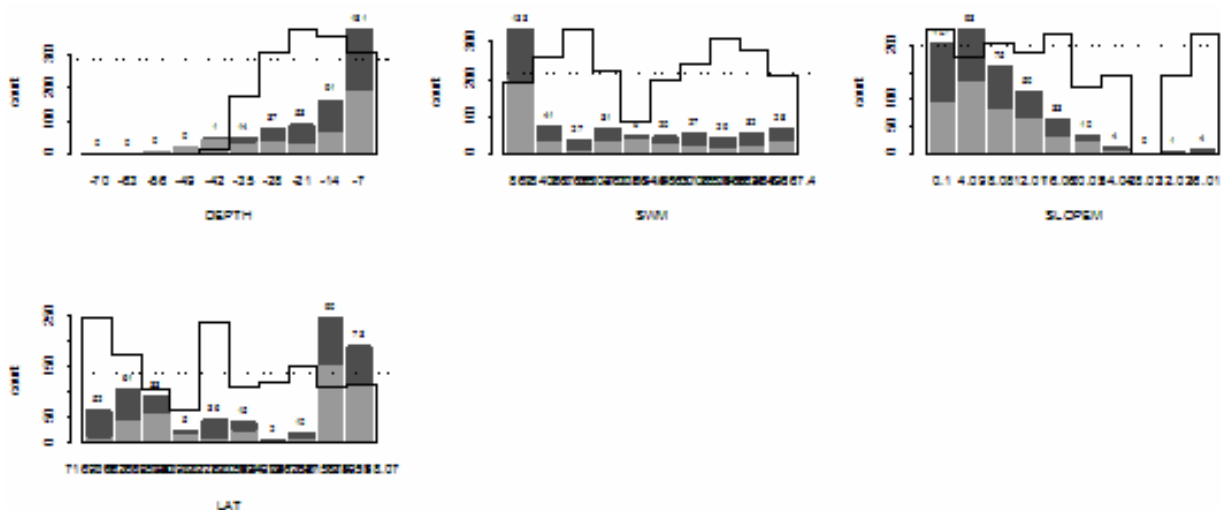


Fig. 3. Forekomst av stortare (*Laminaria hyperborea*) i forhold til de ulike forklaringsvariablene i undersøkelsesområdet. Stolpene viser totalt antall registreringer (y-aksen) for ulike verdier av variablene (x-aksen, dyp (depth), eksponering (SWM), skråning (SLOPEM) og breddegrad (LAT, WGS84 UTM 33)). Den mørke delen av hver stolpe viser forekomst av tare, den lyse der tare ikke er registrert. Den heltrukne linjen viser andelen registreringer av stortare i forhold til total antall registreringer.

Den statistiske analysen viste at dyp, eksponering og breddegrad hadde signifikant betydning for forekomst av tare innen undersøkelsesområdet (Fig. 4). Dyp hadde en negativ effekt og eksponering en positiv effekt. Breddegrad hadde en økende negativ effekt nordover.

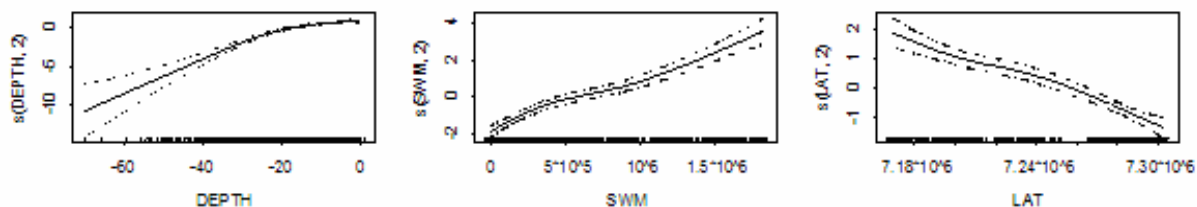


Fig. 4. Effekt av de ulike forklaringsvariable med signifikant betydning for forekomst av stortare (*Laminaria hyperborea*, heltrukken linje) med 95% konfidensintervall (stiplede linjer). X-aksen viser forklaringsvariablene dyp (depth), eksponering (SWM) og breddegrad (LAT, WGS84 UTM 33). Y-aksen viser den relative effekten av forklaringsvariabelen på forekomst av tare, positive verdier viser positiv effekt, negative verdier negativ effekt.

Forekomst av grønne kråkeboller (*Strongylocentrotus droebachiensis*)

Grønne kråkeboller ble funnet på grunt vann og i de fleste eksponeringsgrader, med unntak av de mest eksponerte stasjonene der tare dominerer (Fig. 5). Grønne kråkeboller ble heller ikke funnet på svært bratt fjellbunn.

