

## MOLO: Miljøtilpassing og rasjonell arealbruk for akvakulturnæringen

Miljøpåvirkning og tilgang på areal vil være avgjørende for den videre utviklingen av akvakultur i Norge. Fiskeri- og kystdepartementet har bedt Havforskningsinstituttet om å prioritere arbeidet med å utvikle et helhetlig system for regulering av miljøvirkninger og arealtilpassing for akvakultur. Systemet kalles MOLO, og utviklingsarbeidet vil skje i samarbeid med andre institusjoner. Det vil dekke både planleggings- og driftsfasen for akvakultur og kombinere bruk av geografiske informasjonssystemer med beregning av bæreevne og overvåkning av miljøvirkning.

**Figur 1.15.1**  
Fyrmoloen Andenes 1932.



Foto: Kystverket

**Arne Ervik**  
arne.ervik@imr.no

**John Alvsvåg**  
john.alvsvaag@imr.no

**Lars Asplin**  
lars.asplin@imr.no

**Jan Aure**  
jan.aure@imr.no

**Inge Døskeland**  
inge.doskeland@post.hfk.no  
Hordaland fylkeskommune

**Anders Stigebrandt**  
anders.stigebrandt@oce.ge.se  
Göteborg universitet

Kysten er det rikeste og mest produktive av våre økosystemer. Her er artsmangfoldet størst, og viktige bestander som norsk vårgytende sild, torsk og lodde har sine gyte- og oppvekstområder her. Samtidig brukes kysten til transport, industri, fiske, turisme, naturvern, fritidsaktiviteter osv., og de siste 30 årene er også akvakultur blitt en betydelig bruker av kyst- og fjordområdene.

### Må sikre både naturgrunnlag og næringsinteresser

Samlet skaper dette et mangfold av kryssende hensyn og interesser. Presset på kysten vil øke, og det blir en utfordring å forvalte den slik at vi beskytter naturgrunnlaget og samtidig ivaretar næringsinteressene. Vi trenger derfor et forvaltningsverktøy som kan hjelpe oss med å integrere de ulike hensyn og behov. Det må dekke både planleggings- og driftsfasen for den enkelte kystnæring og må være forankret i fastsatte miljømål og grenser for tillatt miljøpåvirkning.

Dette er en ny tenkemåte for mange brukere av kystområdene, men for akvakultur er systemet allerede delvis innført. Sentrale myndigheter har formulert kort- og langsiktige miljømål og slik satt konkrete grenser for hvor mye næringen kan påvirke miljøet. Noen av målene er oppfylt, for eksempel er forbruket av legemidler sterkt redusert og overvåkning av bunnpåvirkning inngår i dag som et del av konsesjonsavgrensningen for laks og regnbueørret. Andre mål som reduksjon av rømming og spredning av lakselus har derimot vist seg vanskelige å oppfylle.

Miljøpåvirkning og tilgang på areal vil trolig være de faktorene som er mest begrensende for økt akvakulturaktivitet langs norskekysten. Havforskningsinstituttet har ledet en utredningsgruppe som har skissert et system for miljøtilpassing og rasjonell arealbruk til akvakultur, og Fiskeri- og kystdepartementet har bedt instituttet om å videreføre og prioritere utviklingen av dette systemet (MOLO, som står for MOm-Lokalisering).

### Miljøvirkninger fra akvakultur

Myndighetene vurderer i prioritert rekkefølge rømming, sykdom, legemidler, kjemikalier og virkninger av organisk stoff for å være de alvorligste miljøvirkningene fra fiskeoppdrett. I tillegg kommer krav til dyrevelferd og etisk forsvarlig produksjon og målet om at akvakultur og fiskeri skal inngå i en helhetlig forvaltning av de marine økosystemene.

Naturen har en tålegrense for miljøvirkninger. I en forvaltningsmessig sammenheng knyttes tålegrensen til begrepet bæreevne, som er den mengde fisk eller skjell som kan produseres uten at miljøvirkningene overskrider gitte grenser for akseptabel

**Figur 1.15.2**

MOLO vil gjøre det mulig å konsentrere produksjonen til store oppdrettsanlegg i egnede områder.

*MOLO will make it possible to concentrate the production at large fish farms in suitable areas.*

påvirkning. Disse grensene kalles miljøstandarder.

