

FJORDKALK – Revitalisering av nedbeitede fjorder

et eksperimentelt forskningsprosjekt med målsetning å gjenreise bestander av tareskog, kysttorsk, rødspette m.fl. ressurser i kråkebollenedbeitede områder av Porsangerfjorden, gjennom tiltak mot kråkebollene.



Tette forekomster av kråkeboller på naken, lys sjøbunn. Tareskogen er spist opp.



Fisk over tareskog

Innhold

1. Sammendrag 3
2. Utfordringen 5
3. Formål6
4. Metodikk: Kalkbehandling av kråkeboller 6
 - 4.1. Kysttorsk og tareskog7
 - 4.2. Opsjon med tareutsåing 7
 - 4.3. Opsjon med utsetting av fisk 8
 - 4.4. Potensielle skadeeffekter og andre mulige følger av kalking 8
 - 4.5. Kalkbehandling, tareskog og havforsuring 9
5. Forskningsprosjektet 9
 - 5.1. Arbeidspakker9
 - 5.2. Forskningsområde og gjennomføring 11
 - 5.3. Tid, kostnader og forslag til finansiering 12
 - 5.4. Aktivitetsplan 13
6. Organisering og formidling 14
7. Samfunnsnytte 15
8. Referanser 16

1. Sammendrag

FJORDKALK er et forskningsprosjekt for testing og utvikling av en metode for kalkbehandling av kråkeboller slik at ny tareskog kan vokse fram og skape grunnlag for økt biologisk mangfold. Prosjektet ser spesielt på forhold som kan bidra til å gjenreise kommersielt og kulturelt viktige fiskebestander som kysttorsk og rødspette. Tiltak mot masseforekomster av kråkeboller har vært etterspurt i årtier, men til nå har ingen metoder vært tilstrekkelig effektive eller praktisk gjennomførbare. Bruk av kalk kan være et gjennombrudd i bekjempelse av kråkeboller. Men det er behov for forskningstudier for å vurdere og evaluere metoden og effekter på miljøet. Porsangerfjorden er valgt ut som modellfjord for dette storskala økosystemeksperimentet. Et vellykket resultat vil danne grunnlag for rask og effektiv behandling av Porsangerfjorden og andre berørte fjorder.

Store deler av tareskogen i Nord-Norge er spist opp av kråkeboller og vedvarende store bestander av kråkeboller har opprettholdt en naken og artsfattig sjøbunn (steinbunn) i årtier, spesielt i fjorder og på bølgebeskyttet kyst. Siden 1970-tallet har kråkebollebeiting vært et alvorlig problem på vår kyst og ingenting synes å endre denne situasjonen vesentlig. Det siste 10-året er det observert en naturlig reetablering av tare i Nord-Trøndelag og sør på Helgelandskysten til Vega. Fiskere rapporterer også om flekkvis reetablering i Finnmark, spesielt ute ved kysten. Men i fjordene ser en få tegn til bedring. Der dominerer kråkebollene og opprettholder en lavproduktiv marin ørken.

Tareskogen er blant jordens mest rike og produktive økosystemer. Det er sannsynlig at tareskogen har positiv betydning for blant annet kysttorsk, sei, steinbit og rødspette, i det tareskogen skaper et tredimensjonalt habitat med både skjul og mat. Tiltak som kan avslutte kråkebollenes destruktive beiting, kan derfor ha positiv betydning for kystsamfunnet som helhet.

Det er funnet at kalk (CaO) kan drepe kråkeboller, og prosjektets målsetning er å utvikle en kalkbehandlingsmetode for å redusere bestandene av kråkeboller. Prosjektet skal studere og dokumentere effekter av kalkbehandlingen på dyre- og planteliv, og spesielt ettervirkninger av behandling på taregjenvekst, fiskeyngel og biologisk mangfold for øvrig. Behandlingen kan suppleres med utsåing av tare og utsetting av fisk, om det skulle vise seg nødvendig for å starte gjenvekst.

Kalkbehandling er sannsynligvis en kostnadseffektiv metode, som kan anvendes i andre fjorder med tilsvarende utfordringer som Porsangerfjorden, dersom resultatet av prosjektet er positivt.

Prosjektet har en varighet på fire år for å kunne følge opp gjenvekst av tare og mulige positive effekter på fiskebestander. Prosjektet har en kostnadsramme på 6 millioner kr.

FJORDKALK-prosjektet er organisert i antall tematiske arbeidspakker (WP) med 2 opsjoner som kan velges om nødvendig. Prosjektet har en intensiv periode første 2 år og går deretter over i en ekstensiv periode som skal følge opp utviklingen over tid uten nye behandlinger.

Tidsmessig er det viktig å ha oppstart i juli (2011) slik at prosjektet kan utnytte sesong for naturlig rekruttering av tare som er rundt november til februar. Tilvekst av tare kan da overvåkes fra våren 2012. Evt. mindre etterbehandlinger kan også utføres om kråkebollebestanden igjen får truende tettheter. Evt. kan også opsjon med utsåing av tare også settes iverk om naturlig rekruttering av tare er svak, men trolig ikke det første året.

Prosjektet er delt i 5 arbeidspakker.

WP1 Virkemekanismer og omfang. Det er viktig å få klarhet i virkemekanismene ved kalk og hvike organismegrupper som skades ved behandling. Det er antatt at kalken raskt vil gå over til kalsiumkarbonat og som sådant fungerer som et positivt stoff etter den reaktive fasen. Det er nødvendig med kunnskap om dose-respons og virkningstid når et stort område skal behandles. Eksperimentene vil bli utført i laboratorieforsøk i Holmfjord, Prosanger.

WP2 Kalkbehandling i felt. Valg, klargjøring og kartlegging av forsøksfelt i Porsangerfjorden som skal behandles. Tekniske løsninger for blanding av kalk, konsentrasjoner og metoder for kalkdosering prøves ut med bakgrunn i pilotforsøkene ved Holmfjord og storskala kalkdosering (ca 1.500 daa og 200 tonn kalk) gjennomføres i størst mulig grad første høst. Resterende arealet dekkes andre år. Metodikk dokumenteres og inngår i grunnlag til tiltaksmetodebeskrivelse.