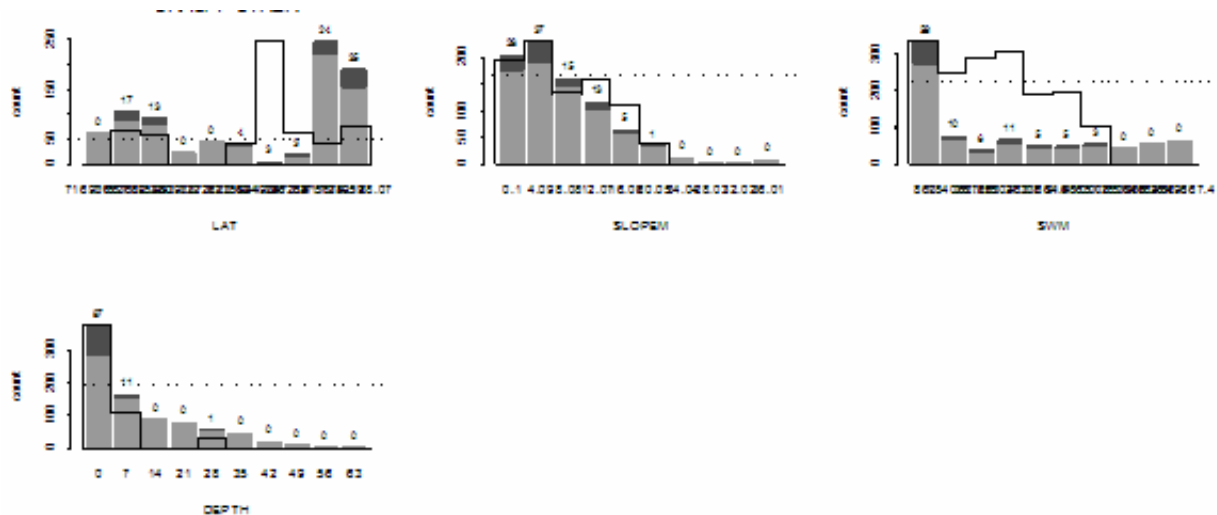


Fig. 5. Forekomst av grønne kråkeboller (*Strongylocentrotus droebachiensis*) i forhold til de ulike forklaringsvariablene i undersøkelsesområdet. Stolpene viser totalt antall registreringer (y-aksen) for ulike verdier av variablene (x-aksen, dyp (depth), eksponering (SWM), skråning (SLOPEM) og breddegrad (LAT, WGS84 UTM 33)). Den mørke delen av hver stolpe viser forekomst av grønn kråkebolle, den lyse der det ikke er registrert grønne kråkeboller. Den heltrukne linjen viser andelen registreringer av grønn kråkebolle i forhold til total antall registreringer.

Den statistiske analysen viste at alle variablene dyp, eksponering, skråning og breddegrad hadde signifikant betydning for forekomst av grønne kråkeboller innen undersøkelsesområdet (Fig. 6). Dyp, eksponering og skråning hadde en negativ effekt. Breddegrad hadde en positiv effekt nordover.

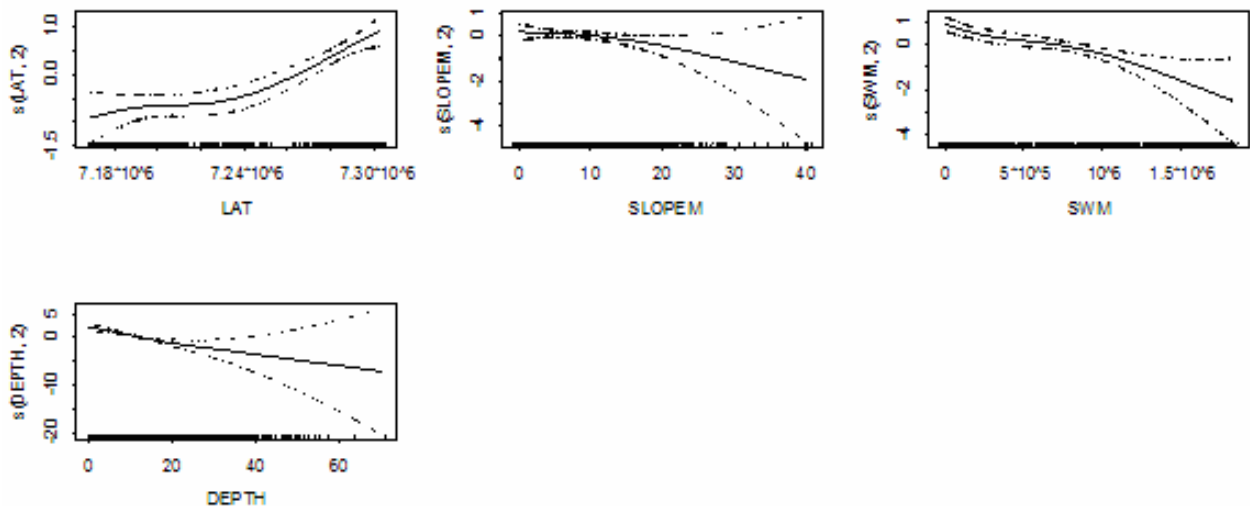


Fig. 6. Effekt av de ulike forklaringsvariable med signifikant betydning for forekomst av grønne kråkeboller (*Strongylocentrotus droebachiensis*, heltrukken linje) med 95% konfidensintervall (stiplede linjer). X-aksen viser forklaringsvariablene dyp (depth), eksponering (SWM), skråning (SLOPEM) og breddegrad (LAT, WGS84 UTM 33). Y-aksen viser den relative effekten av forklaringsvariabelen på forekomst av grønne kråkeboller, positive verdier viser positiv effekt, negative verdier negativ effekt.

Forekomst av røde kråkeboller (*Echinus esculentus*)

De fleste funnene av røde kråkeboller ble gjort på grunt vann og i de minst eksponerte områdene (Fig 7). Røde kråkeboller fantes også ofte på bratt fjellbunn. Størst andel registreringer ble gjort i området sør for Vega.