Et helhetlig forvaltningssystem forutsetter at ny aktivitet planlegges ut fra bæreevnen for et aktuelt område. Ettersom det er flere forskjellige miljøvirkninger som kan begrense bæreevnen, slike som genetiske interaksjoner mellom rømt og vill fisk, spredning av lakselus eller organisk påvirkning, må vi beregne bæreevnen i forhold til hver disse påvirkningene, og så sette bæreevnen for hele området lik den bæreevnen som gir minst produksjon. En fortsatt vekst i akvakultur i Norge forutsetter også at vi faktisk utnytter bæreevnen optimalt i områdene som er avsatt til akvakultur, dvs. at vi i fremtiden må ha en mer effektiv bruk av sjøarealene. En slik strategi muliggjør og åpner for at produksjonen for eksempel kan konsentreres til færre og større anlegg eller klynger av anlegg i egnede områder. Områder som i dag ikke er velegnet for oppdrettsvirksomhet kan da frigjøres, og behovet for arealer til akvakultur reduseres.

#### For planlegging og drift

Det planlagte reguleringssystemet for areal- og miljøtilpassing for akvakultur vil bestå av to deler, en som dekker planleggingsfasen og en for driftsfasen. Planleggingsdelen vil ved hjelp av geografiske informasjonssystemer (GIS) identifisere områder som ut fra naturgitte forhold og annet bruk er egnet for akvakultur, og vil nytte simuleringssystemer til å beregne bæreevnen for akvakultur i disse områdene. Delen som dekker driftsfasen vil beskrive hvilken overvåkning og hvilke grenseverdier som skal nyttes for å hindre at bæreevnen overskrides. Målgruppen for MOLO er forvaltningsapparatet på kommunalt og regionalt nivå samt ulike næringsaktører. Det forutsettes at brukerskelen holdes lav, og at systemet blir nettbasert – fortrinnsvis plassert sammen med kystsonaveilederen under [www.kystsonen.no](http://www.kystsonen.no).

MOLO tar sikte på dekke de viktigste miljøvirkningene fra akvakultur, men vektningen av plan- og driftsfasen vil variere med den enkelte påvirkning. Genetiske interaksjoner mellom rømt oppdrettsfisk og villfisk lar seg vanskelig simulere, og innsatsen må legges på å hindre rømming og å overvåke hvor mye rømt fisk som finnes på kysten og hvor mye som går opp i elvene. Resultatene av denne



overvåkingen kan i neste omgang utløse tiltak som fiske etter rømt fisk, utplukk av rømlinger fra stamfisk og tekniske tiltak i anleggene. I andre tilfeller, slik som for utslipp av næringssalter fra akvakultur, er endringene i økt vekst av planteplankton så små at de overskygges av de naturlige variasjonene. Slike endringer er derfor vanskelige å overvåke. Selv om utslipp av næringssalter i dag ikke anses som noe stort problem i forbindelse med akvakultur, kan det i fremtiden blir aktuelt med stor akvakulturproduksjon i mer innelukkede områder. I slike tilfeller vil eventuell påvirkning bli vurdert på grunnlag av modellsimuleringer og overvåking.

MOLO fører videre og utvikler konseptet fra MOM som integrerer simulering av bæreevne, miljøovervåkning og miljøstandarder i et system for regulering av organisk bunnpåvirkning fra matfisk-anlegg. Dette kombineres med geografiske informasjonssystemer til å lage et helhetlig reguleringssystem som dekker både plan- og driftsfasen for akvakultur. Geografiske informasjonssystemer er sentrale verktøy for å lagre, analysere og presentere lokaliseringsinformasjon. Den senere teknologiske utvikling har særlig fokusert på presentasjonsdelen av GIS. Bruk av digitale kart er blitt dagligdags gjennom internettbaserte tjenester som Google Earth, telefonkatalogtjenester og fylkeskommunale løsninger som [www.kartinvest.no](http://www.kartinvest.no). Allmenn aksept for bruk av kartinformasjon stiller nye krav til forvaltningen om evne til å levere data med høy og dokumenterbar kvalitet, og ikke minst relevante analyser for planleggingsformål. Teknologien er nå moden for å gjøre havbruksrelevant kunnskap lettere tilgjengelig for beslutningstakere.

#### Analysert basert på GIS

Et GIS-system er ikke begrenset til å være et lager for data eller til å tegne kart. Nøkkelen er å utarbeide analyser, som for eksempel scenarier for egnethet til havbruksformål, ved bruk av egenskapene som kan knyttes til de kartfestede objektene. Enkle analyser er å bruke disse tabellegenskapene i en "kartkalkulator". Gitt at en har et digitalt dybdekart kan en for eksempel selektere og vise et ønsket dybdeintervall. Har en et punkttema med egenskaper for resipient, kan en velge å vise områder med henholdsvis god eller dårlig miljøtilstand.