WP3 Effekter av kalkbehandling på flora og fauna. Etter behandling er det forventet en kraftig nedgang i kråkebollebestanden og en påfølgende tilvekst av algevegetasjon og tare påfølgende år. På et antall stasjoner kartlegges vår og høst artssammensetning og forekomst av flora og fauna med standard metoder. Effekter på inntilliggende ikke-behandlede områder skal undersøkes for å kartlegge evt. uønskede ringvirkninger. De behandlede områder skal også kartlegges før behandling.

WP4 Rekruttering av fisk. Tilvekst av tareskog forventes å slå positivt ut på rekruttering av kysttorsk og andre fiskeslag. Rekruttering og bestandsendringer skal følges over flere år med flere typer fangstredskaper og bestandsmål.

WP5 Rapportering. Prosjektstatus rapporteres årlig til instituttet og finansierer. Det utarbeides en plan for populærvitenskapelig formidling og vitenskapelig publisering fra prosjektet.

Tilvalgsmuligheter. Hvis lokal rekruttering av tare eller kysttorsk er svak eller utblir, skal ytterligere tiltak for stimulering vurderes. Havforskningsinstituttet behersker teknikker for utsåing av tare og utsetting av gytemoden fisk (gyting i merd) (lokale stammer) som kan anvendes for å stimulere revegetering og rekruttering i behandlede områder.

Budsjett (i kr 1000,-)

Aktivitet	2011	2012	2013	2014	Sum
WP1 Virkemekanismer.	50	50			100
Labforsøk og analyser	300	200			500
WP2 Kalkbehandling i felt, arbeidskostnader	500	100			600
Direktekostnader	500	100			600
WP3 Effekter på flora og fauna, Feltinnsamling	250	400	400	300	1350
Analyser av biologisk materiale	50	200	200	200	650
WP4 Rekruttering av fisk, innsamling	0	100	400	400	900
Analyser	0	0	200	200	400
WP5 Rapportering (årlig), publisering og media	50	50	150	250	500
Prosjektreserve (5-10 %)	200	100	100	0	400
Sum	1900	1300	1450	1350	6000

2. Utfordringen

På begynnelsen av 1970-tallet rapporterte fiskere langs kysten av Nord-Norge at tareskogen forsvant samtidig som kråkebollebestanden blomstret. Senere vitenskapelige studier har bekreftet fenomenet, og anslått at nærmere 2000 kvadratkilometer¹ frodig og artsrik tareskog er beitet ned av kråkeboller og erstattet med ørkenaktig, uproduktiv, naken steinbunn. Nedbeitingen startet sannsynligvis noenlunde samtidig, og dekket et område som strakte seg fra Midt-Norge og inn i russiske farvann rundt Murmansk og Kola. Bølgebeskyttede områder og fjorder er hardt rammet, mens ytre kyst og bølgeutsatte områder i mindre grad er rammet av nedbeitingen. Tareskogen er regnet som en av klodens mest produktive naturtyper, og det er ikke uvanlig å finne mer enn 10 000 små krepsdyr per kvadratmeter tareskog. Mange av disse dyrene kan være viktig matkilde for fisk og fiskeyngel som oppholder seg i tareskogen²,³. Norderhaug og Christie (2009) konkluderte i en vitenskapelig gjennomgang av nedbeitingen blant annet med følgende formulering: *Due to the great spatial and temporal extent of kelp forest losses, this event must be considered as one of the largest ecological catastrophes reported in Norway, regardless if the causes is manmade or not.*⁴

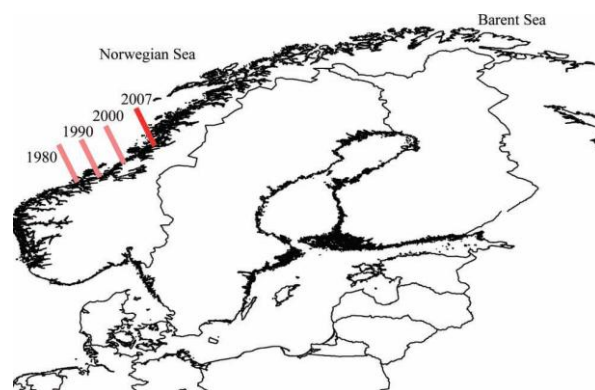
Grensen mellom tareskog og nedbeitet område er ikke statisk og det observeres en gradvis naturlig reetablering av tare på Trøndelags- og Helgelandskysten. Taren har nå etablert seg i store deler av Midt-Norge nord til Vega (Figur 1). Fiskere rapporterer også om flekkvis reetablering i Finnmark, spesielt ute ved kysten. I fjordene og på bølgebeskyttet kyst ser en ingen tegn til bedring og mange fjorder også i Sør-Norge er rammet av kråkebollenedbeiting.

Tareskogen er strukturelt komplekse og diverse økosystem, og regnet blant jordens mest rike og produktive økosystemer^{5,6}.

Nedbeitingen av tareskog representerer et stort tap av plantebiomasse, skjulesteder og jaktområder for havets små og store dyr. Det er derfor liten tvil om at nedbeitingen av tareskogen langs kysten av Nord-Norge representerer et betydelig tap av biologisk mangfold og produksjon i de rammede områdene.

Nedbeitingen kan også ha hatt konsekvenser for overlevelsesmulighetene til yngel hos fjordreproduserende bestander, som steinbit, rødspette og kysttorsk. Tilstanden for kysttorsk er dårlig med svak rekrutteringen og lav bestand. Bestanden har siden 2004 vært så redusert at det Internasjonale Havforskningsrådet (ICES) har anbefalt nulluttak. Yngel av kysttorsk tilbringer sine første levemåneder fritt i vannmassen, men søker seg i løpet av sommeren ned mot bunnen i grunne områder, hvor den kan jakte og finne skjul blant stein og sjøplanter. Det er ikke urimelig å anta at nedbeitet, uproduktiv bunn kan være negativt for yngelens mulighet til å overleve denne sårbare fasen, sammenlignet med ditto bunnslåing i et tang og tarerike leveområde.