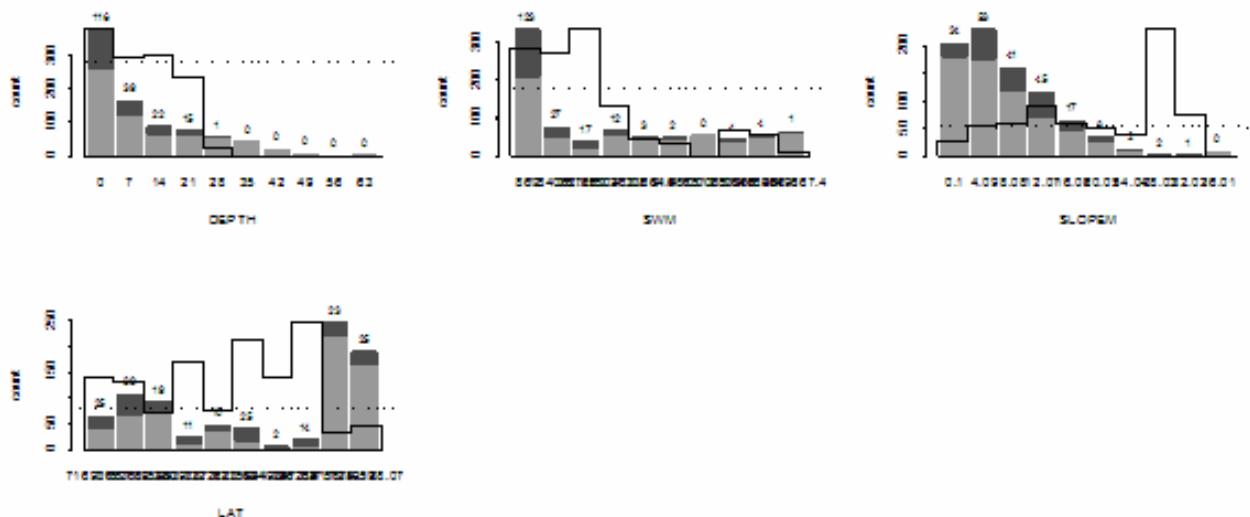


Fig. 7. Forekomst av røde kråkeboller (*Echinus esculentus*) i forhold til de ulike forklaringsvariablene i undersøkelsesområdet. Stolpene viser totalt antall registreringer (y-aksen) for ulike verdier av variablene (x-aksen, dyp (depth), eksponering (SWM), skråning (SLOPEM) og breddegrad (LAT, WGS84 UTM 33)). Den mørke delen av hver stolpe viser forekomst av rød kråkebolle, den lyse der det ikke er registrert røde kråkeboller. Den heltrukne linjen viser andelen registreringer der registrering av rød kråkebolle er gjort i forhold til total antall registreringer.

I likhet med grønne kråkeboller, viste den statistiske analysen at alle variablene dyp, eksponering, skråning og breddegrad, hadde signifikant betydning for forekomst av røde kråkeboller (Fig. 8). Dyp og eksponering hadde en negativ effekt. Effekten av breddegrad har et optimum sør for Vega og er negativ både nordover og sørover. Den røde kråkebollen opptrer dermed i størst tettheter i et belte sør for Vega.

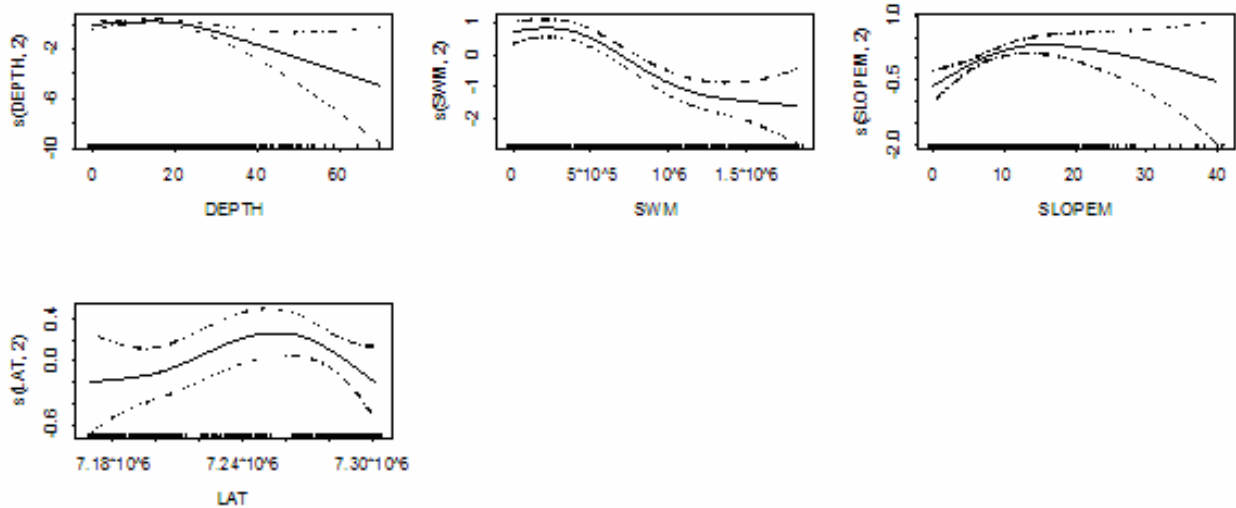


Fig. 8. Effekt av de forklaringsvariable med signifikant betydning for forekomst av røde kråkeboller (*Echinus esculentus*, heltrukken linje) med $2 \cdot S.E.$ (stiplede linjer). X-aksen viser forklaringsvariablene dyp (depth), eksponering (SWM, skråning (SLOPEM) og breddegrad (LAT, WGS84 UTM 33). Y-aksen viser den relative effekten av forklaringsvariabelen på forekomst av røde kråkeboller, positive verdier viser positiv effekt, negative verdier negativ effekt.