Litt mer komplekse analyser gjøres på tvers av to eller flere temaer. Eksempel på spørning kan være: Vis områder med god miljøtilstand og dybde mellom 40–100 m og avsatt som akvakulturområde i kommuneplanen, men ikke nærmere 2 km fra annet oppdrettsanlegg.

Et neste trinn vil være å utvikle et mer dynamisk verktøy som gjør det enkelt for sluttbrukere å simulere effekter av valg. Et slikt system gir brukeren mulighet til virtuelt å plassere oppdrettsanlegg på kartet og få tilbakemelding på om "det var lurt eller ikke", og hvorfor. Vi tenker oss da at et utvalg viktige parametere og grenseverdier for egnethet til fiskeoppdrett eller skjelldyrking er klarlagt. Videre skal brukeren få informasjon om hvorfor systemet kommer med anbefalingen. Eksempel kan være at her er det for lite strøm og derfor også lite næring for blåskjellene, eller at dette er en god lakselokalitet som tåler stor produksjon fordi alle de viktigste parametrene er tilfredsstillende.

### Intelligente objekter

En slik tilnærming vil kreve at en ser på kartet som en gruppe ulike temaer og objekter som “vet hvem de er og hvilken temafamilie de tilhører”. På den måten kan både objektet selv og omgivelsene respondere på endring, for eksempel ved at en flytter objektet “blåskjellanlegg” på kartet, eller ved at en endrer en egenkap som størrelse på anlegget. Sjø, land og oppdrettsanlegg er da eksempler på slike “intelligente” objekter. Eksempel på respons er at bruker får beskjed om årsaken – hvilke parametere og grenseverdier – som var utslagsgivende for at systemet kom med en slik anbefaling. Tema “sjø” kan deles inn i en matrise eller et raster der hver enkelt rute er et objekt med en rekke egenskaper. Viktige egenskaper for ruten kan være “hvor dyp er jeg”, dominerende strøm og retning, bølgeeksponering, antatt hyppighet av giftige alger, fare for lusepåslag, resipientkvalitet med mer.

Tema “akvakulturanlegg” kan deles inn i ulike undertemaer. Eksempel kan være bøyestrek for blåskjell, lakseoppdrett i merd eller bunnkultur for kamskjell. Disse har helt ulike lokaliseringsparametere og vil utgjøre ulike “intelligente” objekter. Eksempel på egenskaper et blåskjellanlegg “må kunne” er: Hvor mye skjell har jeg, hvor mye og hvilken type mat trenger jeg, hvordan endrer strømmen seg i meg hvis jeg endrer avstand mellom eller lengden av bærelinene, hva koster det å forankre meg på ulike dyp, hvor langt fra et kloakkutslipp vil jeg helst være og hva tåler jeg av bølger.

Den enkleste illustrasjonen på et “ferdig” system er at brukeren (kystsonenplanleggeren eller lokaliseringsansvarlig i oppdrettselskapet) sitter foran en PC-skjerm med et godt kart over regionen. Brukeren velger et ikon som symboliserer hvilken anleggstype hun eller han ønsker å simulere egnethet for. Hvis vi bruker anleggsikonet for “bøyestrek blåskjell” vil dette plasseres på skjermen med “default” egenskaper for et gjennomsnittlig anlegg. Brukeren kan imidlertid om ønskelig velge egen type anlegg som for eksempel har en ønsket biomasse, maksimal dybde/kostnad for forankring etc.

Et bilde på videre funksjonalitet er at det virtuelle anlegget kan flyttes rundt på kartet på skjermen. Etter hvert som en møter mer eller mindre egnede områder vil anlegget endre farge og/eller størrelse som et symbol på grad av egnethet. Hvis anlegget blir gradvis mer rødt kan en for eksempel få opp informasjon om at dette er fordi man nærmer seg en forurensingskilde. Hvis anlegget er grønt og øker i størrelse, kan det informeres om at alle parametere er

innenfor det antatt beste området, og at en har beveget seg inn i et område med stadig mer næringstilgang/strøm. Ved at denne informasjonen blir gitt vil en bruker ha anledning til å endre spillereglene. I det første tilfellet kan en eventuelt sette i gang en prosess for å flytte eller rense forurensingskilden. I det andre tilfellet kan en øke driftsmarginene ved å foreslå et større anlegg.