Utfordringen har vært å finne effektive tiltak mot kråkeboller slik at bestanden av kråkeboller kan reduseres tilstrekkelig til at ny tare kan vokse opp og gjenopprette et mer balansert og rikere økosystem enn kråkebollesamfunnet. Forsøk og erfaringer fra Japan og Canada er testet



Figur 1. Revegetering av nedbeitet sjøbunn i perioden 1980 til 2007. Figur hentet fra Norderhaug og Christie, 2009.⁽⁴⁾

i pilotforsøk ved Holmfjord i Porsangen og oppløftende resultatene viser at vi nå kan ha en effektiv metode mot kråkeboller. Kalkbehandling gir oss mulighet til å gjennomføre undersøkelser på storskala økosystemnivå, som også kan gi oss ny kunnskap om viktige økosystemprosesser. Om forsøkene blir vellykkede kan det lede fram til mer anvendte tiltaksprosjekt med rask og kostnadseffektiv behandling for gjenvekst av tareskog i nedbeitede områdene.

3. Formål

Målsetningen med prosjektet FJORDKALK er å utvikle og teste en metode med kalkbehandling mot kråkeboller slik at bestandene av disse reduseres og ny tareskogen kan vokse fram og skape grunnlag for økt biologisk mangfold og produksjon, og spesielt skape grunnlag for nytt, rikt fiskeliv i Porsangerfjorden. Prosjektet skal studere og dokumentere effekter av kalkbehandlingen (CaO) på dyre- og planteliv og spesielt ettervirkninger av behandling på taregjenvekst, fiskeyngel og biologisk mangfold for øvrig. Om forsøkene blir vellykkede, dvs at kråkebollebestandene reduseres i forsøksfeltene i tilstrekkelig grad til å gi rom for gjenvekst av tarevegetasjon og at andre skadevirkninger er små eller akseptable, kan dette forskningsprosjektet lede fram til en tiltaksmetode for rask og kostnadseffektiv behandling for gjenvekst av tareskog i nedbeitede fjord og kystområder.

Tilleggsaktiviteter som utsåing av tare og utsetting av fisk er tatt inn i forskningsprosjektet som opsjoner hvis det skulle vise seg nødvendig med ekstra tiltak for å starte gjenvekst, dvs at naturlig rekruttering i forsøksområdet ikke er tilstrekkelig.

4. Metodikk: Kalkbehandling av kråkeboller

Pilotforsøk og erfaringer fra Japan viser at kråkeboller kan fjernes ved kalkbehandling. I Japan benyttes metoden til å fjerne kråkeboller i områder der man gjennomfører tiltak med utsåing og utplanting av tare. Metoden har forsøksvis også vært benyttet i Canada og California, men rapporteringen fra disse forsøkene har vært mangelfulle eller i alle fall vanskelig tilgjengelige.

Det har vært gjengs oppfatning at metoden ikke ville virke ved våre sjøtemperaturer, spesielt ikke i Nord-Norge, og slett ikke ved en lav dosering. Dette viste seg å være feilaktige antakelser. Laboratorieforsøk gjennomført ved forskningsstasjonen i Holmfjord i Porsangerfjorden høsten 2009, viste at brent kalk (CaO) i doser på 125 gram per kvadratmeter drepte 100 % av kråkebollene i løpet av 24 timer i temperaturintervallet 5-10 °C. Det gir en teoretisk kalkingskostnad på kr 500 000,- for behandling av et 15

meter bredt og 10 mil langt belte i sjøsonen. I tillegg kommer utgifter til båt, utstyr og mannskap. Det må også tas høyde for at dosene sannsynligvis må økes i felt i forhold til hva som er virksomt under laboratoriebetingelser. Et pilotforsøk utført på Skarveskjæret i Porsangerfjorden høsten 2008

viste rask og god effekt av kalking. Bestanden av kråkeboller ble kraftig desimert og store tareforekomster ble observert allerede påfølgende sommer (2009) (Figur 2).



Figur 2. Område på Skarveskjæret med gjenvekst av tareskog etter behandling. Det finnes også områder der kråkebollene fortsatt holder skjæret nedbeitet

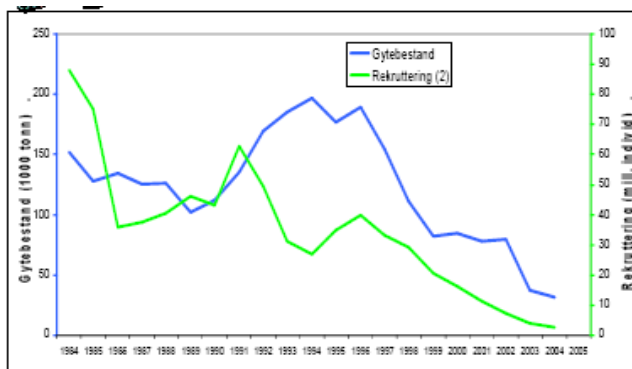
Kysttorsk og tareskog

Norsk kysttorsk er delt i bestander, hvor spesielt gyting og tidlig yngelliv er begrenset til spesifikke fjordsystemer. Etter at eggene er gytt i februar til april vil strømvirvler i fjorden bidra til at mye av eggene holdes tilbake i fjorden og klekker der. De første månedene av livet lever torskelarvene og etter hvert yngelen fritt i vannmassene. Mot sensommeren, når yngelen er rundt 10 cm, vil den søke ned mot bunnen for å jakte på mat og finne skjul for fiender. Ettersom tareskogen tilbyr både mat og skjulesteder i rikt monn, er det rimelig å anta at det å bunnslå i en nedbeitet marin ørken vil være et negativt bidrag til yngelens mulighet for å overleve på dette stadiet. For kysttorsken i Skagerrak ble det påvist noen år med dårlig yngelproduksjon på 1930-1940-tallet, selv om gytebestanden var god. Svikten i produksjon av rekrutter sammenfalt den gang i tid med nedgang i åleggessbestanden pga en sykdom. En japansk studie på yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) illustrerer betydningen av tangstrukturer og tredimensjonale habitat. Yellowtail "bunnsår" i flytende tangstrukturer og studiet konkluderer med at "yellowtail juveniles are likely to be most abundant when seaweed biomass is high".⁷

Samvariasjoner er ikke bevis for årsakssammenhenger og langt fra all problematikk knyttet til oppvekst av fiskeyngel er knyttet til tareskog, åleggess eller tang. Det er likevel sannsynlig at en inntakt tareskog er viktig, i det minst positiv, for overlevelse i yngelfasen hos noen viktige arter. Vi har gjennom FJORDKALK et verktøy som gjør det mulig å teste følgende hypotese på økosystemnivå:

Tang og tarebeltet er viktig for retensjon/overlevelse i yngelfasen til kysttorsk i tiden fra bunnslåing og fram til fisken forlater yngelhabitatet for beiting på mer frittgående byttedyrbestander.