Modellerte prediksjoner av forekomst av tareskog og kråkeboller

Sannsynlighetsmodellen for tare viser tydelig at hovedfronten for nedbeitingsområdet er i Brønnøysundområdet (Fig. 9). Men også sør for fronten ble det funnet lommer med nedbeitet tareskog, spesielt i middels eksponerte områder. I svært eksponerte områder (ytterst i skjærgården) dominerer tareskog også nord for Vega.

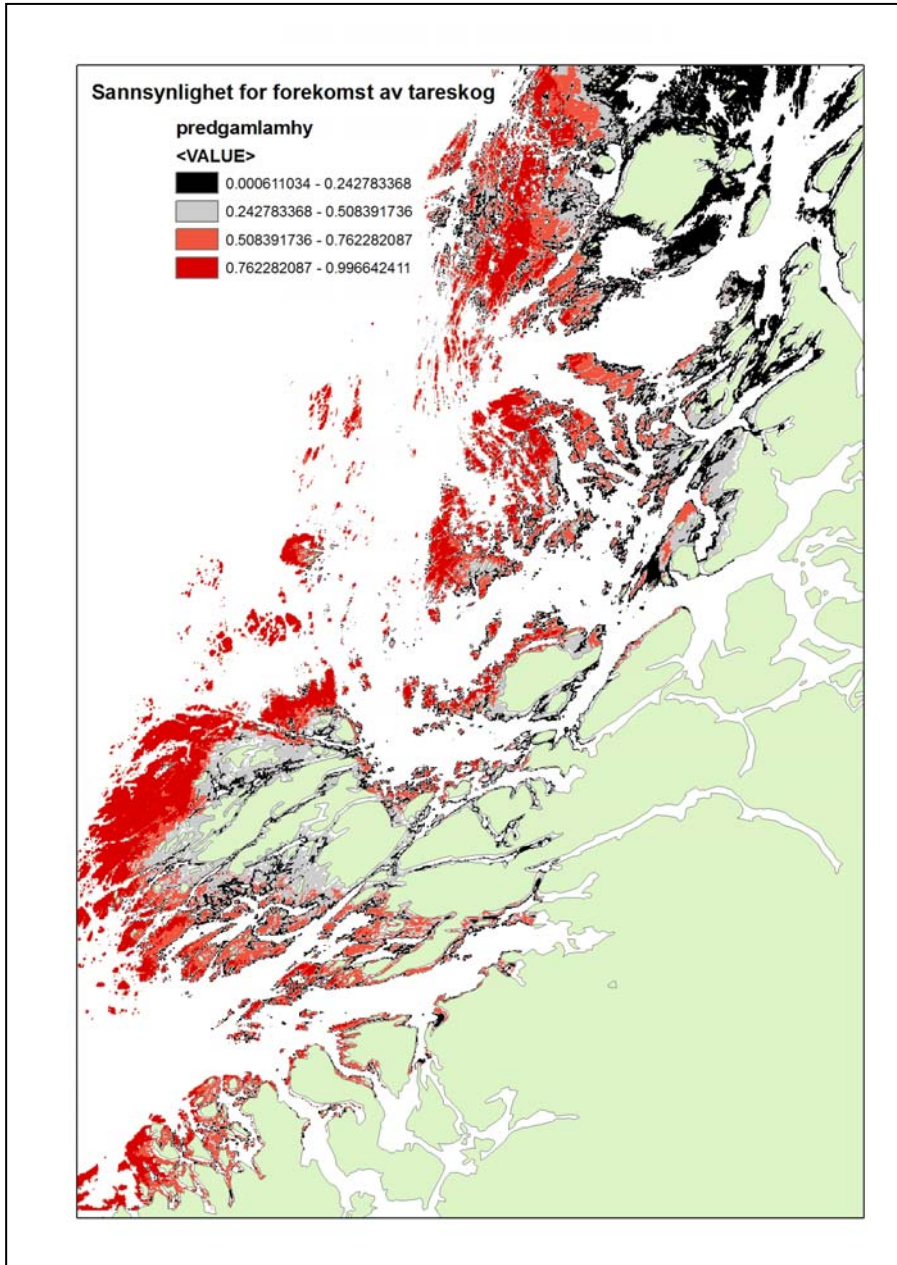


Fig 9. Kart som viser resultatet fra sannsynlighetsmodellen for utbredelse av tareskog i 2007 (sannsynlighet 0-1 vist med ulike farger). Røde områder viser sannsynlighet for forekomst av tareskog er $>0,5$, grå og svarte områder liten sannsynlighet ($<0,5$) for forekomst av tareskog. Hvite områder er utenfor taresens fundamentale nisje (f.eks. i dype områder) eller utenfor området modellen kan si noe om (f.eks. i fjorder). Grønne områder er land.

Sannsynlighetsmodellen for utbredelse av grønne kråkeboller viser kråkebolledominerte områder nord for Vega (Fig. 10.). Sør for Brønnøysund er forekomstene lave, men lommer dominert av grønne kråkeboller forekommer helt sør til Vikna. I områder med veldig høy bølgeeksponering (ytterst i skjærgården) finnes ikke grønne kråkeboller.