Utvikling av et slikt simuleringsverktøy vil kreve både biofaglig-, forvaltnings- og teknologisk innsats. Det blir behov for å systematisere og prioritere de viktigste lokaliseringsparametere for de ulike artene. Videre må det utarbeides “virkelighetsmodeller” som viser grenseverdier og optimum for flere ulike parametere sett i sammenheng. Dette rammeverket kan danne basis for en “datamodell” og et demonstrasjonssystem som inneholder virkelige data. Hordaland fylkeskommune, i samarbeid med de to nabofylkene og Innovasjon Norge, står bak et utviklingsprosjekt som skal arbeide med disse utfordringene. Havforskningsinstituttet er sentral samarbeidspart i tillegg til regionale IT- og GIS- teknologimiljøer. Målet er å utvikle, teste og demonstrere et enkelt og nyttig kartbasert lokaliseringsverktøy. Verktøyet skal være fokusert mot å produsere scenarier og være utforskende. Data skal i tillegg tilgjengeliggjøres på vanlige internettbaserte kartservere.

### Videre arbeid

MOLO forutsetter en åpen prosess som fortløpende inkluderer ny kunnskap og tilpasser systemet til nye behov, og fullt utviklet tar systemet sikte på å dekke de viktigste miljøvirkningene fra akvakultur. Kunnskapsgrunnlaget og tilretteleggingen for å bli inkludert i MOLO er imidlertid forskjellig for de ulike miljøvirkningene, og vi vil derfor i første omgang bruke effektene av utslipp av organisk stoff og næringssalter som grunnlag for metodeutviklingen og tilpassing til bæreevne. Slike miljøeffekter er relativt godt undersøkt, og vi vet mye om sammenhengen mellom mengde utslipp og miljøvirkning. Denne kunnskapen er brukt til å lage simulerings-

modeller for vannkvalitet inne i anleggene, effekter av næringssaltutslipp, oksygenforhold i terskelbasseng og bunnpåvirkning. Det er også, som nevnt ovenfor, laget en standardmetode for å overvåke bunnpåvirkning som inkluderer selve lokaliteten og omliggende resipient.

Det er en utfordring å få GIS og modellene som skal simulere bæreevne til å kommunisere.

Som forklart vil det bli gjort ved å samle kravene til den enkelte akvakulturenhet med hensyn til miljø og arealbruk i såkalte intelligente objekter (GIS-Int). De intelligente objektene flyttes så omkring i rutenettet der det ligger informasjon om de samme parametrene, og vi får en score etter hvor godt samsvar det er mellom kravene og informasjonene i de enkelte områdene (lokalitetene). Det vil også framgå hvilke av de parametrene som bidrar positivt eller negativt til scoren, slik at produksjon og lokalisering kan justeres etter lokale forhold og annet bruk av området. GIS-Int kan også benyttes til optimalisere utnyttelsen av bæreevnen innenfor et større område (for eksempel en fjord) med hensyn til både miljøbelastning og arealbruk.

MOLO vil gjøre det mulig å oppsamle og standardisere behandlingen av en stor og uensartet datamengde. Bæreevne kan i noen tilfeller, som ved bunnpåvirkning og vannkvalitet i merdene på de enkelte lokaliteter, simuleres kontinuerlig etter som GIS-Int flyttes rundt i rutenettet. I andre tilfeller som for simulering av smittespredning og eutrofiering (overgjødning) over regional skala er modellene så komplekse at beregning av bæreevnen må baseres på ferdig prosesserte data.

MOLO vil utnytte nåværende kunnskap og kunnskap som genereres i relevante forskningsprosjekter i årene framover, som for eksempel prosjekter knyttet til overvåking av nasjonale laksefjorder og bekjempelse av lakselus. Der hvor det avdekkes viktige kunnskapshull vil prosjektet ta sikte på å få initiert den nødvendige forskningen.

### MOLO – a system for adjusting the environmental impact of aquaculture to holding capacity and for rational usage of area

A regulatory system for adjusting the environmental impact of aquaculture to the carrying capacity of the area and for optimal usage of area is being developed (MOLO). The system will cover the planning phase as well as the operational

phase of aquaculture. The planning phase will combine geographical information systems with simulation models for carrying capacity, while the operational phase will present standards for environmental monitoring.