Om forsøkene styrker hypotesen, vil man raskt kunne iverksette tiltak i stor skala, som kan utbedrer denne systemsvikten, og på ny fører til at store mengder livskraftig yngel strømmer ut av fjordene og etter hvert bidrar til de fiskbare bestandene.



Figur 2. Utvikling av rekrutter (grønn linje) og gytebestand (blå linje) hos kysttorsk fra midten av 80-tallet og fram til i dag. Figuren viser at det i flere år så å si har blitt produsert få rekrutter, selv om gytebestanden har vært god (figur utarbeidet av Havforskningsinstituttet).

Opsjon med tareutsåing

Havforskningsinstituttet (Flødevigen forskningsstasjon ved Arendal) har i forbindelse med sukkertareprosjektet i Skagerrak (2007-2009) etablert flere metoder for utsåing og utplanting av tare som kan komme til anvendelse hvis naturlig reetablering av tare uteblir. Prosedyren går ut på at man samler inn kjønnsmodne tareplanter av ønsket art, induserer disse til å slippe sporer, samt legger forholdene til rette for at de skal kunne bunnslå på småstein (eller annet ønsket substrat). Deretter holdes sporene i kultur til de har vokst fram til små tareplanter og kan "sås" ut på aktuelle områder. I naturen kan sporene fra tareplanter bare spre seg en viss avstand fra friske moderplanter⁸, og om store områder er sammenhengende nedbeitet, kan det

ta mange år før taren naturlig sprer seg inn i nedbeitede områder. Prosjektet har derfor tatt med en opsjon med utsåing av tare, basert på etablert teknikk ved instituttet, hvis det skal vise seg at naturlig gjenvekst i et behandlet område blir lav eller fraværende. Metodene er fortsatt på eksperimentstadiet, men testresultatene fra Skagerrak har vært tilstrekkelig gode slik at metoden kan anbefales. Med tareutsåing kan det etableres et antall små oaser (fra lokale/regionale stammer) som vil påvirke biodiversiteten positivt og i sin tur spre sporer til større områder.

Opsjon med utsetting av fisk

Torsken i Porsangerfjorden har tidligere vært en viktig ressurs, og studier på 1980 tallet viste at den var spesiell både med hensyn til biologi og genetisk særpreg. Kollapsen i bestanden skyldes for en stor grad et intensivt fiske på gytebestanden (Olderfjorden) i gytetiden. Selv etter omfattende restriksjoner i fiske, har bestanden ikke tatt seg opp siden. Det kan ha sammenheng med nedbeitet tareskog.

En målsetning med Fjordkalk er å få tilbake kysttorsken gjennom å gjenreise tareskogen i fjorden. Om det skulle vise seg at innsig av gytefisk, mengde av egg eller yngel er for lavt til at bestanden kan bygge seg opp naturlig, åpnes det for diskusjon om aktivt tiltak for gjenreising av Porsangerfjordtorsken. Resultater fra prosjektet "Gyting i merd" indikerer at utplassering av gytemoden Porsangertorsk i merd på tradisjonelle gyteplasser kan være et godt tiltak for bedre rekruttering. Tiltaket kan utvides til å være et eget 3-5 årig prosjekt om nødvendig, med basis i at kalkbehandlingen har ført til reetablering av tareskogen, men at torskestammen ikke er sterk nok til å reetablere en livskraftig populasjon. Yngel fra "gyting i merd" strategien er økologisk sett en mye riktigere måte å gjenreise en torskebestand enn utsetting av yngel fra oppdrett, fordi avkommet fra "gyting in merd" vil være mye bedre tilpasset etter å ha vært igjennom naturlige selektive prosesser og preging fra eggstadiet. Programmet er også et klart svar og en konkretisering i forhold til anbefalinger fra ICES, fokuseringen på kysttorsk fra både fiskerinæringen og forvaltningsmyndighetene.

Potensielle skadeeffekter og andre mulige følger av kalking

Kalkingen foretas i nedbeitede områder som har lite biologisk mangfold og lav produktivitet⁹. De kråkebolledominerte områdene består stort sett bare av kråkebollen selv (som regel er det drøbakskråkebollen, *Strongylocentrotus droebachiensis*, som står for nedbeiting) og naken fjellbunn med kalkalgeskorper (ofte helt hvite på grunt vann) og kalkrørsormer. Noen få individer av slangestjerner, sjøanemoner, skjell, snegl, sjøstjerner og sekkedyr kan gjenne være tilstede, ellers lite annet (#ref). I fjorder er tangbelte i fjæresonen ofte intakt da kråkebollene pga. brakkvann i overflaten ikke beiter helt opp. Nedenfor de beitede fjellbunnsområdene er det bløtbunnsområder med relativt normale bløtbunnsfunn. Effekten av behandling på organismer i tangsonen, i det nedbeitede området (behandlingsområdet) og på bunnen nedenfor, skal undersøkes i prosjektet og veies opp mot nytten av behandling.

Foreløpige undersøkelser tyder på at fiskeyngel er uaffektert av behandlingen. De svømmer inn og ut av behandlingsskyen, og lar seg velvillig mate med blåskjellinnmat umiddelbart etter avsluttet behandling (pilotforsøk ved Holmfjord stasjon).

Vellykket behandling vil med høy sannsynlighet resultere i ny planteproduksjon og trolig også ny tareskog, med mulighet for reetablering av det tidligere rike dyrelivet. Det er rimelig å anta at behandlede områder raskt vil få tilført nye livdyr fra omkringliggende ubehandlede

områder.¹⁰ Tett tareskog inneholder naturlig veldig få kråkeboller¹¹, og reduksjon/fjerning av kråkeboller på nedbeitede lokaliteter, vil kunne bringe bestanden tilbake til ”normalnivå”.