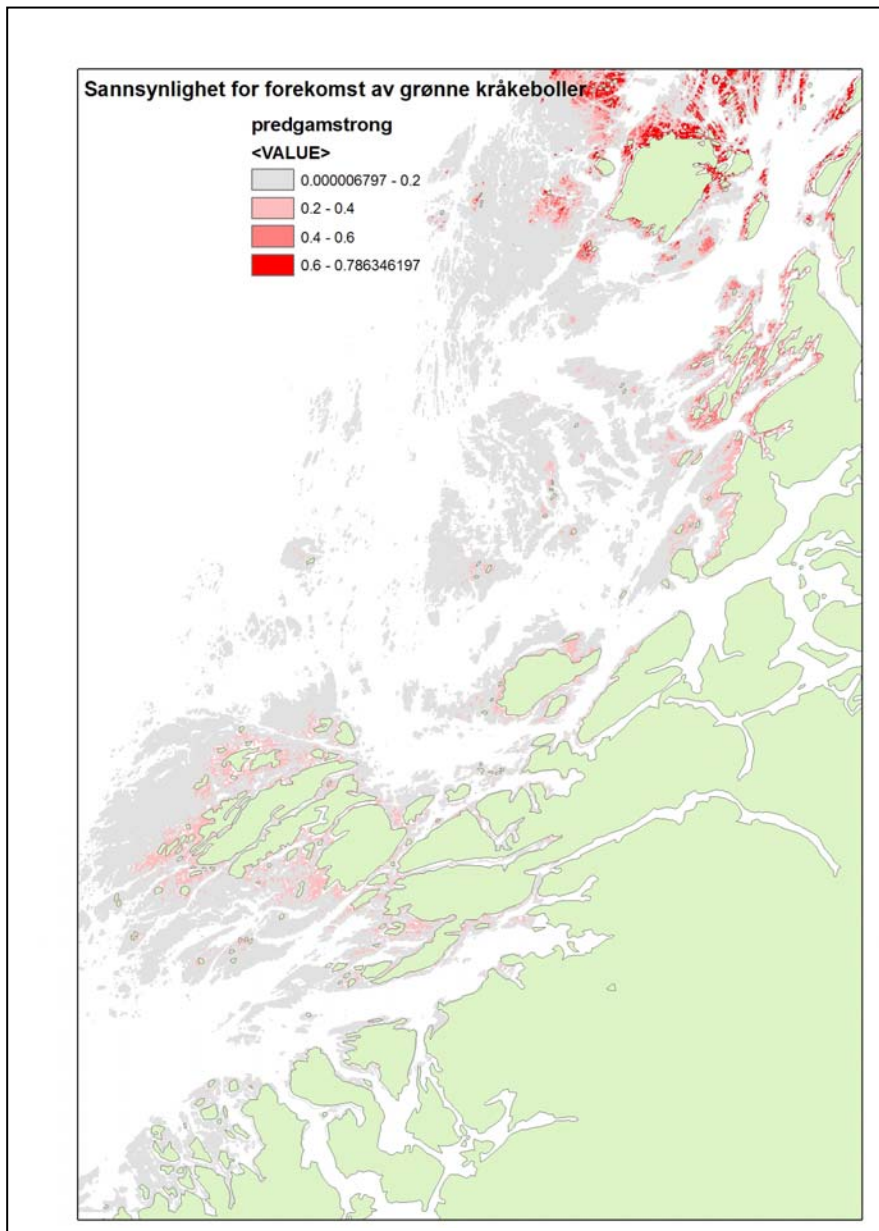


Fig 10. Kart som viser resultatet fra sannsynlighetmodell for forekomst av grønne kråkeboller uttrykt som ulike farger (sannsynlighet 0-0,79). Mørk rød viser høy sannsynlighet for forekomst av grønne kråkeboller. Hvite områder er utenfor området det kunne finnes tareskog (f.eks. i dype områder) eller utenfor området modellen kan si noe om (f.eks. i fjorder). Grønne områder er land.

Sannsynlighetsmodellen for utbredelse av røde kråkeboller viser høyest forekomst av røde kråkeboller i et belte på breddegrad med Brønnøysund. Dette er rett sør for fronten som skiller områder dominert av tareskog og grønne kråkeboller, der tareskog er i ferd med å reetableres. Sør og nord for Brønnøysund er forekomstene av røde kråkeboller lave. I svært eksponerte områder (ytterst i skjærgården) finnes det, i likhet med grønne kråkeboller, også få av de røde.

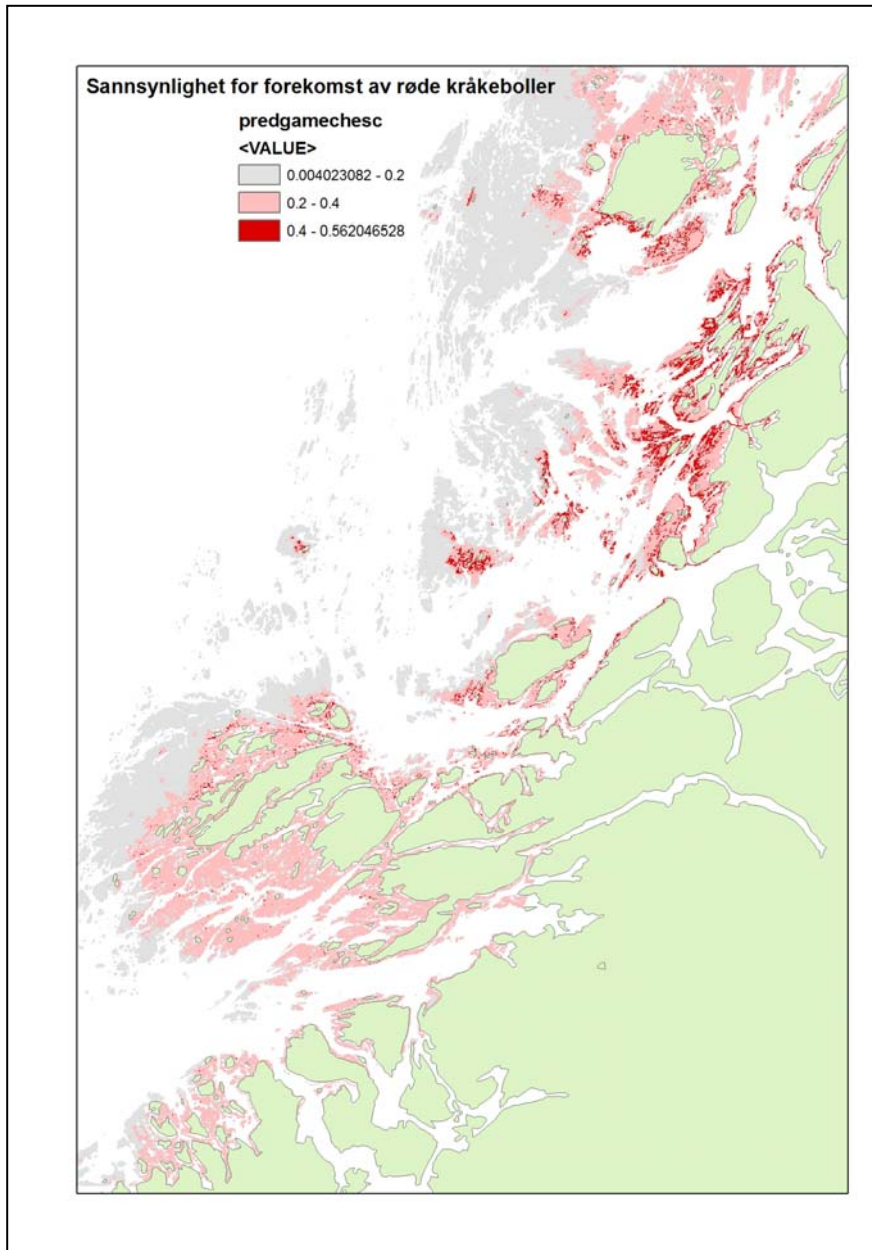


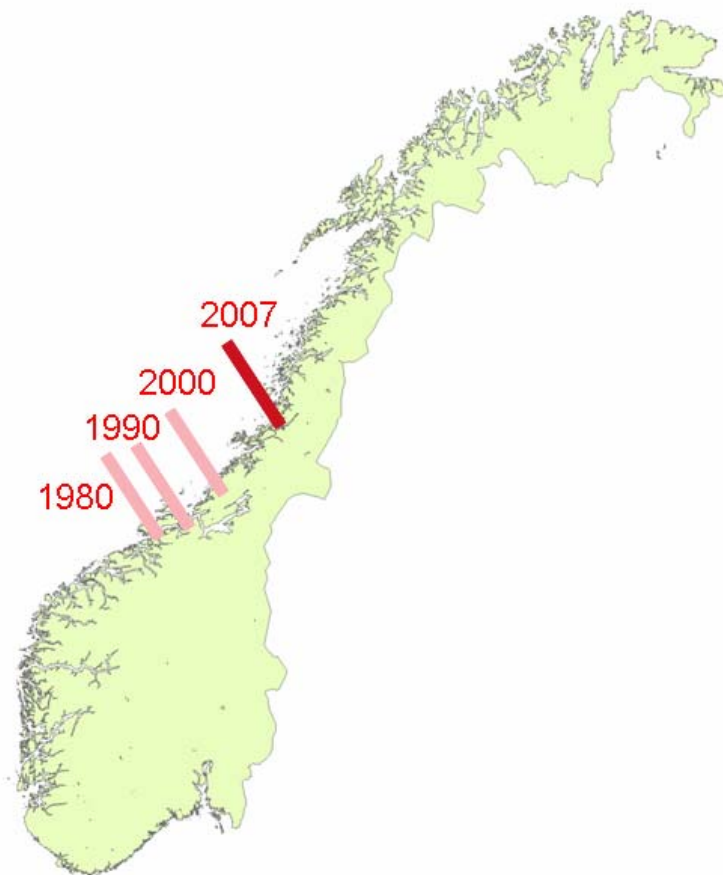
Fig. 11. Kart som viser resultatet fra sannsynlighetmodell for utbredelse av røde kråkeboller. Røde områder har størst sannsynlighet for forekomst av røde kråkeboller, grå områder liten sannsynlighet. Hvite områder er utenfor området det kunne finnes tareskog (f.eks. i dype områder) eller utenfor området modellen kan si noe om (f.eks. i fjorder). Grønne områder er land.

Validering av modellene

Modellen for stortare hadde høy forklaringsverdig (stortare $cvROC=0.80$, grønne kråkeboller), mens modellene for grønne og røde kråkeboller var lavere (hhv. $cvROC=0.45$ og $cvROC=0.41$). Lav forklaringsverdi for modellene for kråkeboller kan forklares av at de er svært flekkvis fordelt. Modellen sier dermed mest om hvilke områder en kan forvente å finne kråkeboller, men fanger i mindre grad opp småskala variasjon. Det er også mulig at modellene ikke har inkludert alle viktige faktorer for utbredelse av kråkeboller.