Kalkbehandling, tareskog og havforsuring

Aksellererende utslipp av CO₂ i industriell tidsalder har bidratt til at atmosfærens innhold er økt fra 280 ppm i 1750 til 387 ppm i 2009¹², og globale oppvarmingen og havforsuring er nå satt på den politiske og biologiske dagsorden. Omtrent en fjerdedel av all CO₂ som er tilført atmosfæren de siste 200 årene er tatt opp i havet, og forsuring av havmiljøet er allerede en realitet¹³. Konsekvensene i årtiene som følger kan bli store.

Tang, tare, sjøgress og planteplankton binder CO₂ når de vokser og flere arbeider peker på betydningen av disse naturtyper i klimadebatten om CO₂-binding^{14 15 16 17}. Gjenvekst av tapt tareskog (pga nedbeiting) er beregnet til 17 millioner tonn stortare med kapasitet til å binde 7-8 millioner tonn/år¹⁸ til en verdi av 1 milliard NOK basert på dagens kvotepris for CO₂ på 146 kr/tonn. Den norske regjeringen lovte i 2007 å bruke 3 milliarder pr år på regnskogsfondet. Kanskje kan satsning på gjenvekst av tareskogen regnes som en fornuftig investering også i en klimagasskontekst.

Om vi lykkes å få tilbake tareskogen i det planlagte feltet med bredde 15 m og lengde 10 mil med en tetthet på 10 kg/m², vil gjenveksten av tare utgjøre en CO₂ fangst til verdi av ca 900.000 kr.

CaO eller brent kalk, er et vanlig kommersielt produkt som brukes i sementproduksjon, vann og avløpsbehandling, papirproduksjon, som koagulant, i landbruk, gassvaskere og i prosesser for å nøytralisere syre/sure miljøer. CaO reagerer med vann og danner Ca(OH)₂ som igjen reagerer med karbonsyra i sjøvannet ($H_2CO_3 = H^+ + HCO_3^- = 2H^+ + CO_3^{2-}$) og danner vann (2H₂O) og vanlig kalsiumkarbonat (CaCO₃) som inngår i skallet til snegl, muslinger, eggeskall m.fl. Ved bruk av 200 tonn kalk bindes ca 150 tonn CO₂ fra sjøvannet.

På tross av disse perspektivene er prosjektets hovedmotivasjon den økologiske og økonomiske betydningen av å gjenreise bestander av tareskog og kystressurser i kråkebollenedbeitede områder på kysten. Mulig positiv effekt i form av CO₂-binding er å regne som en bonus, som kan brukes i økonomisk lønnsomhetsbetraktninger.

5. Forskningsprosjektet

FJORDKALK-prosjektet er organisert i 5 tematiske arbeidspakker (WP) med 2 opsjoner som kan velges om nødvendig. Prosjektet har en intensiv periode første 2 år og går deretter over i en ekstensiv periode som skal følge opp utviklingen over tid uten nye behandlinger. Tidsmessig er det viktig å ha oppstart i juli (2010) slik at prosjektet kan utnytte førstkommande sesong for naturlig rekruttering av tare (rundt november til februar). Tilvekst av tare kan da overvåkes fra våren 2011. Kalkbehandling av flere felt og evt etterbehandlinger om kråkebollebestanden igjen får truende tettheter, utføres i 2011. Evt. kan også opsjon med utsåing av tare også settes iverk om naturlig rekruttering av tare er svak, men trolig ikke det første året. En opsjon for stimulering av fiskerekruttering er også foreslått.

Arbeidspakker (WP)

Prosjektet er delt i 5 arbeidspakker og med 2 tilvalgsmuligheter om ytterligere tiltak er nødvendig.

WP1 Virkemekanismer og omfang

Det er viktig å få klarhet i virkemekanismene ved kalk, hvike organismegrupper som påvirkes av behandling og måle hvor lenge stoffet er reaktivt under realistiske omstendigheter. Det er antatt at kalken raskt vil gå over til kalsiumkarbonat og som sådant fungere som et positivt stoff etter den reaktive fasen. I pilotstudier testes egnetheten til ulike kalkprodukter (Franzefoss Miljøkalk). Det er nødvendig med grunnleggende kunnskap om dose-respons og virkningstid når et stort område skal behandles. Eksperimentene vil bli utført i laboratorieforsøk i Holmfjord, Prosanger. Arbeidet starter så snart som mulig med sikte på leveranse av god dokumentasjon før storskala kalkbehandling gjennomføres sensommer/høst-sesongen.

WP2 Kalkbehandling i felt

Valg og klargjøring av områder som skal kalkbehandles skjer i samarbeid med pågående forskningsprosjekt EPIGRAPH i Porsangerfjorden (se mer om valg av områder under). Forsøksfeltet skal oppmåles og det skal lages en fortegnelse over biologisk mangfold i og utenfor områdene (arbeidspakke 2). Tekniske løsninger for blanding av kalk, konsentrasjoner og metode for kalkdosering prøves ut med bakgrunn i pilotforsøkene ved Holmfjord. Storskala kalkdosering (200 tonn kalk og ca 1.500 daa) gjennomføres i størst mulig grad første sensommer og høst. Resterende kalkingsarealet og eventuell etterbehandling utføres det andre år. Metodikk dokumenteres og inngår i grunnlag til tiltaksmetodebeskrivelse. Vi er i forhandlinger med Franzefoss Miljøkalk om leveranse av kalk og kalkingsbåt.

WP3 Effekter av kalkbehandling på flora og fauna

Etter kalkbehandling er det forventet en kraftig nedgang i kråkebollebestanden og en påfølgende tilvekst av tare. Over tid er det forventet økt biologisk mangfold og produksjon med ringvirkninger til rekruttering av fisk. Endringer i flora og fauna beskrives gjennom før- og etter-undersøkelser. På et antall stasjoner skal det lages en fortegnelse over det biologiske mangfoldet i og utenfor områdene som skal behandles. Undersøkelsene skal måle endring i artssammensetning og forekomst (dekningsgrad, tetthet) av flora og fauna, samt størrelsefordeling av kråkeboller og tare over tid. Standard metoder og metoder benyttet i sammenliknbare tareskogsundersøkelser skal benyttes (ruteanalyser, transektdykking). I tillegg brukes ROV/slepekamera for fotodokumentasjon og ekstensiv kartlegging. Endringene skal vurderes mot referansedata på tareskog og mot ikke-behandlede kontrollområder.