Diskusjon

Data fra denne undersøkelsen viser at fronten mellom tare- og kråkebolledominerte områder går omtrent ved 65°30' N, ved Brønnøysund (i 2007). Rundt 1980 hadde nedbeittingsområdet sin største utbredelse og strakk seg helt sør til 63°20' N (Sivertsen 1982). Røv et al. (1990) dokumenterte for første gang at fronten var i bevegelse, og senere undersøkelser har understøttet dette. Vi har nå funnet at fronten har beveget seg mer enn 300 km nordover. I 1990 gikk fronten i området ved nordøstsiden av Frøya (Røv et al. 1990). Gradvis reduserte tettheter av grønne kråkeboller og gjenvekst av tare ble funnet fra Frøya og nordøstover utover på 1990-tallet (Skadsheim et al. 1993, 1995, Christie & Rinde 1995). I 2000 ble det funnet at tareskogen hadde reetablert seg på tidligere nedbeitete områder i alle fall så langt nord som 64°10' N (Sjøtun et al. 2001). Sammenstiller man denne informasjonen (Fig. 12) ser vi et bilde av hvordan fronten har beveget seg nordover (selv om ikke alle observasjonene er like nøyaktig kartfestet som våre undersøkelser i 2007). Årsaken til at tareskogen reetableres er ikke kjent og heller ikke undersøkt, men kan være relatert til klimaendringer. Grønn kråkebolle er en kaldtvannsart og stortare har sine optimale forhold lengre sør (rundt Møre, Rinde & Sjøtun 2005). En eventuell temperaturøkning kan påvirke konkurranseforholdet mellom disse artene. Man kan heller ikke se bort fra at endringer i de fysiske forholdene kan påvirke andre grupper i systemet (for eksempel predatorer på juvenile eller adulte kråkeboller).



Figur 12. Bevegelse av fronten (røde linjer) mellom områder i nord dominert av kråkeboller og områder i sør dominert av tareskog i ulike år: 63°20' N i 1980 (Sivertsen 1982), 63°40' N i 1990 (Røv et al 1990), 64°10' N i 2000 (Sjøtun et al. 2001), og 65°30' N i 2007, denne undersøkelsen).

Modellene for tare og grønne og røde kråkeboller dokumenterer et mønster der ulike faser av systemet ble dokumentert. Sør for Vikna dominerte stor (sannsynligvis flere år gammel) tareskog. Her ble det registrert få kråkeboller, kun røde, og tareplantene var begrodd med påvekstorganismer (rødalger og fastsittende dyr) noe som tyder på mer heterogen gammel skog som i alle fall har fått dominere i minst fire-fem år. Området nord for Vega er dominert av tette bestander av grønne kråkeboller og "marin ørken", og markerer sørlig grense for det nedbeitede området som sannsynligvis strekker seg helt til den russiske grensen (jfr Sivertsen 1997). Forekomst av røde kråkeboller var høyest i et belte rett bak fronten (rundt Brønnøysund). Her beites taren aggressivt (egne observasjoner). Dette området syntes å være i en ustabil fase og var en mosaikk med tareskog som nylig var reetablert (homogen og sannsynligvis ung tareskog ble observert) og nylig reetablert tare som ble beitet aggressivt av røde kråkeboller. Også lommer av grønne kråkeboller som holdt stand i høye tettheter og i en nedbeitingssituasjon ble observert.

Det finnes liten kunnskap om de røde kråkebollenes rolle i systemet. Ut fra observasjonene i dette studiet ser det ut som om røde kråkeboller beiter tare aggressivt når taren er i ferd med å reetableres og når de grønne kråkebollene har trukket seg tilbake. Men siden tareskogene ser ut til å reetableres, ser det ut til at de røde kråkebollene ikke er like effektive beitere som de grønne eller at de ikke opptrer i store nok tettheter til å utøve høyt nok beitetrykk. Når tareskogen reetableres og når epifytter etablerer seg på tarestilkene ser det ut til at de skifter diett til epifytter og vi får en normal, frisk fase med heterogen, moden tareskog (som observert sør for Vikna).

Konklusjoner

Undersøkelsen har dokumentert at sørlig grense for fronten som skiller områder i nord, dominert av grønne kråkeboller, og områder i sør, dominert av tareskog:

- Er i ferd med å flytte seg nordover.
- Befinner seg for tiden ved sørlige deler av Vega/Brønnøysund ved 65°30' N.

Området mellom Vikna til Vega (64°43' til 65°30' N) befinner seg i en ustabil fase og domineres av flekkvise områder med:

- Ung, homogen tareskog i ferd med å reetableres
- Områder dominert av røde kråkeboller som beiter ned tareskog
- Enkelte lommer av grønne kråkeboller som holder stand

I området sør for Vikna er tareskogen reetablert og domineres av:

- Heterogen, frisk tareskog
- Få kråkeboller

Kunnskapsbehov

Denne undersøkelsen har, sammen med tidligere undersøkelser, avdekket at balansen mellom tareskogsdominerte og kråkebolledominerte områder for tiden er ustabil og at systemet er i en fase av skifte mellom en stabil fase til en annen i den sørlige delen av nedbeittingsområdet. Siden kunnskapen om hva som styrer dette systemet er liten er det ikke mulig å fastslå årsaken til systemskiftet (se også Sakshaug et al. 2002). Samtidig representerer de observerte storskala endringene en unik mulighet til å

studere systemet i en fase av skifte og dermed øke forståelsen for hvorfor de viktige tareskogene beites ned av kråkeboller og hvilke konsekvenser dette har for det større kystøkosystemet.

Kunnskap som bør prioriteres er:

- Kartlegging lenger nord for å undersøke mulig reetablering av tareskog også lengre nord
- Studier som kan koble eventuell betydning av klima med dynamikken mellom fasene i systemet
- Populasjonstudier av kråkeboller og tare med assosiert samfunn for å bedre forstå hvordan gjengroingsprosessene skjer (kvantitativ kartlegging)
- Kontrollerte eksperimentelle studier som kan undersøke hvilke faktorer som kontrollerer systemet i ulike faser og hva som styrer dem
- Etablere overvåkning av nedbeiting og reetablering av tareskog

De observerte endringene i utbredelse av tareskog i midt- og nord-Norge er bare en av flere storskala endringer som er observert i kystøkosystemene. Andre mer eller mindre godt dokumenterte endringer inkluderer:

- Sukkertareskog forsvinner i Sør- og Vest-Norge (Moy et al. 2007)
- Krabbepopulasjoner (taskekrabbe) ser ut til å øke i sør og finnes lengre nord enn tidligere (fiskeres observasjoner)
- Kongekrabbepopulasjoner øker i nordlige områder
- Kystfiskbestandene endres. Kysttorskbestander reduseres (rødlistet av Artsdatabanken), mens leppefiskbestander ser ut til å øke (egne observasjoner fra Skagerrak og Nordsjøen).

Om, og i hvilken grad disse storskala-endringene har sammenheng er ukjent, men de representerer endringer i den økologiske funksjonen og produksjonen langs kysten som er viktig både for det større kystøkosystemet og for ressursutnyttelse langs norskekysten. Økt forståelse for disse endringene er nødvendig dersom forvaltning av biologiske verdier og ressurser langs kysten skal være kunnskapsbasert.

Referanser

Chapman, ARO (1981) Stability of sea urchin dominated barren grounds following destructive grazing of kelps in St. Mararet's Bay, eastern Canada. *Mar. Biol.* 62: 307-311.

Christie, H. & Rinde, E. 1995. Endringer i kråkebolleforekomst, kråkebolleparasitt og bunnalgevegetasjon langs kysten av Midt-Norge. NINA Oppdragsmelding 359: 1-39.

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. *Journal Marine Biological Association UK*, 83: 687-699.

Isæus M. (2004) Factors structuring *Fucus* communities at open and complex coastlines in the Baltic Sea. Stockholm, University of Stockholm. Doctor thesis. Stockholm University

Mann, K. H. (2000). *Ecology of coastal waters. With implications for management.* Oxford, Blackwell Science

Moy, F., Stålnacke P, Barkved, L., Kaste, Ø., de Wit, H., Magnusson, J., Sørensen, K., Knut Iden, , Hans Olav Hygen, , Knut Harstveit, , Bruce Hackett, , Jon Albertsen, , Johannes Deelstra, , Hanning Steen, , Lasse H Pettersson. 2007. Sukkertareprosjektet: Analyse av klima- og overvåkningsdata. Statens forurensningstilsyn; 210 s

Norderhaug, K. M., S. Fredriksen, Nygaard K (2003). The trophic importance of *Laminaria hyperborea* to kelp forest consumers and the importance of bacterial degradation for food quality. *Mar Ecol Prog Ser* 255: 135-144

Rinde, E., Sjøtun K (2005). Demographic variation in the kelp *Laminaria hyperborea* along a latitudinal gradient. *Marine Biology* 146: 1051-1062.

Røv, N., Christie, H., Fredriksen, S., Leinaas, H.P. & Lorentsen, S.H., 1990. Biologiske forundersøkelser i forbindelse med planer om taretråling i Sør-Trøndelag. - NINA Oppdragsmelding 052:1-20.

Sakshaug E, Christie H, Dale T, Fosså JH, Fredriksen S, Hedlund N, Sivertsen K, Sjøtun K (2002) Nedbeiting av tareskog i Norge. Report to Ministry of fishery and coastal affairs.

Sivertsen K (1982) Utbredelse og variasjon i kråkebollebeiting av tareskogen på vestrkysten av Norge. NF-Rapport nr. 7/82. Nordlandsforskning, Mørkved. p.1-31.

Sivertsen, K. (1997). Geographical 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. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 2872-2887.

Sjøtun K, Christie H, Fosså, JH (2001) Overvaking av kråkebolleforekomstar og gjenvekst av stortare etter prøvetråling i Sør-Trøndelag. *Fisken og Havet* Nr 5-2001, p.1-24

Sjøtun, K., S. Fredriksen, Lein, TE, Rueness, J, Sivertsen, K (1993). Population studies of *Laminaria hyperborea* from its northern range of distribution in Norway. *Hydrobiologia* 260/261: 215-221

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: 1-39.

Skadsheim, A., Christie, H. & Leinaas, H.P. 1995. Population reduction of *Strongylocentrotus droebachiensis* (Echinodermata) in Norway and possible relationships to its endoparasite *Echinomermella matsi* (Nematoda). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 119: 199-209.

Witman JD (1987) Subtidal coexistence: storms, grazing, mutualism and the zonation of kelps and mussels. *Ecol Monogr* 57: 167-187.