Behandlingen mot kråkeboller på hardbunn kan forventes å ha virkning også på fauna i inntilliggende bløtbunnsområder og det skal studeres med standard bløtbunnsprøvetaking i gradient fra tiltaket.

WP4 Rekruttering av fisk

Tilvekst av tareskog med produksjon av mat og skjul er forventet å slå positivt ut på rekruttering av kysttorsk og andre fiskeslag. Rekruttering og bestandsendringer skal følges over flere år med flere typer fangstredskaper og bestandsmål. Positive ringvirkninger av evt. økte fiskeressurser for lokalsamfunnet skal beregnes. Forventede positiv effekt på tareskogsystemet av økt biomangfold og økte fiskebestander gjennom kontroll av beitere og trådalgevekst skal også estimeres.

WP5 Rapportering

Prosjektstatus rapporteres årlig til instituttene og finansører. Det skal utarbeides en plan for populærvitenskapelig formidling og vitenskapelig publisering fra prosjektet. Prosjektet

planlegges å avslutte med en sluttkonferanse hvor sluttrapport sammen med bilder og film skal dokumentere prosjektresultatene og gi grunnlag for diskusjon og vurdering av forvaltningstiltak.

Opsjon WP6 Utsåing av tare

Hvis lokal rekruttering av tare er for svak (WP3) til at naturlig revevegetering følger kalkbehandlingen av kråkebollene kan lokal tare bli hentet fra ytre deler av Porsangerfjorden hvor det fortsatt er stortare, og til laboratoriet på Holmfjord forskningsstasjon for behandling og stimulert til sporeslipp direkte i felt og på egnet substrat i lab for senere utplanting. Morplanter vil bli samlet inn om høsten og utsåing foregå i vintermånedene. Utplantet tare skal danne oaser som stimulerer lokal biodiversitet gjennom sin 3-dimensjonale struktur og senere spredning av tare gjennom naturlig sporeslipp i følgende år. Om dette tiltaket blir aktuelt skal det diskuteres om flere arter skal utplantes samtidig da ulike arter har ulike suksesssuksess (butare og sukkertare er typiske tidlige arter, mens stortare blir dominant senere).

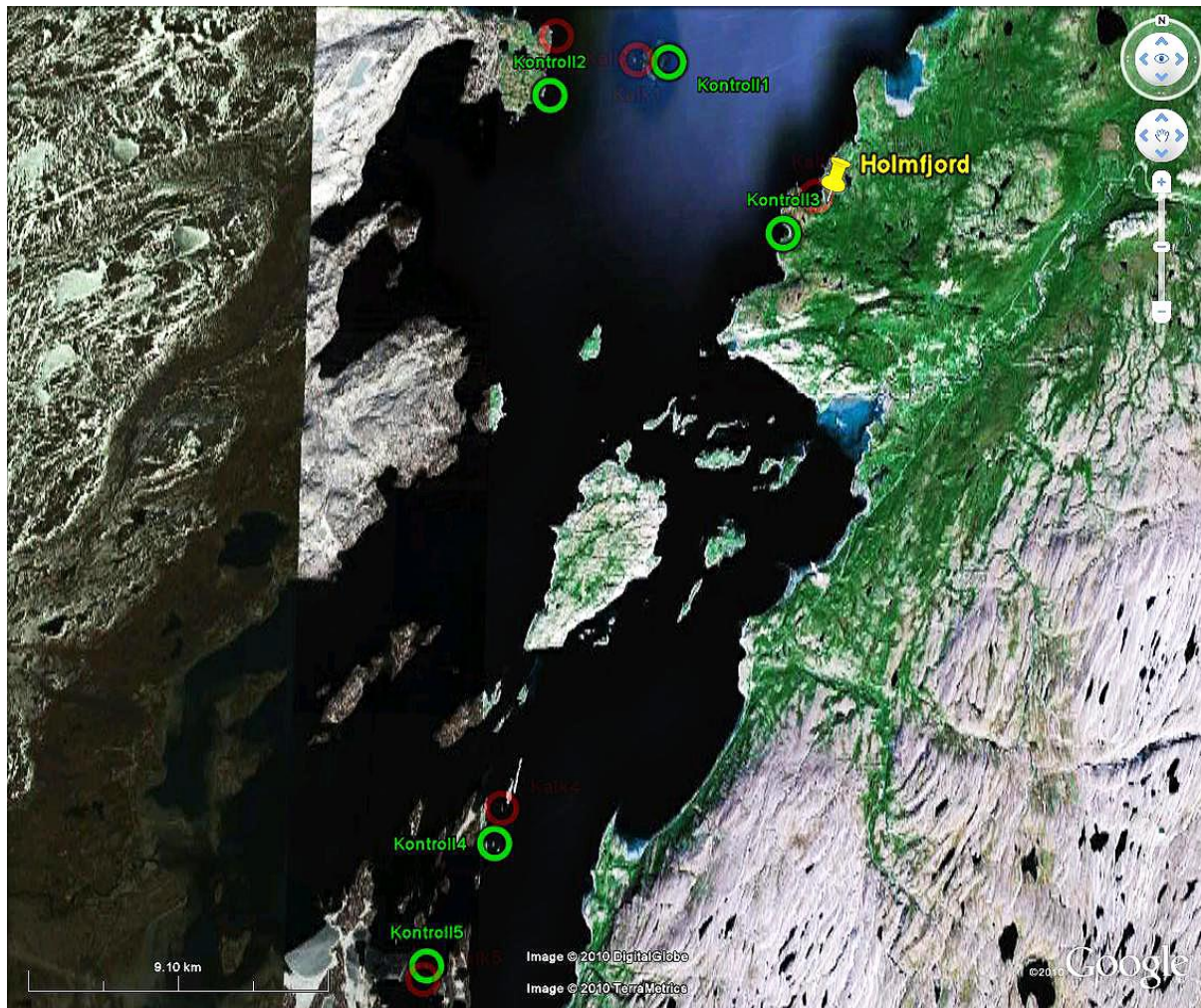
Opsjon WP7 Gytemoden fisk i merd

Om det skulle vise seg at innsig av gytefisk, mengde av egg eller yngel er for lavt til at bestanden av kysttorsk kan bygge seg opp naturlig (WP4), åpnes det for diskusjon om aktivt tiltak gjennom "Gyting i merd" på tradisjonelle gyteplasser, f.eks. Olderfjorden, for å bedre rekrutteringen. Arbeidspakken kan utvides til å være et eget 3-5 årig prosjekt om nødvendig, med basis i at gjennomført kalkbehandling har ført til reetablering av tareskogen, men at torskestammen ikke er sterk nok til å reetablere en livskraftig populasjon.

Forskningsområde og gjennomføring

Pilotundersøkelsen er utført på et lite, begrenset område i Porsangerfjorden. Forskningsprosjektet må utføres på et tilstrekkelig stort areal til å kunne måle effekter av tiltaket også på økosystemnivå. 5 forsøksområder er foreslått på grunnlag av kunnskap om Porsangerfjorden og i samarbeid med Epigraph-prosjektet i fjorden (se kart i figur 3).

Vestsiden av Hamnholmen, nordre del av Veineset og Holmfjord, samt to lokaliteter sør for Reinøya er valgt ut som forsøkslokaliteter (markert med røde ringer), mens nærliggende områder vil fungere som kontroll (markert med grønne ringer). Forsøksområdene er per i dag dokumentert å være tilnærmet fullstendig nedbeitet. Området er så stort at det må kunne forventes å få effekter på bestandsnivå, om man klarer å reetablere tareskogen i hele kalkingsområdet. Holmfjord forskningsstasjon med båter og landfasiliteter vil bli benyttet i prosjektgjennomføringen, og det vil bli vurdert å benytte en spesialisert kalkingsbåt fra Franzefoss Miljøkalk AS til spredning av kalken. Totalt vil det benyttes 200 tonn kalk med en dose per arealenhet på ca 200 g/m². (KLIF er søkt om utslippstillatelse.) Risikoen for uønskede effekter av kalkbehandling ansees i utgangspunktet som lav ut fra kjent kunnskap om CaO. CaO's reaktivitet i sjøvann er kortvarig og sluttproduktet er kalsiumkarbonat som i sjøvann er uproblematisk (eller positivt). Dertil kommer at tareskogen i testområdet i Porsangerfjorden er ødelagt av kråkebollebeiting, det biologiske mangfoldet er dårlig og kommersielle fiskerier er små, slik at uttestingen ikke forventes å forringe mulighetene for kommersielle aktører.



Figur 3. Kart over forsøksområdet i Porsangerfjorden og forslag til 5 behandlingsområder.

Tid, kostnader og forslag til finansiering

Kostnader til behandling av forsøksområdene, samt forundersøkelser og oppfølgende undersøkelser er første året anslått til kr 1,8 mill. Sommer/høst 2011 vil være et gunstig tidspunkt for behandling. Noen uker etter hovedbehandlingen bør man gå over området på nytt, og eventuelt behandle på nytt områder som fremdeles har mye boller på grunn av for lave doser eller fordi nye boller har trukket opp fra dypet. Effektstudiene vil utføres med nedsenkbare kameraer, ROV, bunngrebb, fiskeredskaper og dykkerteam. Teamene vil bestå av ca 5 personer og innsamling utføres over ca. en uke før og etter behandling og deretter en gang årlig i de påfølgende tre årene. For noen målinger, som gjenvekst av tare, er det behov for oppfølging vår og høst.

Aktivitetene er forsøkt fordelt etter naturlig rekkefølge og fordeling av kostnader på år. Foreslått kostnadsbudsjett og finansieringsplan er vist i tabellene under:

Budsjett (i kr 1000,-)

Aktivitet	2011	2012	2013	2014	Sum
WP1 Virkemekanismer. Testorg. og oppsett	50	50	0	0	100
Labforsøk og analyser	300	200	0	0	500
WP2 Kalkbehandling i felt, arbeidskostnader	500	100	0	0	600
Direktekostnader	500	100	0	0	600
WP3 Effekter på flora og fauna, Feltinnsamling	250	400	400	300	1350
Analyser av biologisk materiale	50	200	200	200	650
WP4 Rekruttering av fisk, innsamling	0	100	400	400	900
Analyser	0	0	200	200	400
WP5 Rapportering (årlig), publisering og media	50	50	150	250	500
Prosjektreserve (5-10 %)	200	100	100	0	400
Sum	1900	1300	1450	1350	6000
Opsjon WP6 Utsåing av tare			200	200	400
Opsjon WP7 Gytemoden fisk i merd			400	400	800

*personellkostnader a 100 000,- per mnd

Forslag til finansiering

Institusjon	2010	2011	2012	2013	Sum
Sum	1800	1300	1550	1350	6000

Aktivetsplan

Gjennomføringen av FJORDKALK vil involvere personell fra HIs ulike avdelinger, i samarbeid med Niva (Hartvig Christie) og Universitetet i Tromsø (Torstein Pedersen), og tillegg samordnes med EPIGRAPH-prosjektet.

Prosjektet vil bestå av mange integrerte, men selvstendige moduler og aktivitetsnivå og varighet kan justeres og/eller forskyves i tid ut fra de gitte økonomiske rammer. Prosjektet er

åpent for påkobling av flere aktiviteter, som f.eks. fiskestimulerende tiltak og tareutsåing eller andre tiltak for å stimulere svake elementer i økosystemet. Men FJORDKALK som tiltak vil testes ut først og med færrest mulige faktorer, for best mulig å kunne dokumentere effekten av tiltaket.

Aktivitet	2011				2012				2013				2014			
WP1 Virkemekanismer (lab-tester)	x	x	x			x	x									
WP2 Kalkbehandling av utvalgte lokaliteter Etterbehandling			x	x			x									
WP3 Effekter på flora og fauna Førundersøkelser Etterundersøkelser			x			x	x			x	x			x	x	
WP4 Fiskeundersøkelser						x				x				x		
WP5 Rapportering			x				x				x				x	
Opsjon WP6 Utsåing av tare							x				x					
Opsjon WP7 Utsetting av fisk									x	x			x	x		

6. Organisering og formidling

Prosjektet vil bli utført i nært samarbeid sentralt og lokal forvaltning og med prosjektet EPIGRAPH. EPIGRAPH er et strategisk instituttprogram på Havforskningsinstituttet, som har som målsetting å øke forståelsen av det kystnære økosystemet. Porsangerfjorden og Hardangerfjorden er valgt ut som modellfjorder i Epigraph. Det er ønskelig med stor lokal deltakelse da både finansiering og resultater har sterk lokal forankring.

Det vil bli opprettet en styringsgruppe for prosjektet med medlemmer fra:

- Sentral forvaltningen: Miljødep og Fiskeri og kystdep.
- Lokal forvaltning: Landsdelsutvalg og Fylkeskommunen
- Havforskningsinstituttet: Programleder
- Epigraph: Programleder
- Fjordkalk: Prosjektleder

Prosjektleder vil ha ansvar for formidling av prosjektstatus og resultater både mot styringsgruppa, prosjektmedarbeidere og til media. Prosjektet vil trolig få stor medieoppmerksomhet og det skal utarbeides en plan for populærvitenskapelig formidling så vel som vitenskapelig publisering.

7. Samfunnsnytte

Forsøket vil designes med tanke på vitenskapelig kvalitet. Det er likevel to forhold som gjør forsøket spesielt relevant også på et kulturelt og samfunnsøkonomisk nivå. For det første det faktum at forsøket foregår i stor skala i et hardt rammet økosystem. Konklusjonene vil derfor være relevant med liten grad av problemer med ”oversetting” til det virkelige liv, sammenlignet med om forsøket hadde foregått i laboratoriet. Dernest vil forsøket - om det blir vellykket – danne grunnlag for rask og omfattende tiltak for revegetering av nedbeitede områder.

Tapet av kystvegetasjon er godt dokumentert og det er rimelig å anta at en vellykket metode for å revitalisere et fjordøkosystem med gjenvekst av tareskog og dens produksjon av mat og skjul for yngel av kysttorsk og andre fiskeslag, og til sist produksjon av bærekraftig høstbart utbytte, kan anslås til beløp betydelig over innsatsen forskningsprosjektet krever. Om prosjektet er vellykket ser vi for oss at prosessen kan gjentas i andre fjorder med tilsvarende utfordringer.

8. Referanser

- ¹ Sivertsen, K. 1997. Dynamics of sea urchins and kelp during overgrazing of kelp forests along the Norwegian coast. Dr. scient. Thesis, University of Tromsø, 127s.
- ² Christie H. 1997. Mangfold i faunasamfunn tilknyttet ulike bunnalgehabitater på Skagerrakkysten. NINA Oppdragsmelding 483: 1-18.
- ³ Norderhaug, KM; Christie, H; Fossa, JH; Fredriksen, S, 2005. Fish-macrofauna interactions in a kelp (*Laminaria hyperborea*) forest. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom Vol. 85, no. 5, pp. 1279-1286
- ⁴ Norderhaug, K.M. og Christie, H.C. 2009. Sea urchin grazing and kelp re-vegetation in the NE Atlantic. Marine Biology Research, 5: 515-528.
- ⁵ Christie H., Jørgensen N.M., Norderhaug, K.M. & 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
- ⁶ Mann KH.2000. Ecology of coastal waters. With implications for management. Oxford: Blackwell Science. 406s
- ⁷ Uehara, S., Taggart, C.T., Mitani, T. and Suthers, I.M. 2006. The abundance of juvenile yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) near the Kuroshio: the roles of drifting seaweed and regional hydrography. Fisheries Oceanography, 15(5): 351 - 362
- ⁸ Fredriksen S., K. Sjøtun, T.E. Lein & J. Rueness 1995. Spore dispersal in *Laminaria hyperborea* (Laminariales, Phaeophyceae). Sarsia 80:47-54.
- ⁹ Norderhaug, K.M. og Christie, H.C. 2009. Sea urchin grazing and kelp re-vegetation in the NE Atlantic. Marine Biology Research, 5: 515-528.
- ¹⁰ Planes, S., Galzin, R., Bablet, J.P. og Sale, P.F. 2005. Stability of coral reef fish assemblages impacted by nuclear tests. Ecology, 86 (10): 2578-2585.
- ¹¹ Norderhaug, K.M. og Christie, H.C. 2009. Sea urchin grazing and kelp re-vegetation in the NE Atlantic. Marine Biology Research, 5: 515-528.
- ¹² Hansen, J. 2009. Storms of my grandchildren. ISBN 978-1-60819-200-7: 304 s.
- ¹³ Golmen L, Børshheim KY, 2009. Forsuring av havet. Kunnskapsstatus for norske farvann. NIVA-rapport. www.niva.no
- ¹⁴ Duarte CM, Middelburg JJ, Caraco N. 2004. Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. Biogeosciences Discussions, 1, 659–679, 2004
- ¹⁵ Nellemann C, Corcoran E, Duarte CM, Valdés L, De Young C, Fonseca L, Grimsditch G (eds.) 2009. Blue Carbon. The role of healthy oceans in binding carbon. A rapid response assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal. ISBN: 978-82-7701-060-1.
- ¹⁶ Reed DC, Brzezinski MA. 2009. Kelp forests. In: Laffoley D & Grimsditch GD (eds.) 2009. The management of natural coastal carbon sinks. IUCN, Gland, Switzerland. ISBN 978-2-8317-1205-5. 53pp.
- ¹⁷ Fowler R. 2010. The role of marine forests and soils as carbon sinks: enhanced bio-sequestration as a mitigation strategy to help avoid dangerous climate change. In: Richardson BJ, Le Bouthillier Y, Mcleod-kilmurray H, Wood S (eds.) 2010. Climate Law and Developing Countries: Legal and Policy Challenges for the World Economy (New Horizons in Environmental and Energy Law). Edward Elgar Publishing. 425 pp
- ¹⁸ Norderhaug og Christie, 2009. Sea urchin grazing and kelp re-vegetation in the NE-Atlantic. Marine Biology Research, 5: 551-528.